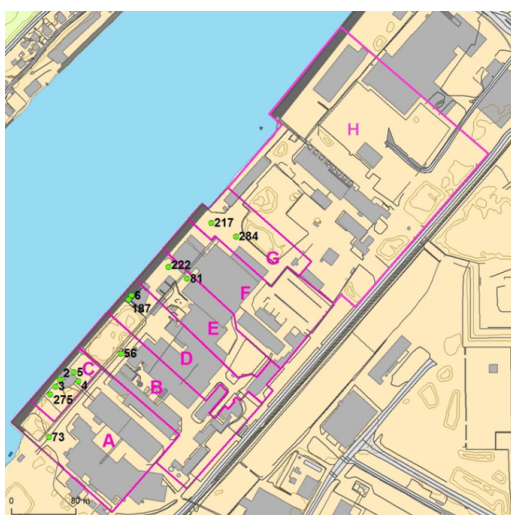


Utslipp av overvann fra Eramet Norway i Porsgrunn

Rapport 7069-2016 er en revidert versjon av rapport 7052-2016.



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 Porsgrunn	Løpenr. (for bestilling) 7069-2016	Dato 2.9.2016
	Prosjektnr. Undernr. 15400	Sider Pris 26
Forfatter(e) Sissel B. Ranneklev, Morten Jartun og Espen Lund	Fagområde Industri	Distribusjon
	Geografisk område Porsgrunn	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Eramet Norway Porsgrunn (ENP)	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammen drag</p> <p>Massetransport fra ENP via overvann ble beregnet til å være: Mn, 969 kg/år; Zn, 16 kg/år; Pb, 1,4 kg/år; Cd, 0,2 kg/år; As, 0,3 kg/år; Mo, 0,6 kg/år; Ni, 2,1 kg/år; Hg, 7 g/år; Cu, 2,3 kg/år; Co, 1,4 kg/år; Cr, 2,1 kg/år; SS, 3559 kg/år og 1,3kg/år for PAH16.</p> <p>Resultater viste at konsentrasjonene av metaller, SS og PAH16 varierte i dreenskummene gjennom året, og under en nedbørsepisode. Massetransporten av metaller og SS var generelt høyest fra avrenningsareal G og H, hvor slagg legges til kjøling og lagres. Andre areal som bidro til massetransporten av metaller var arealene A og F, mens arealene B, F og H hadde de høyeste tilførsler av SS. Den høyeste konsentrasjonen av Hg ble funnet i kummene ved arealene B, D og E. Metallene, med unntak av As var bundet til SS eller partikler.</p> <p>Det var høy lineær korrelasjon mellom SS og mange av metallene. Analyse av SS, som er betydelig rimeligere og raskere å gjennomføre, enn analyser av metaller, kan da brukes som et substitutt ved for eksempel utprøving av tiltak for å redusere massetransporten av metaller og SS fra tomta.</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 Porsgrunn

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 Elke Kummer hos ENP og Leif Hunsbedt hos Eramet. Rapport 7069-2016 er en revidert versjon av rapport 7052-2016, da informasjon om produksjonsprosessen og noe mer informasjon om korrelasjoner mellom SS og metaller er beskrevet.

Takk for hyggelig samarbeid.

Oslo, 2.9.2016



Sissel Brit Ranneklev

Innhold

	1
Sammendrag	5
1. Innledning og målsetning	8
2. Prøvetakning og kjemiske analyser	9
3. Kvantifisering av overvannsavrenning og massetransport	10
3.1 Nedbørsfeltene med tilhørende drenskummer	10
3.2 Årsavrenning	12
3.3 Massetransport av metaller, SS og PAH16	12
3.3.1 Variasjon i konsentrasjoner av metaller gjennom et år og under en nedbørsepisode	15
3.3.2 Variasjon i konsentrasjoner av PAH16 under en nedbørsepisode	19
3.3.3 Enkelt tiltak for å redusere konsentrasjoner av PAH16 i overvann	19
3.3.4 Korrelasjon mellom metallene og SS	19
3.3.5 Tidligere beregnede utslipp av SS fra ENP	20
4. Konklusjoner	20
5. Referanser	22
6. Vedlegg A	23

Sammendrag

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

Tomta ble inndelt i 8 nedbørsfelt basert på kartinformasjon og opplysninger om kummer og utløp fra ENP. Arealene på ENP-tomta bestod i hovedsak av komprimerte grusbelagte flater med begrenset infiltrasjonsevne, og de fleste arealer ble gitt avrenningskoeffisient 0,9. Det er stor utnyttelsesgrad av tomta og aktivitetsnivået er høyt. Årsavrenningen fra tomta ble beregnet med data fra værstasjon Brannstasjonen (målestasjon nr. 30260, ww.eKlima.met.no) i Porsgrunn ved bruk av nedbørsmålinger for 2015.

Konsentrasjoner av metaller, SS og PAH16 fra totalt 54 vannprøver tatt i drenskummer gjennom året har blitt bestemt. For å se på variasjoner i konsentrasjoner av metaller, SS og PAH16 under en nedbørsepisode (20,3 mm nedbør i løpet av 24 timer), ble vannprøver tatt ut ved oppstart av episoden, under og ca 12 timer etter oppstart. Metallene i prøvene som ble tatt ut under nedbørsepisoden ble analysert på totaloppluttede prøver og filtrerte prøver. Massetransporten ble beregnet fra et Excel-basert regneark hvor informasjon om nedbør, arealer og gjennomsnittskonsentrasjoner i drenskummene lå til grunn for beregningene.

Massetransporten av metaller, SS og PAH16 via overvannet ble beregnet til å være: Mn, 969 kg/år; Zn, 16 kg/år; Pb, 1,4 kg/år; Cd, 0,2 kg/år; As, 0,3 kg/år; Mo, 0,6 kg/år; Ni, 2,1 kg/år; Hg, 7 g/år; Cu, 2,3 kg/år; Co, 1,4 kg/år; Cr, 2,1 kg/år; SS, 3559 kg/år og 1,3kg/år for PAH16.

Resultater viste at konsentrasjonene av metaller, SS og PAH16 varierte i drenskummene gjennom året, og under nedbørsepisoden. Metallene, med unntak av As, var i hovedsak bundet til SS ($> 0,45 \mu\text{m}$). Massetransporten av metaller og SS var generelt høyest fra avrenningsareal G og H, hvor slagg legges til kjøling og lagres, samt areal B, hvor Hg-rensenanlegget er plassert, vann fra tak og kjølevann fra MOR-reaktoren går. Beregning av massetransport fra areal H ble gjort med målinger fra kummer i tilstøtende areal G, da man er usikre på hvordan ledningsnettet i areal H er koblet sammen. Resultatene herfra er derfor usikre, men høye konsentrasjoner av SS ble målt i kummer fra areal G (Kum nr. 217 og 284). Hovedårsaken til at areal B bidrar til massetransporten skyldes at arealet er av de største, da gjennomsnittskontrasjonene av SS i drenskummen (Kum nr. 56) på dette arealet ikke var betydelig høyere enn i de andre kummene på tomta. Konsentrasjoner av Hg ble i flesteparten av kummene målt til under kvantifiseringsgrensen. De høyeste konsentrasjoner av Hg ble funnet i arealene B, D og E, som antagelig skyldes søl av slam fra slambingen ved Ovn 11. Søl av slam antas å være største kilde til PAH16 på tomta, da elektrodemasse og antrasitt oppbevares under tak. En rampe som fanger opp slam, slik at det renner tilbake til slambingen, ble bygd i 2016, og så ut til redusere konsentrasjoner av PAH16 i drenskummen (Kum nr. 73, areal A) ved Ovn 10.

Det var høy lineær korrelasjon mellom SS og mange av metallene. Analyse av SS, som er betydelig rimeligere og raskere å gjennomføre, enn analyser av metaller, kan da brukes som et substitutt ved for eksempel utprøving av tiltak for å redusere massetransporten fra tomta. Da metallene i stor grad var bundet til SS, vil reduserte utslipp av SS medføre at massetransporten av metaller avtar.

Summary

Title: Discharges of run-off water from Eramet Norway Porsgrunn (ENP)

Year: 2016

Author: Sissel Brit Ranneklev, Morten Jartun, and Espen Lund

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6804-1

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

The plant area was divided into eight run-off catchment areas based on information from maps, positions of manholes, and discharges from the ENP. Due to that the ENP-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 Brannstasjonen (Station No. 30260, www.eKlima.met.no) in Porsgrunn, using rainfall measurements for 2015.

Concentrations of metals, SS, and PAH16 from a total of 54 water samples from the manholes in 2015 have been determined. In order to look at variations in the concentrations of metals, SS, and PAH16 during a rainfall event (20.3 mm rainfall during 24 hours), water samples were taken at the start of the event, during, and 12 hours after the first sampling. Samples taken during the rainfall event were subjected to filtration (0.45 μ m) or 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 969 kg/year; Zn, 16 kg/year; Pb, 1.4 kg/year; Cd, 0.2 kg/year; As, 0.3 kg/year; Mo, 0.6 kg/year; Ni, 2.1 kg/year; Hg, 7 g/year; Cu, 2.3 kg/year; Co, 1.4 kg/year; Cr, 2.1 kg/year; SS, 3559 kg/year and 1.3 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 event. Metals, with the exception of As, were mainly associated to SS (> 0.45 microns).

Mass transport of metals and SS were generally higher from the areas G and H, where slag is cooled and stored, as well as area B, where the Hg-treatment plant is located, water from roofs and cooling water from MOR-reactor is discharge into the manhole nr. 56. Calculation of mass transfer from the area H was made with observations from manholes in the adjacent area G, due to uncertainties in location of the manholes in area H. The calculated mass transport from this area is then particular uncertain. High concentrations of SS were measured in manholes from area G (Manhole no. 217 and 284). The main reason why the area B contributes to the high mass transport, is due to the large size of the catchment area, since the concentrations of SS in the manhole (Kum no. 56) was not particular higher compared to the other manholes.

Concentrations of mercury in the majority of the manholes were measured below the limit of quantification. The highest concentrations of mercury were found in areas B, D and E, which was probably caused by spills of sludge. Spills of sludge are believed to be the largest source of PAH16, since the electrode paste and anthracite are mainly stored indoors. A ramp was constructed in 2016, in one of the areas where sludge is handled, and results indicate that reduced concentrations of PAH16 were observed in the Manhole no. 73, in area A, after this measure was taken.

A high linear correlation between the concentrations of SS and many of the metals was observed. Analysis

of SS, which is a significant less expensive and faster analysis to conduct, compared to analysis of metals, can then be used as a proxy for others metals, on suitable occasions. Since most of the metals were associated to SS, reduced discharges of SS will reduce the mass transport of metals from the plant.

1. Innledning og målsetning

Eramet Norway er en del av Eramets (www.eramet.com) manganvirksomhet med prosessanlegg i Sauda, Kvinesdal og Porsgrunn. Prosessanlegget i Porsgrunn (ENP) har to smelteovner og i 2015 ble det produsert cirka 65 000 tonn silikomangan og 115 000 tonn raffinert ferro-mangan. Anlegget ble etablert i 1913, og har hatt ulike eiere siden oppstarten. Eramet overtok anlegget fra Elkem i 1999. 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 og antrasitt 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 ENP har et årlig kraftforbruk på 570 GWh. Det produserte siliko- og ferromanganet benyttes som tilsetning i stålprodukter, og eksporteres til Europa og Nord-Amerika.

Under produksjonen brukes store mengder vann som hentes fra Skienselva og kjøpes fra Hydro («Hydrovann»). Hydrovannet benyttes til kjøling av Ovn 10, mens vann fra Skienselva kjøler Ovn 11. En mindre andel vann benyttes til rensing av gasser, slaggekjøling og støvdemping.

Under produksjonen er forbruket av råvarer stort, og i 2015 ble ca 360 000 tonn manganmalm, koks, kvarts, kalkstein, antrasitt og elektrodemasse benyttet ved ENP. 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 ENPs regulerte utslippskomponenter til Skienselva fra sluttrenseanlegget (SRA). Det har vært betydelige reduksjoner i utslippene fra prosessanlegget til vann som følge av de ulike rensiltakene. Bedriftens utslipp til vann anses som lave av Miljødirektoratet (www.norskeutslipp.no, utslippstillatelse 6261, 2002).

Tabell 1. ENPs regulerte utslippskomponenter fra SRA til vann (www.norskeutslipp.no).

Utslippskomponent	Utslippsmengde (Løpende 12 måneders grense)
Suspendert stoff (SS)	500 kg
PAH	10 kg
Cu	100 kg
Sum As, Cd, Cr og Pb	10 kg
Zn _{oppløst}	50 kg
Mn	50 kg
Hg	1 kg
pH	6-9,5

En samlet oversikt over utslipp til vann fra SRA, deponi og overvann for 2014 fra ENP, som ble rapportert til www.norskeutslipp.no er vist i **Tabell 2**.

Tabell 2. ENPs utslipp til vann fra SRA, deponi og overvann for 2014. Data er rapportert til www.norskeutslipp.no.

Utslippskomponent (kg*)	SRA	Deponi	Overvann	Sum
Suspendert stoff (SS)	313	23	8638	8974
As	0,4	1,8	0,44	2,6
Cd	0,074	0,005	0,19	0,3
Cr	0,24	0,6	2,93	3,8
Cu	95,1	0,6	3,53	99,2
Hg*	0,28	0,58	8,1	9,0
Mn	21,1	5,6	2058	2084,7
Ni	24,1	0,6	3,31	28,0
Pb	4,95	0,01	1,26	6,2
Zn	-	8	13,9	21,9
PAH-EPA (PAH16)	0,39	0,07	-	0,46

*Hg i gram

Utslippstillatelsene til alle Eramets verk i Norge er i dag under revisjon og nye grenseverdier vurderes av Miljødirektoratet. I tidligere utslippstillatelser har det vært liten 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 ofte utstyrt med dreaskummer med sandfang før avrenning til vannforekomst. For ENP vil nedbør og eventuelt bruk av vann for eksempel til slaggskjøling og støvdemping transportere SS, metaller og PAH-forbindelser fra tomtearealet til Skienselva. På ENP-tomta er det etablert dreaskummer med sandfang for å fjerne SS som følger overvannet.

I denne rapporten ble massetransporten (kg/år) av SS, metaller og PAH-forbindelser fra de ulike avrenningsarealene på tomta beregnet, variasjoner i konsentrasjoner under ulike nedbørsepisoder ble målt, og konsentrasjoner av metaller i overvann ble målt på filtrerte (0,45 µm) og totaloppluttede prøver for å vurdere metallenes assosiasjoner til partikler. Korrelasjoner mellom målte konsentrasjoner av metaller ble beregnet, for å kunne si noe om samvariasjonen mellom metallene i overvannet. Målingene av konsentrasjoner av SS, metaller og PAH ble gjort av Eramet i dreaskummer på tomtearealet.

2. Prøvetakning og kjemiske analyser

Prøvetakningen i kummer ble gjennomført av personell ved ENP. Vannprøver ble tatt ved at kumløkk ble åpnet og prøveflasker ble ført ned i dreaskum. Målinger av metaller og SS ble gjort i kummer på alle arealene, mens PAH-målinger ble gjennomført i arealer hvor PAH-kilder fra aktiviteter vil kunne forekomme.

Analysene av metaller 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 de har fått godkjenning av Miljødirektoratet til å gjøre SS-analysene selv (Mn og Zn også, men disse ble utført av ALcontrol i dette prosjektet). Som et kvalitetssikringsledd deltar de på ringtester for SS to ganger årlig. En oversikt over kjemiske analyser som ble gjennomført er vist i **Tabell 3**.

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).

Tabell 3. Oversikt over kjemiske analyser som er gjennomført. For metaller er kvantifiseringsgrensen for oppsluttete og ikke oppsluttete prøver angitt med normal og fet skrifttype, henholdsvis.

Parameter	Kvantifiseringsgrense	Metode	Informasjon
SS	2 mg/l	NS 4733	Utføres av ENP
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	Intern metode, total konsentrasjon	LL-GC-MS, totale konsentrasjoner.

*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 vanddirektivet.

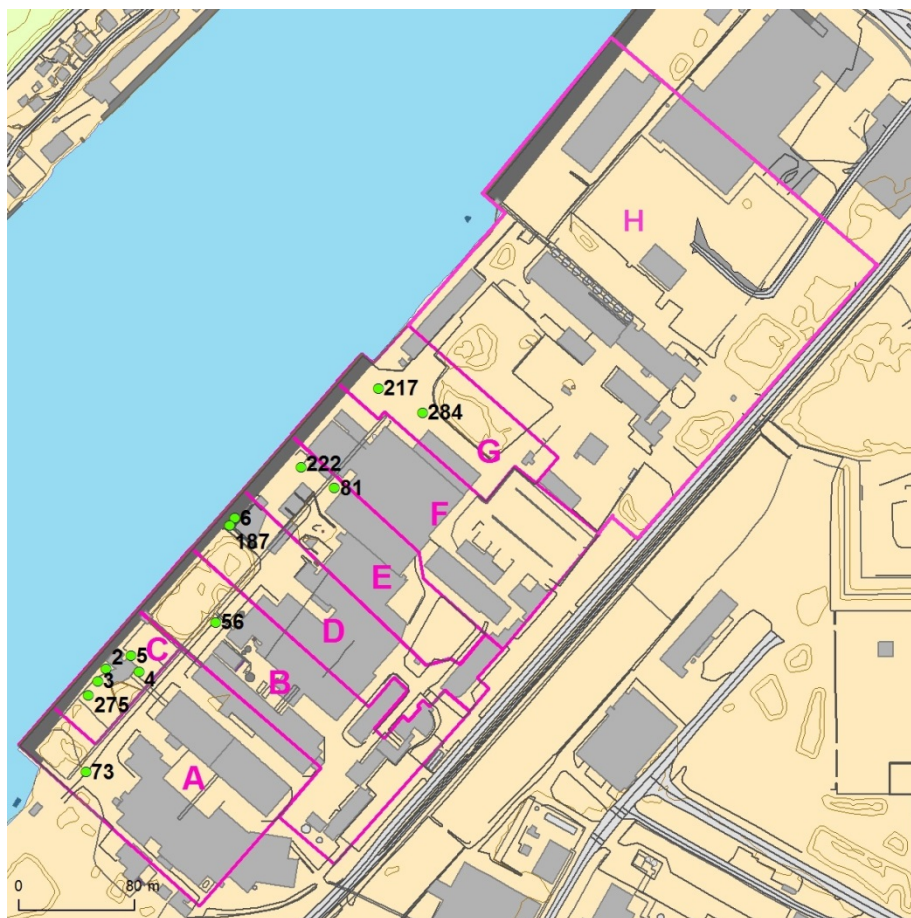
Målte konsentrasjoner av metaller, SS og PAH16 er gitt i **Vedlegg A**.

3. Kvantifisering av overvannsavrenning og massetransport

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

3.1 Nedbørsfeltene med tilhørende drenskummer

ENP-tomta var inndelt i flere nedbørsfelt, og utnyttelsesgraden på tomta er stor. For å beregne massetransport av metallene, PAH og SS med overvannet ble ENP-tomta delt inn i avrenningsarealene A, B, C, D, E, F, G og H, basert på kartinformasjon og opplysninger om ledningsnett, kummer og utløp fra ENP (**Figur 1**). I forhold til tidligere rapport Rannekleiv et al. (2011), er tomtearealet utvidet og prøvetakningsprogrammet i drenskummene endret. Tidligere ble flere kummer prøvetatt, men med ny informasjon om ledningsnett og koblinger, har man nå konsentrert seg om målinger i drenskummer som er samtlende for de ulike arealene, og de siste på ledningsnett som har avrenning til Skienselva. Tidligere ble målinger gjort på flere kummer som var koblet sammen, og gjennomsnittsverdier av disse ble benyttet for beregninger av massetransport innenfor et avrenningsareal.



Figur 1. Avrenningsarealer for ENP-tomta (A-H). Kummer er tegnet inn med tall og angitt med grønne fylte sirkler. For arealene F og H er ikke kummer tegnet inn.

I **Figur 1** ser man at drenskummer mangler i arealene F og H. ENP har siden rapporten 2011 (Ranneklev et al., 2011) arbeidet med å kartlegge ledningsnettet og man har nylig oppdaget at ledningsnettet og koblinger i disse arealene er uklare. Vi har derfor valgt å bruke gjennomsnittskonsentrasjoner fra de tilstøtende arealene E og G for areal F, og for areal H, har vi brukt gjennomsnittskonsentrasjoner fra areal G. Beregnet massetransport fra disse avrenningsfeltene vil da være beheftet med ekstra usikkerhet. I **Tabell 4** gis en overordnet oversikt over de ulike avrenningsarealene med tilhørende kummer og aktiviteter.

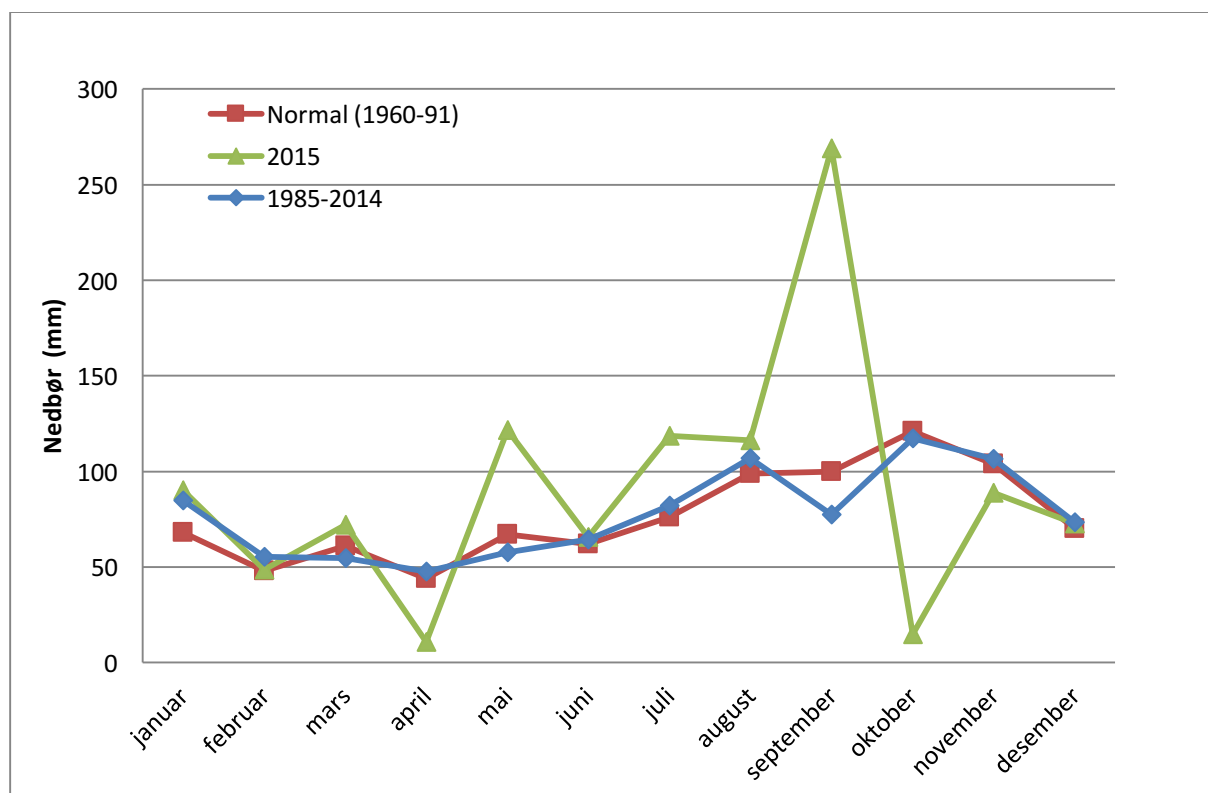
Tabell 4. Overordnet oversikt over de ulike avrenningsarealene med tilhørende kummer og aktiviteter.

Avrenningsareal	Kum nr	Informasjon om aktiviteter ved de ulike arealene
A	73	Lagune, SRA (rapporteres til Miljødirektoratet), taknedløp, slaggspyling, kjølevann og grunnvann fra Ovn 10), noe elektrodemasse (mesteparten oppbevares innendørs).
B	56	Hg-renseanlegg, taknedløp, kjølevann fra MOR-reaktor (vil ikke påvirke vannkjemien).
C	275, 2, 3, 4, 5	Slaggnusing, regnvann, noe spylevann (råvarer, støvdemping).
D	6, 187	Taknedløp.
E	81	Slaggspyling, kjølevann og grunnvann fra Ovn 11, lagune.
F	217*, 284*, 81*	Taknedløp. Ny kum 220 skal etableres her.
G	217, 284,	Slagg til kjøling, regnvann, vann fra spyling av slagglager.
H	217*, 284*	Oppbevaring av utsyr og materialer som brukes i mindre grad i produksjonen.

* gjennomsnittskonsentrasjoner fra de tilstøtende arealene er benyttet til beregning av massetransport.

3.2 Årsavrenning

Årsavrenningen fra tomte ble beregnet med data fra eKlima.met.no sin værstasjon Brannstasjonen i Porsgrunn (målestasjon nr. 30260), ved bruk av månedlige nedbørsverdier **Figur 2**. Ofte benytter man seg av månedlige nedbørsverdier fra 30-års normalen (1961-1990) når man gjør beregninger av massetransport. I **Figur 2** har vi også inkludert data fra 1985-2014, da 30-års normalen ikke tar høyde for de allerede observerte klimaendringene over de siste 20 årene, med sesongsøkning i nedbør på opp mot 40 % for vintersesongen (Hanssen – Bauer et al., 2009). Nedbørsmålinger for 2015 var noe høyere enn det som er normalt for denne målestasjonen. I videre beregning av massetransport er måldata fra 2015 blitt lagt til grunn.



Figur 2. Månedlig nedbør fra målestasjonen Porsgrunn brannstasjon (30260), data fra eKlima.met.no.

3.3 Massetransport av metaller, SS og PAH16

ENP-tomta består i hovedsak av komprimerte grusbelagte veier, betongdekke og noen asfalterte arealer. Avrenningsfaktoren ble i hovedsak satt til 0,9, bortsett fra et areal som hadde noen grasbelagte områder. På grunn av komprimering av de grusbelagte arealene, antas det at infiltrasjonsevnen er begrenset. Store deler av tomte er dekket med tak med taknedløp til drenskummer. Skråtakene over bygningene bestod i hovedsak av korrugerte stålplater, mens de flate takene bestod av pappbelagte betongflater. På flere av de flate takene var det indre taknedløp hvor det ikke er kartlagt hvor takvannet ble ført. Avrenning fra disse takene ble lagt til areal utenfor bygningen, i retning mot elva, da tomte heller i denne retningen. Totaloppsluttede prøver ligger til grunn for beregningen av massetransporten.

Beregning av massetransport ble utført etter følgende ligning:

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

I **Tabell 5** og **Tabell 6** vises henholdsvis massetransport av metaller, SS og PAH16 fra de ulike arealene. I **Tabell 7** er massetransporten (g/år) av Benzo(a)pyren og PAH16 beregnet for hele tomte. Her er det brukt målte gjennomsnittskonsentrasjoner fra målinger i **Tabell 6** som videre er multiplisert med avrenningsvolum og avrenningsfaktor for de ulike arealene.

Tabell 5. Beregnet massetransport (kg/år) av metaller og SS fra de ulike avrenningsarealene på ENPs tomt. Gjennomsnittskonsentrasjoner i de ulike dreuskommene 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 og nest høyeste massetransporten av de ulike metallene og SS markert med mørk rød og oransje, henholdsvis.

Avrenningsareal (% av totalt areal)	As (kg/år)	Cd (kg/år)	Co (kg/år)	Cr (kg/år)	Cu (kg/år)	Hg (kg/år)	Mn (kg/år)	Mo (kg/år)	Ni (kg/år)	Pb (kg/år)	Zn (kg/år)	SS (kg/år)
A (13 %)	0,02	0,003	0,3	0,3	0,5	0,0005	64,6	0,11	0,3	0,02	0,5	50,3
B (12 %)	0,08	0,005	0,1	0,2	0,2	0,001	65,3	0,04	0,2	0,1	0,6	349,4
C (3 %)	0,01	0,0004	0,02	0,1	0,1	0,0001	23,7	0,09	0,1	0,01	0,1	187,7
D (8 %)	0,02	0,003	0,1	0,1	0,1	0,0005	66,8	0,03	0,2	0,02	0,2	220,0
E (7 %)	0,01	0,1	0,1	0,1	0,2	0,002	48,3	0,02	0,1	0,7	8,4	92,0
F (11 %)	0,03	0,1	0,1	0,2	0,2	0,001	113,8	0,05	0,2	0,4	4,6	391,6
G og H (47 %)	0,14	0,02	0,7	1,0	0,8	0,002	586,7	0,29	1,0	0,2	1,9	2268,4
Total	0,3	0,2	1,4	2,1	2,3	0,007	969,2	0,6	2,1	1,4	16,2	3559,4

Tabell 6. Beregnet massetransport (g/år) av Benzo(a)pyren og PAH16 fra de ulike avrenningsarealene på ENPs tomt.

Avrenningsareal (% av totalt areal)	Kum nr.	Benzo(a)pyren	PAH16
A (13 %)	73	1,4	66,3
B (12 %)	56	9,1	110,7
C (3 %)	1,2,3,4,5	0,4	83,3
G (6 %)	217, 284	3,6	58,6

Tabell 7. Beregnet massetransport (g/år) av Benzo(a)pyren og PAH16 fra hele ENP-tomta.

Avrenning hele tomte	Benzo(a)pyren	PAH16
Massetransport (g/år)	39,3	1333,8

3.3.1 Variasjon i konsentrasjoner av metaller gjennom et år og under en nedbørsepisode

I **Tabell 8** vises variasjoner i konsentrasjoner av metaller og SS i drenskum 3 i løpet av 2015. For å se hvordan konsentrasjoner av metaller i noen utvalgte drenskummer kunne endre seg under en nedbørsepisode, ble tre vannprøver tatt ut fra 3.12.2015 til 4.12.2015. Under denne nedbørsepisode falt det 20,3 mm nedbør i løpet av 24 timer. Første prøve ble tatt ut ved starten av nedbørsepisoden, andre under nedbørsepisoden og den tredje omtrent 12 timer etter første prøvetakning. Målte konsentrasjoner av metaller i totaloppluttede prøver er vist i **Tabell 9**. I **Tabell 10** vises målte konsentrasjoner av metaller i vannprøver som vist i **Tabell 9**, men filtrert (0,45 µm) før analyse. Prosentandelen av metallene i vannprøver tatt under nedbørsepisoden (**Tabell 9** og **Tabell 10**) som forelå i oppløst form er vist i **Tabell 11**.

Tabell 8. Målte konsentrasjoner av metaller og SS i drenskum Nr. 3 i løpet av 2015. Totaloppluttede prøver.

Kum nr.	Dato	Hg (ng/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Co (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	Mn (µg/l)	Mo (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	SS (mg/l)
3	4.2.2015	10	0,5	0,05	2,6	12,5	12,5	1900	1,6	12,5	0,77	12,5	7,6
3	4.6.2015	20	1	0,1	1	25	25	470	1,7	25	0,51	25	6,4
3	8.9.2015	10	4,6	0,22	10	12,5	12,5	20600	77	31	3,02	34	137,2
3	22.10.2015	10	1,9	0,05	1,8	12,5	12,5	866	43	12,5	0,5	12,5	13,2

Tabell 9. Målte konsentrasjoner av metaller og SS i noen utvalgte kummer under en nedbørsepisode. Prøvene var totaloppluttede.

Prøvetakning			Metaller totaloppluttede i HNO ₃ (µg/l)									
Kum nr.	Dato	Klokkeslett	Hg (ng/l)	Bly	Cd	As	Cu	Cr	Mo	Mn	Ni	Zn
5	3.12.2015	23:00	109	15,5	0,65	6,9	69	56	52	33300	78	87
5	4.12.2015	04:30	101	13,8	0,51	3,7	55	35	17	22300	66	77
5	4.12.2015	10:00	112	5,24	0,17	2,6	26	12,5	21	6930	12,5	12,5
56	3.12.2015	23:00	118	27,3	4,4	7,9	85	170	30	78500	170	392
56	4.12.2015	04:30	621	38,2	5,7	10	107	202	14	112000	211	481
56	4.12.2015	10:00	37	2,12	0,37	5	12,5	12,5	1,7	8240	38	33
73	3.12.2015	23:00	10	0,38	0,05	0,5	12,5	12,5	8,3	818	12,5	12,5
73	4.12.2015	04:30	56	1,98	0,25	0,5	12,5	12,5	8,8	5060	12,5	115
73	4.12.2015	10:00	53	2,95	0,39	1,5	12,5	12,5	11	9960	28	68
217	3.12.2015	23:00	88	5,34	0,94	2,4	22	36	5,7	28400	34	87
217	4.12.2015	04:30	189	13,9	2,3	4,9	59	100	6,7	74500	89	233
217	4.12.2015	10:00	116	8,47	1,5	2,9	31	50	4,9	38900	48	135

Tabell 10. Målte konsentrasjoner av metaller og SS filtrerte (0,45 µm) prøver tatt under en nedbørsepisode.

Prøvetakning			Metaller filtrert (µg/l)								
Kum nr.	Dato	Klokkeslett	Hg (ng/l)	Bly	Cd	As	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn
5	3.12.2015	23:00	2,5*	0,005*	0,005*	3,2	3,23	3,2	4,4	2,02	0,96
5	4.12.2015	04:30	2,5*	0,005*	0,005*	0,56	1,49	2,5	0,32	0,26	0,21
5	4.12.2015	10:00	37	0,07	0,005*	1,7	2,35	11	1	0,91	0,64
56	3.12.2015	23:00	10	0,005*	0,005*	0,96	0,66	5,1	2,8	0,18	0,25
56	4.12.2015	04:30	2,5*	0,01*	0,005*	0,5	0,26	3,1	13,3	0,06	0,25
56	4.12.2015	10:00	2,5*	0,01*	0,08	4,1	1,58	0,64	532	1,55	2,52
73	3.12.2015	23:00	2,5*	0,06	0,01	0,25	5,27	3,9	77,5	8,64	6,6
73	4.12.2015	04:30	2,5*	0,05	0,01	0,3	4,21	3,4	152	6,36	9,57
73	4.12.2015	10:00	2,5*	0,03	0,005*	0,41	4,01	3	169	5,8	1,95
217	3.12.2015	23:00	2,5*	0,005*	0,04	AF**	0,55	1,4	228	1,07	1,74
217	4.12.2015	04:30	2,5*	0,005*	0,005*	0,23	0,92	2,5	2,1	0,18	0,23
217	4.12.2015	10:00	2,5*	0,005*	0,005*	0,18	0,23	1,4	1,9	0,13	0,15

* Målt under kvantifiseringsgrense, **Analysefeil

Tabell 11. Prosentandel av metaller i vannprøver tatt under nedbørsepisoden som forelå i oppløst form.

Kum nr.	Hg (%)	Bly (%)	Cd (%)	As (%)	Cu (%)	Cr (%)	Mn (%)	Ni (%)	Zn (%)
5	2	< 1	1	46	5	6	< 1	3	1
5	2	< 1	1	15	3	7	< 1	< 1	< 1
5	33	1	3	65	9	88	< 1	7	5
56	8	< 1	< 1	12	1	3	< 1	< 1	< 1
56	< 1	< 1	< 1	5	< 1	2	< 1	< 1	< 1
56	7	< 1	22	82	13	5	6	4	8
73	25	16	20	50	42	31	9	69	53
73	4	3	4	60	34	27	3	51	8
73	5	1	1	27	32	24	2	21	3
217	3	< 1	4	AF*	3	4	1	3	2
217	1	< 1	< 1	5	2	3	< 1	< 1	< 1
217	2	< 1	< 1	6	1	3	< 1	< 1	< 1

* Analysefeil

3.3.2 Variasjon i konsentrasjoner av PAH16 under en nedbørsepisode

Variasjoner i konsentrasjoner av Benzo(a)pyren og PAH16 under en nedbørsepisode er vist i **Tabell 12**. Under denne episoden kom det 20,3 mm nedbør i form av regnvann.

Tabell 12. Variasjoner i konsentrasjoner av Benzo(a)pyren og PAH16 under en nedbørsepisode.

Kum nr.	Dato	Klokkeslett	Benzo(a)pyren ($\mu\text{g/l}$)	PAH16 ($\mu\text{g/l}$)
5	3.12.2015	23:00	0,22	3,6
5	4.12.2015	04:30	0,055	2,6
5	4.12.2015	10:00	0,041	66
56	3.12.2015	23:00	0,94	10
56	4.12.2015	04:30	0,81	11
56	4.12.2015	10:00	0,037	0,76
73	3.12.2015	23:00	0,028	2,1
73	4.12.2015	04:30	0,082	4
73	4.12.2015	10:00	0,13	5,5

3.3.3 Enkelt tiltak for å redusere konsentrasjoner av PAH16 i overvann

I avrenningsareal A (Kum nr. 73) omlastes slam fra slambinge til bil, noe som medfører at søl vil kunne forekomme. Slam anses å være største kilde til PAH, da det meste av elektrodemassen og antrasitten oppbevares innendørs. Her har det i løpet av 2016 blitt bygd en av rampe som er festet til slambingen, slik at slam som faller ut av skuffen/grabben fanges opp av rampen og renner tilbake til slambingen. Tidligere ville slammet feste seg på kjøretøyet og videre bli fraktet rundt på tomta. I **Tabell 13** vises målinger gjort i 2016 etter at tiltaket ble iverksatt.

Tabell 13. Målinger av Benzo(a)pyren og PAH16 etter at «avrenningsrampe» for slam ble bygd på slambinge.

Kum nr.	Dato	Benzo(a)pyren ($\mu\text{g/l}$)	PAH16 ($\mu\text{g/l}$)
73	3.12.2015 (Kl. 23.00)	0,028	2,1
73	4.12.2015 (Kl. 04.30)	0,082	4,0
73	4.12.2015 (Kl. 10.00)	0,13	5,5
73	3.5.2016 etter tiltak	0,023	0,55

Avrenningsareal E vil bli påvirket av slamtransport fra Ovn 11 og slambingen. Her vil man av ulike årsaker ikke være i stand til bygge tilsvarende avrenningsrampe på slambingen. På sikt vil ENP etablere en rørledning fra Ovn 11 som transporter slammet til Ovn 10, slik at det blir prosessert der. Dette vil redusere søl og videre spredning av PAH.

3.3.4 Korrelasjon mellom metallene og SS

Korrelasjonskoeffisienter (r^2) ble beregnet for å se om det var en sammenheng mellom konsentrasjoner av metaller og SS i de ulike drenskummene. Et utvalg av disse er vist i **Tabell 14**.

Tabell 14. Bergende korrelasjonskoeffisienter (r^2) for konsentrasjoner av noen utvalgte metaller og SS målt i de ulike kummene fra 42 forskjellige vannprøver.

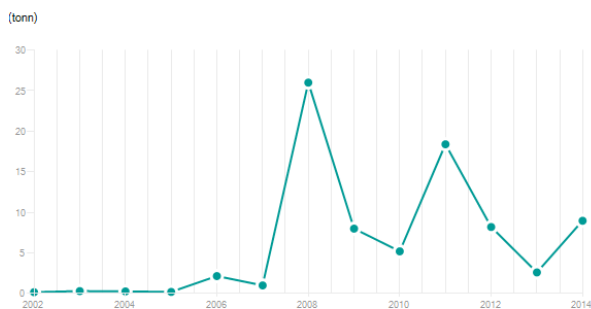
Metall/SS	Cd	Cr	Hg	Mn	Ni	Pb	SS	Zn
Cd	1,00							
Cr	-0,05	1,00						
Hg	0,93	0,03	1,00					
Mn	0,09	0,71	0,15	1,00				
Ni	-0,06	0,90	0,06	0,72	1,00			
Pb	0,87	0,03	0,89	0,08	0,02	1,00		
SS	-0,03	0,76	0,01	0,95	0,76	-0,02	1,00	
Zn	0,96	0,00	0,93	0,08	-0,01	0,95	-0,02	1,00

3.3.5 Tidligere beregnede utslipp av SS fra ENP

Rapporterte utslipp fra ENP vises i www.norskeutslipp.no. Her rapporteres utslipp fra SRA, deponi og overvann samlet. Årlig rapporterte utslipp av SS fra ENP varierer betydelig (**Figur 3**). Ved gjennomsyn av data (konsentrasjoner i kummer, data fra 2010-2015) ble det observert konsentrasjoner i enkelte prøvetakningskummer på opptil 35 g SS/l (laveste konsentrasjon SS i denne kummen ble målt til 45 mg/l). I 2011, 2012 og 2014 ble det observert noen få noen slike høye konsentrasjoner av SS. Disse enkeltmålingene bidrar vesentlig til økt gjennomsnittskonsentrasjon innenfor et areal, og vil da medføre særdeles høye, og antagelig ikke representativ beregnet massetransport.

Utslipp av Tørrstoff, suspendert (SS) (i tonn per år)

ERAMET NORWAY AS, Porsgrunn



ERAMET NORWAY AS, Porsgrunn : Utslipp av Tørrstoff, suspendert (SS)
(i tonn per år)

Figur 3. Årlig rapporterte utslipp av SS fra ENP. Figur fra www.norskeutslipp.no.

4. Konklusjoner

Massetransport av metaller, SS og PAH16 fra ENP-tomta for 2015 ble beregnet. Beregnet massetransport for 2015 var:

- 3,6 tonn SS
- 969 kg Mn
- 16,2 kg Zn
- 2,3 kg Cu

- 2,1 kg Cr
- 2,1 kg Ni
- 1,4 kg Pb
- 1,4 kg Co
- 0,6 kg Mo
- 0,3 kg As
- 0,2 kg Cd
- 0,007 kg Hg
- 1,3 kg PAH16

Massetransport av PAH16 ble beregnet til å være 1,3 kg i 2015, som antagelig er en overestimert, da gjennomsnittskonsentrasjoner («sjablongverdier») fra de mest PAH-belastede arealene ble benyttet for å beregne massetransporten fra hele arealet.

De største arealene G og H, hadde den høyeste massetransporten fra tomte. Målinger fra areal H er særdeles usikre da måledata fra tilstøtende areal G ble benyttet for beregningen. Når ny informasjon om ledningsnett og koblinger til drenekummene er på plass, bør areal H deles i to, slik at man kan få et bedre bilde over tilførsler fra slaggkjølingen som foregår ved grensen til areal G. Tilsvarende er beregnet massetransport fra areal E usikre, da målinger fra tilstøtende arealer ble benyttet som sjablongverdier. Andre areal som bidro til massetransporten av metaller var arealene A og F, mens arealene B, F og H hadde de høyeste tilførsler av SS. Den høyeste konsentrasjonen av Hg ble funnet i kummene ved arealene B, D og E.

Resultater viste at de aller fleste metallene var bundet til SS eller andre partikler, som ble fjernet under filtreringen og løst ut under totaloppslutning av vannprøven med HNO₃. Konsentrasjonsmålinger av metaller fra areal A (kum 73), skilte seg ut her, da metallene her var i mye mindre grad bundet til SS eller andre partikler. Det var god korrelasjon mellom målte konsentrasjoner av flere metaller, samt SS og noen metaller. Informasjon her kan benyttes til å se hvilke metaller og SS som har høy samvariasjon i konsentrasjoner, og kan da muligens assosieres til samme kilder. For eksempel ser vi at korrelasjonen mellom SS og Mn er høy, med en korrelasjonskoeffisient på 0,95, noe som indikerer at en stor del av det SS er Mn-anrikt.

Konsentrasjonsmålinger under en nedbørsepisode fra utvalgte drenekummer, hvor prøver ble tatt ut før nedbørsperioden startet opp, under og etter en viss tid, viste ingen klare mønstre, for eksempel ved å avta eller øke. Det var derimot store variasjoner i konsentrasjoner i de tre ulike prøvene, noe som viser at det er vanskelig å ta ut representative prøver for beregning av massetransport. Uttak av vannprøver under nedbørsepisoder vil sammen med målinger igjennom sesongen bidra til bedre beregning av massetransport. Ved gjennomgang av tidligere data over konsentrasjoner av SS i drenekummer, ble det observert særdeles høye og mest sannsynlige ikke representative måleverdier i noen få kummer, som i stor grad var bestemmende for beregnet massetransport. Ved funn av slike måleverdier, bør ny prøve tas umiddelbart og informasjon om aktivitet som kan være årsak til de høye konsentrasjonene avklares.

Enkle tiltak, slik som ble gjort ved å etablere en avrenningsrampe for å redusere søl under omlasting av slam ved den ene slambingen, kunne se ut til å ha redusert PAH-søl av slam på tomte. Ved å redusere SS i overvannet, for eksempel ved å fjerne sedimentert materiale i drenekummer vil massetransporten av de fleste metallene avta, da metallene i stor grad var knyttet til partikler (mest sannsynlig SS i de fleste tilfellene).

Bergende korrelasjonskoeffisienter av målte konsentrasjoner av metaller og SS i de ulike drenekummene viste god korrelasjon mellom Hg, Cd, Pb, Zn, mens korrelasjonen mellom Mn, SS, Cr og Ni var høy. Konsentrasjonsmålinger av SS overvannet vil kunne gi god informasjon om konsentrasjoner av andre metaller (spesielt Mn, Cr og Ni), og da være en slags «proxy» for disse metallene. Analyser av SS er betydelig rimeligere og raskere å gjennomføre enn analyser av metaller.

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/>
- Hanssen – Bauer, I., Drange, H., Førland, E. J., Roald, L. A., Børsheim, K. Y., Hisdal, H., . . . Ådlandsvik, B. (2009). Klima I Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU klimatilpassning. *Norske klimasenter, september 2009, Oslo.*
- 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. B., Muthanna, T., Øxnevad, S., Lund, E., & Molvær, J. (2011). Utslipp av overflatevann fra Eramet Norway i Porsgrunn. *NIVA rapport 6128-2011, s 24.*

6. Vedlegg A

Målinger av metaller, PAH og SS.

Dato	Kum. Nr.	Areal	As(ug/L)	Cd(ug/L)	Co(ug/L)	Cr(ug/L)	Cu(ug/L)	Hg(ng/L)	Mn(ug/L)	Mo(ug/L)	Ni(ug/L)	Pb(ug/L)	STS(mg/l)	Zn(ug/L)
04.02.2015 15:02:00	P-OVF01	3	1,5	0,05	4,4	12,5	12,5	10	2830	1,7	12,5	1,04	16,8	12,5
04.06.2015 10:58:00	P-OVF01		1	0,1	1,2	25	25	20	512	83	25	0,65	14,1	25
08.09.2015 14:09:00	P-OVF01		0,5	0,05	5,3	12,5	12,5	10	3800	3,8	12,5	1,77	6	12,5
26.10.2015 09:24:00	P-OVF01		3,9	0,05	9,6	12,5	12,5	10	4880	8,4	12,5	2,21	45,6	12,5
04.02.2015 15:03:00	P-OVF02	3	0,5	0,05	1,2	12,5	12,5	10	1070	0,5	12,5	9,32	2,4	12,5
04.06.2015 11:02:00	P-OVF02		1	0,1	1	25	25	20	363	1	25	0,46	3,2	25
08.09.2015 14:28:00	P-OVF02		2,3	0,17	7,7	12,5	12,5	10	13700	12	12,5	2,57	113,2	45
22.10.2015 13:38:00	P-OVF02		0,05	0,15	1	12,5	12,5	10	746	2,4	12,5	1,18	7,2	12,5
04.02.2015 12:47:00	P-OVF03	3	0,5	0,05	2,6	12,5	12,5	10	1900	1,6	12,5	0,77	7,6	12,5
04.06.2015 11:04:00	P-OVF03		1	0,1	1	25	25	20	470	1,7	25	0,51	6,4	25
08.09.2015 14:26:00	P-OVF03		4,6	0,22	10	12,5	12,5	10	20600	77	31	3,02	137,2	34
22.10.2015 13:41:00	P-OVF03		1,9	0,05	1,8	12,5	12,5	10	866	43	12,5	0,5	13,2	12,5
04.02.2015 12:57:00	P-OVF04	3	2,2	0,16	4	12,5	12,5	10	3320	40	12,5	0,89	22	12,5
04.06.2015 11:06:00	P-OVF04		1	0,1	1,2	25	25	20	1170	2,5	25	0,49	3,6	25
08.09.2015 14:31:00	P-OVF04		7,2	0,46	25	64	12,5	28	74400	13	62	6,05	570,4	81
22.10.2015 13:43:00	P-OVF04		4,1	0,05	1,3	12,5	12,5	10	851	8,2	12,5	0,33	9,6	12,5
04.02.2015 13:04:00	P-OVF05	3	2,8	0,17	2,4	12,5	12,5	10	1190	42	12,5	0,78	9,6	12,5
04.06.2015 11:08:00	P-OVF05		3,1	0,1	2,2	25	25	20	1010	16	25	1,22	32,4	67
08.09.2015 14:34:00	P-OVF05		5,2	0,05	1,8	12,5	12,5	10	1530	14	12,5	0,34	48,8	12,5
22.10.2015 13:46:00	P-OVF05		3,8	0,14	3,1	12,5	12,5	31	1560	130	12,5	2,83	15,6	12,5
04.02.2015 13:12:00	P-OVF06	4	2,1	0,17	20	12,5	12,5	10	15300	4,5	12,5	1,76	37,2	12,5
04.06.2015 11:09:00	P-OVF06		1	0,17	2,8	25	25	20	2470	1,6	25	1,18	8,8	25
08.09.2015 14:36:00	P-OVF06		1,3	0,1	7	12,5	12,5	74	4980	4,3	12,5	0,62	10,8	12,5
22.10.2015 13:48:00	P-OVF06		0,05	0,05	3,7	12,5	12,5	10	4190	3,7	12,5	0,53	9,6	12,5
08.09.2015 14:43:00	P-OVF187	4	4,2	0,4	14	12,5	12,5	74	7390	2	12,5	2,24	24,8	32
22.10.2015 13:37:00	P-OVF187		1,7	0,7	6,4	12,5	12,5	101	4780	1,6	30	3,07	37,6	39
04.02.2015 13:23:00	P-OVF217	7,8	2,5	0,33	23	12,5	12,5	10	16000	10	12,5	7,42	43,6	32
04.06.2015 11:19:00	P-OVF217		1	0,1	4,7	25	25	20	5400	2,1	25	0,63	10	25
08.09.2015 14:44:00	P-OVF217		0,5	0,05	6,8	12,5	12,5	38	5140	4,6	12,5	0,56	16,8	12,5
23.10.2015 13:41:00	P-OVF217		1,3	0,14	4,9	12,5	12,5	10	3770	3,7	12,5	0,96	18	30
08.09.2015 14:48:00	P-OVF284	7,8	6	0,68	27	28	12,5	118	29800	5,4	34	5,53	136,4	72
23.10.2015 13:44:00	P-OVF284		3,5	0,3	3,9	12,5	12,5	10	2280	4,7	12,5	0,98	16,4	28
04.02.2015 13:14:00	P-OVF56	2	5,4	0,05	0,5	12,5	12,5	10	280	0,5	12,5	0,31	1,2	12,5
04.06.2015 11:12:00	P-OVF56		6	1,2	24	25	25	179	16600	8,6	25	16,8	83,2	109
08.09.2015 14:37:00	P-OVF56		4,6	0,05	0,5	12,5	12,5	10	112	1,2	12,5	0,14	4,4	12,5
22.10.2015 13:51:00	P-OVF56		4,4	0,05	0,05	12,5	12,5	10	136	0,05	0,27	0,27	2,8	12,5
04.02.2015 13:17:00	P-OVF73	1	0,5	0,05	1,1	12,5	12,5	10	412	0,5	12,5	0,35	3,2	12,5
04.06.2015 11:14:00	P-OVF73		1	0,27	25	25	67	20	288	17	25	1,95	1,6	70
22.10.2015 13:53:00	P-OVF73		1,6	0,22	28	12,5	12,5	49	10600	2,2	12,5	1,84	4	12,5
04.02.2015 13:21:00	P-OVF81	5	1,1	40	12	12,5	12,5	584	12700	0,5	12,5	142	14,8	1930
04.06.2015 11:15:00	P-OVF81		1	3,8	8,1	25	54	164	3070	3	25	94,4	13,2	652
08.09.2015 14:39:00	P-OVF81		1,7	0,35	5,5	12,5	12,5	31	1440	3,4	12,5	15,3	4,8	409

Prøvepunkt	Dato	Tid (klokkeslett)	PAH (ug/L)														Sum 4 PAH	Sum 16 PAH
			Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benzo(a)antracen	Chrysen	Benzo(b,k)fluoranten	Benzo(a)pyren	Dibenz(a,h)antracen	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Benzo(ghi)perylene			
P-OVF-5	03.12.2015	23:00	0,41	0,082	0,1	0,041	0,33	0,69	0,37	0,53	0,48	0,22	0,019	0,11	0,13	0,81	3,6	
P-OVF-5	04.12.2015	04:30	0,51	0,33	0,59	0,049	0,33	0,27	0,1	0,16	0,076	0,055	<0,010	0,02	0,032	0,15	2,6	
P-OVF-5	04.12.2015	10:00	35	16	12	0,66	1,2	0,62	0,087	0,12	0,062	0,041	<0,010	0,021	0,024	0,12	66	
P-OVF-56	03.12.2015	23:00	0,37	0,2	0,7	0,13	1,3	1,3	1	1,5	1,5	0,94	0,11	0,54	0,72	3	10	
P-OVF-56	04.12.2015	04:30	0,2	0,14	0,84	0,12	1,9	1,8	1	1,5	1,5	0,81	0,099	0,52	0,58	2,9	11	
P-OVF-56	04.12.2015	10:00	0,032	0,019	0,058	<0,010	0,15	0,14	0,072	0,11	0,08	0,037	<0,010	0,015	0,023	0,13	0,76	
P-OVF-73	03.12.2015	23:00	0,1	0,097	0,22	0,037	0,39	0,36	0,066	0,11	0,11	0,028	<0,010	0,015	0,018	0,15	2,1	
P-OVF-73	04.12.2015	04:30	0,11	0,12	0,38	0,065	0,85	0,8	0,22	0,38	0,25	0,082	0,014	0,051	0,055	0,38	4	
P-OVF-73	04.12.2015	10:00	0,16	0,15	0,65	0,1	1,2	1,1	0,32	0,4	0,31	0,13	0,015	0,052	0,058	0,49	5,5	
P-OVF-217	03.12.2015	23:00	0,048	0,056	0,25	0,065	1,2	1	0,45	0,66	0,41	0,24	0,034	0,13	0,15	0,78	4,8	
P-OVF-217	04.12.2015	04:30	0,046	0,079	0,72	0,094	1,9	1,7	0,97	1,5	1	0,66	0,043	0,32	0,39	2	9,6	
P-OVF-217	04.12.2015	10:00	0,04	0,11	0,85	0,17	2	1,8	0,84	1,2	0,87	0,57	0,054	0,29	0,34	1,7	9,3	

PAH-forbindelse (3.5.2016)	POV81 (µg/l)	POV73 (µg/l)	POV56 (µg/l)
Acenaften	0,092	0,021	<0.010
Antracen	0,15	<0.010	<0.010
Acenaftilen	0,01	0,011	<0.010
Benzo(a)pyren	1,6	0,023	0,0056
Benzo(b,k)fluoranten	2	0,075	0,015
Benzo(ghi)perylene	0,3	0,011	<0.010
Benzo(a)antracen	1,5	0,046	0,015
Chrysen	2,8	0,078	0,025
Dibenz(a,h)antracen	0,078	<0.010	<0.010
Fenantren	0,21	<0.010	0,011
Fluoranten	0,62	0,14	0,033
Fluoren	0,043	<0.010	<0.010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,29	0,012	<0.010
Naftalen	<0.010	<0.010	<0.010
Pyren	0,78	0,13	0,036
PAH16	10	0,55	<0.15

Prøvepunkt	Dato	Tid (klokkeslett)	Metaller Filtrert (ug/L)											Metaller Oppsluttet i HNO3 (ug/L)											SS (mg/L)
			Hg (ng/L)	Co	Bly	Cd	As	Mo	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Hg (ng/L)	Bly	Cd	Co	As	Cu	Cr	Mo	Mn	Ni	Zn	
P-OVF-5	03.12.2015	23:00	2,5	-	0,005	0,005	3,2	-	3,23	3,2	4,4	2,02	0,96	109	15,5	0,65	39	6,9	69	56	52	33300	78	87	74,4
P-OVF-5	04.12.2015	04:30	2,5	-	0,005	0,005	0,56	-	1,49	2,5	0,32	0,26	0,21	101	13,8	0,51	24	3,7	55	35	17	22300	66	77	-
P-OVF-5	04.12.2015	10:00	37	-	0,07	0,005	1,7	-	2,35	11	1	0,91	0,64	112	5,24	0,17	7,5	2,6	26	12,5	21	6930	12,5	12,5	-
P-OVF-56	03.12.2015	23:00	10	-	0,005	0,005	0,96	-	0,66	5,1	2,8	0,18	0,25	118	27,3	4,4	97	7,9	85	170	30	78500	170	392	157
P-OVF-56	04.12.2015	04:30	2,5	-	0,01	0,005	0,5	-	0,26	3,1	13,3	0,06	0,25	621	38,2	5,7	140	10	107	202	14	112000	211	481	-
P-OVF-56	04.12.2015	10:00	2,5	-	0,01	0,08	4,1	-	1,58	0,64	532	1,55	2,52	37	2,12	0,37	13	5	12,5	12,5	1,7	8240	38	33	-
P-OVF-73	03.12.2015	23:00	2,5	-	0,06	0,01	0,25	-	5,27	3,9	77,5	8,64	6,6	10	0,38	0,05	13	0,5	12,5	12,5	8,3	818	12,5	12,5	36,8
P-OVF-73	04.12.2015	04:30	2,5	-	0,05	0,01	0,3	-	4,21	3,4	152	6,36	9,57	56	1,98	0,25	20	0,5	12,5	12,5	8,8	5060	12,5	115	-
P-OVF-73	04.12.2015	10:00	2,5	-	0,03	0,005	0,41	-	4,01	3	169	5,8	1,95	53	2,95	0,39	34	1,5	12,5	12,5	11	9960	28	68	-
P-OVF-217	03.12.2015	23:00	2,5	-	0,005	0,04	440	-	0,55	1,4	228	1,07	1,74	88	5,34	0,94	28	2,4	22	36	5,7	28400	34	87	151,2
P-OVF-217	04.12.2015	04:30	2,5	-	0,005	0,005	0,23	-	0,92	2,5	2,1	0,18	0,23	189	13,9	2,3	73	4,9	59	100	6,7	74500	89	233	-
P-OVF-217	04.12.2015	10:00	2,5	-	0,005	0,005	0,18	-	0,23	1,4	1,9	0,13	0,15	116	8,47	1,5	39	2,9	31	50	4,9	38900	48	135	-

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