

Rensing av miljøgifter i sigevann fra avfallsdeponier – resultater fra en screening-analyse som omfatter fire renseanlegg

Av Kjetil Haarstad og Trond Mæhlum

Kjetil Haarstad og Trond Mæhlum er seniorforskere ved Bioforsk Jord og miljø i Ås

Sammendrag

Artikkelen presenterer en screening-analyse av miljøgifter i urensert og rensert sigevann fra 4 deponier i Akershus. Et renseanlegg med omvendt osmose viste nesten 100 % fjerning av alle de målte forbindelsene (ca. 300). Anlegget med filtrering i en mindre grunnvannsakvifer fjernet det meste av de påviste organiske forbindelsene, og de var rensert til nesten 100 % etter de påfølgende dam/våtmarksanlegget. Tungmetallene viste mer variabel fjerning, og en del pesticider ble funnet i rensert sigevann. Anlegget med luftet lagune/våtmark viste moderat til god rensing av tungmetaller, med unntak av Cu, Cd og Pb, samt god rensing av pesticider med unntak av bentazon. Fjerning av organiske forbindelser var også god, med unntak av hydrokarboner. SBR-anlegget viste variabel fjerning av tungmetaller, relativt god

fjerning av pesticider med unntak av bentazon, og variabel fjerning av organiske miljøgifter. Undersøkelsen viser at renseanleggene kan ha en god rensing av miljøgifter i sigevann, men det er behov for å sammenstille mer erfaringsdata for å konkludere på valg av rensemetoder.

Summary

The paper presents results from a screening of untreated and treated leachate from 4 landfills in Akershus County, Norway. A treatment plant with reverse osmosis showed a near 100% removal of all the analyzed compounds (ca. 300). Natural attenuation in groundwater aquifer water removed most of the organic compounds, and the following pond/wetlands also showed an almost complete removal. The heavy metals showed a more variable removal at this plant, and there were pesticides in

the treated leachate. The system with an aerated lagoon and pond/wetland treatment showed moderate to good removal of heavy metals, except for Cu, Cd and Pb, and for pesticides, except for bentazone, and variable removal of organic pollutants. The SBR plant showed variable removal of heavy metals, good removal of pesticides except for bentazone, and variable removal of organic pollutants. The study shows that the treatment plants can obtain good removal for environmental pollutants, but a further assessment of the treatment plants is necessary.

Innledning

Volumet av avfall som årlig deponeres i Norge er fortsatt stort, til tross for tiltak som er foreslått og delvis gjennomført for å redusere mengden avfall til deponi. Mengden avfall lagt på fylling økte fra 1,7 til 1,9 millioner tonn per år i perioden 1992 til 2006 (SSB, 2007). Overvåking og behandling av utslippene er derfor nødvendig, siden deponering fortsatt vil være nødvendig, selv med en øket andel gjenbruk og forbrenning. Forbrenning alene vil kun redusere volumet med anslagsvis 60 til 70 %, men vil også endre sammensetning på avfallet og sigevannet til en foreløpig ukjent kvalitet.

Det foreligger noen nyere undersøkelser av miljøgifter i sigevann i Norge som f. eks. Eggen et al. (2003), Fjeld et al. (2004), Haarstad & Borch (2008), Haarstad & Mæhlum (2008). Her ble det blant annet dokument funn av legemidler, muskforbindelser, nonylfenol, bisphenol A, bromerte

flammehemmere, PCB, PAH, perfluoralkylstoffer (PFAS) og pesticider. Det foreligger lite dokumentasjon på rensing av miljøgifter i sigevann, ikke minst for de stoffene som inngår i SFTs veileder om overvåking som ble tatt i bruk i 2005/06. Weideborg og Furuseth (2006) har gjort en vurdering av ulike typer renseanlegg i forhold til rensing av miljøgifter i sigevann, men datamaterialet var begrenset.

Utslipp av sigevann fra deponier vil normalt forekomme mange tiår etter at en fylling har sluttet å motta avfall. I tillegg er det større oppmerksomhet knyttet til miljøfarlige stoffer, noe som gir seg uttrykk blant annet i en strengere lovgivning og kontroll av slike utslipp. Dette medfører et økt behov for ressurser knyttet til behandling og utslipp av forurenset sigevann. Det er så langt begrenset kunnskap om egnede rensemetoder for et utall potensielt miljøfarlige stoffer som kan forekomme i sigevannet. Her beskriver vi resultater av en screeningundersøkelse av nesten 300 forbindelser fra 4 deponier med ulike typer renseanlegg i renseanlegg i Akershus fylke. Undersøkelsen er initiert av forfatterne som følge av at Norsk Avfall og SFT har etterlyst data om fjerning av miljøgifter i sigevannrensing. Kostnadene er dekket av Bioforsk Jord og miljøinstituttprogram gjennom senterets grunnbevilling fra MD.

Metoder

Historiske data er innsamlet fra avfallsselskap og fra datainnsamling

utført av Bioforsk (Haarstad, 2007). Screeninganalysen av sigevannsprøvene ble gjennomført på en stikkprøve tatt i ulike deler i renseanleggene i perioden oktober-november 2007, og analysert av Bioforsk Plantehelse (BP), Analycen i Moss (AM), og Eurofins i Nederland (EN). Analysen ved BP omfattet to multimetoder, M15 og M60, og inkluderer ca. 66 plantevernmidler (pesticider) og deres nedbrytningsprodukter. Analysen ved EN omfattet 203 forbindelser, hvorav to er fysiske (pH og elektrisk ledningsevne), 16 tungmetaller, 14 aromatiske forbindelser, 12 fenoler, 6 ftalater, 16 PAH, 7 PCB, 22 flyktige klorerte hydrokarboner, 22 klorerte

fenoler, 11 klorerte benzener, 5 kloraniliner, 7 klornitrobenzener, 3 andre klorerte hydrokarboner, 19 klorerte pesticider, 17 fosforholdige pesticider, 7 nitropesticider, 10 andre pesticider, 4 mineraloljer og 3 andre organiske forbindelser. Analysen ved AM omfattet Cu, Cr, Zn, Ni, tungmetaller som er vanlige i sigevann og som ble brukt til å sammenligne analysene ved EN og AM. Andre forbindelser som det er oppmerksomhet mot, men som ikke er inkludert i screeningen er alkylfenolforbindelser, brominerte forbindelser, PFOS-forbindelser, klorinerte parafiner, dioksiner og farmasøytiske produkter.

Lokalitet	Prøvetaking – trinn*			Sigevann m ³ /år	Start - slutt deponering
	1	2	3		
1. Esval	Råvann		Omvent osmose	52 000	1962 -
2. Spillhaug	Råvann	Akvifer	Lagune/våtmark	59 000	1973 - 08
3. Teigen	Råvann	Lagune	Våtmark	22 000	1971 - 95
4. Bøler	Råvann		SBR	75 000	1991 -

*Prøvetaking utført i ulike trinn i renseanleggene: Akvifer = utløp av grunnvannsakvifer nedstrøms deponi, Lagune = luftet lagune, SBR = sekvensiell batch reaktor, Våtmark= grunn tilplantet dam.

Tabell 1. Lokalteter fra Akershus som var med i screeningundersøkelsen

Tabell 1 viser de fire lokalitetene som ble undersøkt. Deponiene har mottatt blandet kommunalt avfall i 20 - 40 år. Renseanleggene ble etablert for 5 - 10 år siden. Type renseanlegg representerer: avanserte tekniske løsninger som omvendt osmose/membranfiltrering (1), naturbaserte løsninger som selvrensing i akvifer etterfulgt av luftet lagune og konstruert våtmark

(2), luftet lagune etterfulgt av biodam og konstruert våtmark (3) og en aktiv slamprosess (SBR) i reaktor med noe utvidet oppholdstid (4).

Lokalitet 1 består av en utjenningsdam med noen få dagers oppholdstid. Sigevannet pumpes til membranfilteranlegget. sames

Lokalitet 1-3 leder rensset sigevann til lokal resipient. Lokalitet 4 leder

renset sigevann via ledningsnett til kommunalt renseanlegg. Renseanleggenes prosesser og design representerer hovedtyper av norske sigevannrensianlegg, men omtales ikke nærmere i denne artikkelen.

Resultater

Tungmetaller

Tabellene 2 og 3 viser forekomst av tungmetaller i sigevannet fra enkeltanlegg og som gjennomsnitt. Rensingen av tungmetaller er generelt god, unntatt for Cu som i denne prøvetakingen ser ut til å lekke fra renseanleggene. Konsentrasjonen av Ni og Cr, og særlig Cu er høyt i utslippet etter rensing sammenlignet med ønsket miljøtilstand i ferskvann (SFT, 1997). Cu er assosiert med Zn i sigevannet, men i liten grad med Cr. Av de andre tungmetaller som er

påviste er alle under deteksjonsgrensen etter rensing, unntatt Ba og Co. Antimon (Sb) er et giftig tungmetall som forekommer i mange metallegeringer, men som i liten grad er undersøkt og påvist i sigevann i Norge. Typisk konsentrasjon for Sb i elvevann i Norge er $< 0,07 \mu\text{g/l}$ (Geokjemisk atlas).

Det ser ut til å være et spesielt forhold i SBR-anlegget siden utløpskonsentrasjonene gjennomgående er høyere enn innløpet. Vi har ingen god forklaring til dette. Rensingen av tungmetaller er i gjennomsnitt god, figur 1, med unntak av Cu. Forekomsten av de vanligste tungmetallene i renset sigevann er imidlertid høy i forhold til kvalitetsnormer for ferskvann, med unntak for Zn.

	1 F	1	2 F	2 E	2 E2	3 F	3 E	3 E2	4 F	4 E
Cu	5,1	2,8	7		3	1,6	3,3	1,7	1	52
Cr	700	1	2	4	5	2,6	1,5	0,5	28	35
Zn	57	2,5	42	8	0,01	22	13	5,6	6	45
Ni	130	1	10	5	5	12	8,5	3,8	17	32
As	100	5	6	<	<	4	<	<	5	5
Sb	8	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ba	280	2	250	210	83	150	61	65	230	160
Cd	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Co	31	<	4	6	<	4	3	1	5	9
Pb	5	<	<	<	<	<	3	<	3	<
Mo	9	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Se	44	<	7	<	<	6	<	<	<	<
Sn	250	<	<	<	<	<	<	<	<	<

1, 2 osv. = lokaliteter, F = sigevann før rensing, E = etter rensing, E2 = etter siste rensetrinn. < = ingen funn eller verdi er under nedre bestemmelsesgrense som varierer mellom 0,04 mg/l for Hg til 5mg/l for Sb (EN), og 0,05-0,1 mg/l (AM). Fargekoding etter SFT tilstands klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT, 1997).

Tabell 2. Funn av tungmetaller før (F) og etter (E) rensing på lokalitetene 1-4 ($\mu\text{g/liter}$)

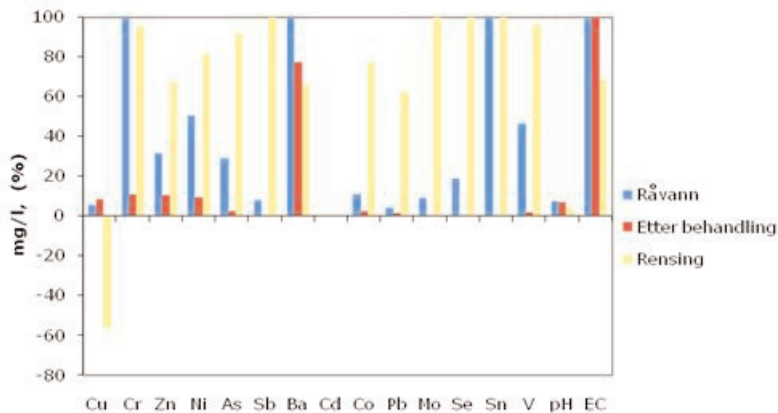
	F	E	Rensing
	mg/l	mg/l	%
Cu	5,3	8,3	-56
Cr	216	11	95
Zn	32	10	67
Ni	50	9,5	81
As	29	2,5	91
Sb	8,0	<	>99
Ba	228	78	66
Cd	<	<	
Co	11	2,5	77
Pb	4,0	1,5	63
Mo	9,0	<	>99
Se	19	<	>99
Sn	250	<	>99
V	46	1,8	96

F = før rensing, E = etter rensing. Fargekoding etter SFT (1997). < = ingen funn eller verdi er under nedre bestemmelsesgrense.

Tabell 3. Konsentrasjon av tungmetaller (middelvei) før (F) og etter (E) rensing for alle fire lokalitetene

Pesticider

Det ble påvist 8 pesticider urensset sigevann, i til dels høye konsentrasjoner, særlig for ugrasmidler, tabell 4. Tre av anleggene hadde konsentrasjoner i rensset sigevann som overstiger drikkevannsforskriftens grenseverdier. I tillegg ble stoffet endosulfan påvist i slam i våtmarksanlegget ved lokalitet 3, se tabell 8. Rensingen av påviste pesticider basert på gjennomsnitt for lokalitetene var 80-100 %, tabell 5.



Figur 1. Rensing av tungmetaller (middelvei alle anlegg)

	1 F	1 E	2 F	2 E	2 E2	3 F	3 E	3 E2	4 F	4 E
Bentazon	7,1	0,05	0,3	0,25	0,26	0,36	0,28	<	0,58	1,1
cyprodinil	<	<	<	<	<	0,02	<	<	<	<
diklorprop	2,4	0,01	0,31	0,29	0,16	0,07			0,12	0,03
mekoprop	18	0,08	0,29	0,63	0,51	100	3,7	1,6	2,7	0,76
klorfenvinfos	<	<	<	<	<	<	0,24	0,11	<	<
MCPA	<	<	0,03	<	<	<	<	<	<	<
Sum Pest.	27,5	0,14	0,98	1,17	0,93	100	4,22	1,71	3,4	1,89

1, 2 osv. = lokaliteter, F = sigevann før rensing, E = etter rensing, E2 = etter siste rensetrinn. < = ingen funn eller verdi er under nedre bestemmelsesgrense, som varierer mellom 0,01-0,02 µg/l . Fargekoding etter Folkehelsa (2005).

Tabell 4. Funn av pesticider før (F) og etter (E) rensing på lokalitetene 1-4. (µg/liter)

	F	E	Rensing
	mg/l	mg/l	%
Bentazon	2,09	0,35	83
cyprodinil	0,02	<	>99
diklorprop	0,73	0,05	93
mekoprop	30,3	0,74	98
klorfenvinfos	<	0,03	
MCPA	0,03	<	>99
Sum Pes.	33,1	1,17	96

F = før rensing, E = etter rensing. Fargekoding etter Folkehelsa (2005). Rød = over 0,10 µg/liter. < = ingen funn eller verdi er under nedre bestemmelsesgrense.

Tabell 5. Konsentrasjon av pesticider (middelverdi) før (F) og etter (E) og rensing for alle fire lokalitetene

Organiske forbindelser

Påviste organiske forbindelser er vist i tabell 7 og 8. Konsentrasjonene er lave i rensert sigevann. Konsentrasjonene i urensert sigevann viser sporadisk høye verdier, men utløpsverdiene er lave sammenlignet

med eksisterende grenseverdier. Løpende overvåkningsprogram viser imidlertid høyere verdier, også i rensert sigevann, fra lokalitetene 1-3, bla. for BTEX, PAH og hydrokarboner.

Parameter	1 F	1 E	2 F	2 E	2 E2	3 F	3 E	3 E2	4 F	4 E
Benzen	0,2	<	1,4	0,3	<	1	<	<	<	<
Toluen	0,5	<	<	<	<	0,5	<	<	6,2	0,1
o-xylene	0,9	<	<	<	<	0,1	<	<	<	<
m,p-xylene	0,3	<	0,6	<	<	0,1	<	<	<	0,4
BTEX	1,9	<	2	0,3	<	1,7	<	<	6,2	0,5
Styrene	<	<	<	<	<	0,2	<	<	<	<
methyl-benzene	<	<	7,1	<	<	2,4	<	<	<	0,6
Fenol	1	<	<	<	<	<	<	<	<	<
metylfenol	<	0,03	0,43	0,06	<	0,52	<	0,03	<	<
PAH 16	4,3	<	1,2	0,2	<	<	<	<	<	<
VCLHC	0,21	<	0,21	<	<	10,4	<	<	<	3,67
Cl-benzene	0,4	<	6,1	0,4	<	1,4	4	<	<	0,8
Cl-phenol	<	<	0,45	0,07	<	<	<	<	<	<
Cl-HC	<	<	0,08	<	<	<	<	<	<	<
biphenyl	<	<	0,17	<	<	<	<	<	<	<
dibenzofuran	0,8	<	0,2	<	<	<	<	<	<	<
HC 10-40	2 100	<	590	<	<	300	130	170	<	730

1, 2 osv. = lokaliteter, F = sigevann før rensing, E = etter rensing, E2 = etter siste rensetrinn. < = ingen funn eller verdi er under nedre bestemmelsesgrense som er 0,003 - 0,3 mg/l unntatt for hydrokarboner 25 mg/l).

Tabell 6. Funn av organiske forbindelser før (F) og etter (E) rensing på lokalitetene 1-4. (µg/liter)

Parameter	F	E	Rensing
	µg/l	µg/l	%
benzen	0,65	<	>99
toluen	0,28	1,6	-482
o-xylene	0,25	<	>99
m,p-xylene	0,35	0,08	79
BTEX	1,53	1,68	-10
styrene	0,05	<	>99
metyl-benzen	2,53	0,05	98
fenol	0,25	<	>99
metylfenol	0,24	0,01	97
PAH 16	1,38	0,30	78
VCLHC	3,62	<	>99
Cl-benzen	2,18	<	>99
Cl-fenol	0,11	<	84
Cl-HC	0,02	<	>99
bifenyl	0,04	<	>99
dibenzofuran	0,25	<	>99
HC 10-40	930	113	88

* F = før rensing, E = etter rensing. Fargekoding etter SFT, 2005. Grønn = mindre enn terskelverdi for sigevann. < = ingen funn eller verdi er under nedre bestemmelsesgrense.

Tabell 7. Konsentrasjon av organiske forbindelser (middelverdi) og før (F) og etter (E) rensing for alle fire lokalitetene

Sigevannssediment

Det ble tatt en prøve av sigevannssediment fra våtmarksdelen ved lokalitet 3. Prøven representerer sedimentert materiale i siste delen av et renseanlegg og gir et bilde av hva som holdes tilbake i et slikt rensetrinn. Tabell 8 viser innholdet i denne prøven, både som konsentrasjon i vann og som sediment, basert på målt innhold av tørrstoff i prøven.

	$\mu\text{g/liter}$	mg/kg^*
Cu	4	28
Cr	3	21
Zn	120	833
Ni	23	160
Ba	10	69
Cd	0,6	4
Co	7	49
Pb	7	49
V	8	56
bentazon	0,24	1,7
endosulfan	2,8	19,4
mekoprop	0,93	6,5
Sum pest.	3,97	27,6
metylfenol	0,03	0,21
HC 10-40	170	1181

*Fargekoding: grønn = mindre enn terskelverdi, rød = over terskelverdi.

Tabell 8. Tungmetaller og organiske forbindelser i sigevannssediment i renseanlegget på lokalitet 3

Endosulfan er et pesticid som ble forbudt for salg i Norge i 1996. En studie av Schlabach et al. (2007) viste at endosulfan finnes i lave konsentrasjoner i nedbøren (pg/m^3), men ble ikke påvist i sedimentprøver, unntatt en prøve fra Oslofjorden med lav konsentrasjon ($<0,0002 \text{ mg/kg}$).

Det er ikke foretatt undersøkelser av hva som er kildene til funn av pesticider i sigevann fra disse og andre lokaliteter. Vi antar deponering av emballasje og evt. ulovlig deponering av kjemikalierester kan være kilder, men dette bør undersøkes nærmere.

Konklusjon

En screeninganalyse av sigevann fra fire deponier i Akershus påviste 14 tungmetaller og elementer, 8 pesticider og 17 organiske miljøgifter. Deponiene har mottatt blandet kommunalt avfall og har etablert renseanlegg for sigevannsbehandling. Renseanlegget med omvendt osmose viste nesten 100 % fjerning av alle de målte forbindelsene. Rensing i en mindre, sandig grunnvannsakvifer fjernet det meste av de påviste organiske forbindelsene, og de var renset til nesten 100 % etter det påfølgende våtmarksanlegget. Tungmetallene viste mer variabel fjerning i denne anleggstypen, og en del pesticider ble funnet i renset sigevann. Våtmarksanlegget viste moderat til god rensing av tungmetaller, med unntak av Cu, Cd og Pb, samt god rensing av pesticider med unntak av bentazon. Fjerning av organiske forbindelser var også god, med unntak av hydrokarboner. SBR-anlegget viste variabel fjerning av tungmetaller, relativt god fjerning av pesticider med unntak av bentazon, og variabel fjerning av organiske miljøgifter. Overvåkingsprogrammer viser større hyppighet og høyere konsentrasjoner enn de som er rapportert her. Undersøkelsen antyder at rense-

anleggene har en god rensing av miljøgifter i sigevann, men grunnlaget er for lite til å fastslå hvilke løsninger som er beste egnet. Det vil også være avhengig av naturgrunnlaget, sigevannets sammensetning og resipientforhold. Det anbefales å gjøre en ny sammenstilling av erfaringer med rensing av sigevann basert utvidet program i SFTs veileder om overvåking av sigevann.

Referanser

- Blytt, L.D. og Storhaug, R. 2008. Tungmetaller og organiske miljøgifter i innløps- og utløpsvann fra kommunale renseanlegg i 2006. Aquateam-rapport 07-029, 83 pp.
- Eggen, T., Snilsberg, P., Møder, M. 2003. Organic compounds in municipal landfill leachat. Pharmaceuticals and musk compounds - an environmental problem? Jordforsk-rapport 67/2003, Ås, 25 s.
- Fjeld, E., Schlabach, M., Berge, J., Green, N., Eggen, T., Snilsberg, P., Vogelsang, C., Rognerud, S., Kjellberg, G., Enge, E.K., Dye, C., Gundersen, H. 2004. Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol. NIVA-rapport OR-5011, 97 s.
- Folkehelsa. 2005. Drikkevannsfor- skriften. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsfor- skriften).
- Harstad, K. 2007. Behandling og vurdering av sigevann fra avfallsdeponier i de nordiske landene. TemaNord rapport 59/2006, Nordisk råd, 171 s.
- Haarstad, K. og Borch, H. 2008. Halogenated compounds, PCB and pesticides in landfill leachate, downstream lake sediments and fish. Journal of Environmental Science and Health, Part A 43: 1346-1352.
- Haarstad, K. og Mæhlum, T. 2008. Pesticides in Norwegian Leachates. The Open Environmental & Biological Monitoring Journal 1: 8-15.
- Schlabach, M., Manø, S., Eckhardt, S. 2007. Measurement of endosulfan, dieldrin and eldrin Norwegian air and sediment samples. NILU-rapport 45/2007, 22 pp.
- SFT. 1997. Klassifisering av miljø- kvalitet i ferskvann. TA-1468, 31 s.
- Weideborg, M. og Furuseth, K.O. 2006. Miljøgifter i sigevann. En gjennomgang av dagens situasjon på deponiene, og anbefalinger ved vurdering av miljøgifter i sigevann. Rapport fra Hjeltnes COWI AS og Aquateam.
- SFT. 2005. Veileder for overvåkning av sigevann fra deponier, TA-2077.