

## Faktaark 5: Organiske forurensninger i avløpsslam

Forfatter: Carl Einar Amundsen, Bioforsk Jord og miljø.

**Innholdet av organiske forurensninger er lavere i norsk avløpsslam enn i avløpsslam fra de aller fleste andre land. Planteopptaket av organiske forurensninger fra jord er generelt lavt og det er svært lite sannsynlig at bruk av avløpsslam i henhold til Gjødselforskriften øker det menneskelige inntaket av organiske forurensninger. Undersøkelser som er gjennomført i Norge har ikke påvist negative effekter på mikrobielle prosesser i jord, jordfauna og plantevekst ved bruk av avløpsslam i jord.**

Organiske forurensninger som finnes i dagligdagse produkter som vaske- og rengjøringsmidler, maling, plast, elektroniske og kosmetiske produkter er de forbindelsene som finnes i høyest konsentrasjoner i avløpsslam. Lineære alkylbensensulfonater (LAS) (vaskemidler), ftalater (mykgjørere i plast, tilsetningsstoff i maling) og nonylfenol- og nonylfenoletoksilater (kosmetikk, bilpleieprodukter, maling) er blant de organiske forbindelsene som er funnet i høyest konsentrasjoner i avløpsslam. Analyser de siste årene har også vist at avløpsslam inneholder bl.a. bromerte flammehemmere (tilsettes elektriske komponenter, isolasjonsmateriale, tekstiler etc), perfluorerte alkylerte substanser (PFAS- finnes i tekstiler, brannslukningsmidler, impregneringsmidler etc). Organiske forurensninger som polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) finnes i liten grad i produkter som vi bruker i det daglige, men finnes i asfalt, impregnert trevirke, og slippes ut via forbrenning av olje, ved, bensin, diesel og ved bråte- og skogbranner. Overvann som slippes inn på avløpsnett er derfor en viktig kilde til PAH i avløpsslam. Forurensninger som polyklorete bifenyler (PCB) og polyklorete dibenzo-p-dioksiner og –furaner (PCDD/F) er mer ”diffuse” forurensninger og finnes overalt i jord, luft og vann i små konsentrasjoner. PCB har vært brukt som isolasjons- og kjølemiddel i kondensatorer og transformatorer, samt i isolerglass, men har vært forbudt brukt i Norge siden 1980. PCDD/F dannes ved produksjon og forbrenning av klorete forbindelser. Norske myndigheter har i mange år arbeidet for å redusere bruk og utslipp av miljøskadelige stoffer noe som også har medført at innholdet av organiske forurensninger i avløpsslam er betydelig redusert de siste årene. Fra 2000 ble substitusjonsplikten innført i produktkontrollloven, noe som innebærer at alle som bruker kjemikalier, må vurdere om de kan gå over til mindre farlige alternativer. Obs-listen er utarbeidet av miljøvernmyndighetene og inneholder ca. 250 helse- og miljøfarlige stoffer. Bruken av stoffene bør reduseres hvis det er risiko for helse- eller miljøskade ved bruk, produksjon, lagring eller håndtering av avfall.

### Organiske forurensninger i norsk avløpsslam

Siden 1989 er det gjennomført flere undersøkelser av innholdet av organiske forurensninger i norsk avløpsslam. I 1989 ble 13 prøver fra 4 anlegg analysert, mens i 1996-97 og i 2001-02 ble hhv. 36 og 40 prøver fra 8 anlegg analysert. Som en del av SFTs kartlegging av organiske miljøgifter og kartlegging av kilder for organiske miljøgifter til Mjøsa ble det i 2003-2004 analysert slamprøver fra 13 renseanlegg.

**LAS** er den forbindelsen som er funnet i størst konsentrasjon i avløpsslam (tabell 1). Innholdet i norsk avløpsslam varierte i 2001-02 i området 570-3200 mg/kg tørrstoff (TS). Innhold av LAS i norsk avløpsslam er betydelig lavere enn det som er funnet bl.a. i Tyskland, Sveits og Storbritannia, men noe høyere enn nivåene som er målt i Danmark.

Innholdet av **NPE** i norsk avløpsslam er redusert med ca. 85 % i perioden 1996-97 til 2001-02 og med over 90% siden 1989 (tabell 1). Innholdet i norsk avløpsslam er lavere enn i mange andre land. Etter at det fra 1.januar 2002 ble forbudt å produsere,

importere, omsette og bruke NPE i de fleste produkter, antas det at innholdet av NPE i norsk avløpsslam vil avta.

**DEHP**, som er den ftalat-forbindelsen som finnes i høyest konsentrasjoner i avløpsslam, er redusert med ca. 30 % i perioden 1996-97 til 2001-02 (tabell 1) og nærmere 70 % siden 1989, mens innholdet av **DBP** er redusert med over 90% fra 1996-97 til 2001-02. Innholdet av PAH, PCB og PCDD/F i norsk avløpsslam ble redusert med hhv. 60, 70 og 50% fra 1996-97 til 2001-02 (tabell 1). Innholdet av PCB og PCDD/F er i dag betydelig lavere enn det som er vist i tidligere undersøkelser fra de fleste andre land.

Konsentrasjonen av  $\Sigma$ PBDE, HBCDD og TBBPA (alle bromerte flammehemmere), samt BPA i avløpsslam er betydelig høyere enn konsentrasjonene av PCB (tabell 1). Konsentrasjonen av PFAS er imidlertid betydelig lavere enn for alle disse stoffene. Blant de bromerte flammehemmerne som er bestemt i avløpsslam, finnes PBDE i høyest konsentrasjoner, og nivået er noe høyere enn det som ble funnet i Sverige i 1999.

Tabell 1: Innholdet av enkelte organiske forbindelser i norsk avløpsslam i 1989, 1996-97, 2001-2002 og 2004. Benevning: dioksiner/furaner: i-TE; andre: mg/kg TS.

	1989 <sup>1</sup>	1996-97 <sup>2</sup>	2001-2002 <sup>3</sup>	2004 <sup>4</sup>	2004 <sup>5</sup>
Dioksiner/furaner		10,7	4,79		
PCB		0,046	0,014		
PAH	11,6*	6,1	2,1		
Nonylfenol/-etoksilater	259	170	24		
Di-(2-etylheksyl)-ftalat	134	63	42		
Di-butyl-ftalat	8,9	17	0,63		
LAS			1321		
• Polybromerte difenyletere (PBDE)				0,74	
• Heksabromcyclododekan (HBCDD)				0,028	
Tetrabrom bisfenolA (TBBPA)					0,065
Bisfenol A (BPA)					0,46
• Perfluorerte alkyl sulfonater (PFAS)				0,0019	

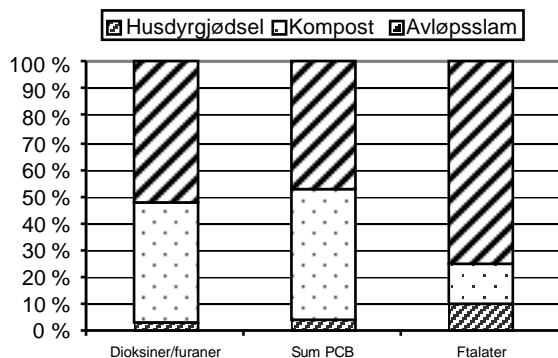
\*sum naftalen, fenantren, pyren og fluoranten. Innholdet av pyren og fluoranten var større enn deteksjonsgrensen for 2 prøver, for fenantren i 4 prøver. 1) Blom 1993; 2) Paulsrud m.fl. 1997; 3) Nedland 2003; 4) Fjeld m.fl. 2005 (n=6); 5) Snilsberg m.fl. 2005 (n=12).

Lokalt er det målt konsentrasjoner av  $\Sigma$ PBDE i avløpsslam som er mer enn 30 ganger høyere enn de som er vist i tabell 1. Helsersikoen ved bruk av dette slammet lokalt over en 3 års periode, er av Vitenskapskomiteen for mattrygghet vurdert som svært liten (VKM 2005). Undersøkelser av effekter av BFH i jord viser at det høye konsentrasjonsnivået som er målt lokalt ikke vil medføre effekter på planter, mikroorganismer og jordlevende dyr (Linjordet og Amundsen 2005). Helsersikoen ved bruk av avløpsslam med et gjennomsnittlig innhold av  $\Sigma$ PBDE (tabell 1) gjennom uendelig tid er også vurdert å være svært liten (Thomas Hellström, 2000). Til tross for svært lav helse og miljørisiko ved de konsentrasjonsnivåene som er funnet i avløpsslam arbeides det for å holde innholdet på et så lavt nivå som mulig.

Legemidler som er laget for å ha spesifikke biologiske virkninger, slippes ut i avløpsnett. Mange av disse er vannløselige og brytes relativt raskt ned og vil ikke ende opp i avløpsslammet. Enkelte legemidler er imidlertid funnet i avløpsslam og utslipp til avløpsvann bør begrenses i størst mulig grad (Paulsrud 2005).

### Organiske forurensninger i jord – bidrag fra ulike kilder

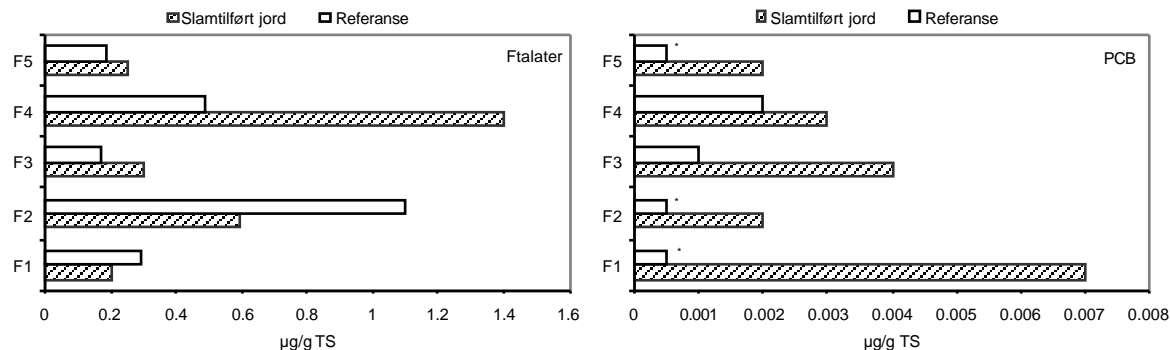
Organiske forurensninger tilføres jord gjennom atmosfærisk langtransport, lokal industri, biltrafikk, ulike forbrenningsprosesser, plantevernmidler, avløpsslam og andre organisk baserte gjødselvarer, inklusive husdyrgjødsel. Tilførselen av de diffuse forurensningene PCDD/F og PCB til dyrket jord er omtrent den samme fra kompost (tilførsel av 4 tonn/daa) som fra avløpsslam (2 tonn/daa). Tilførselen av ftalater til dyrket jord er imidlertid større fra avløpsslam enn fra kompost (figur 1). Sammenlignet med kompost og avløpsslam er tilførselen av disse forurensningene fra husdyrgjødsel lav.



Figur 1: Relativ tilførsel av PCDD/F, PCB og ftalater til dyrket jord fra husdyrgjødsel (320 kg TS/daa/år), kompost (400 kg TS/daa/år) og avløpsslam (200 kg TS/daa/år).

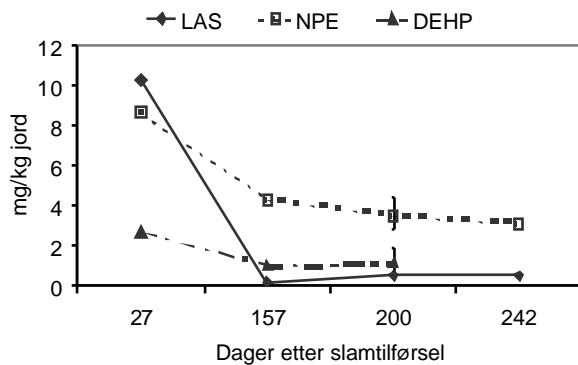
Dersom vi ser bort ifra plantevernmidler, er avløpsslam kvantitativt viktigere enn andre kilder til dyrket jord. Basert på undersøkelser fra Storbritannia bidrar imidlertid avløpsslam lite til den samlede totale tilførselen av for eksempel PAH og dioksiner til dyrket jord.

De relativt få målingene som er gjort av organiske forurensninger i norsk jord viser at bakgrunnsnivået er lavt. Analyser av jord fra fem gårder i Ås kommune som var tilført 1 til 4 tonn avløpsslam per daa i perioden 1975 til 1990, viste at innholdet av PCB var høyere i slamtilført jord enn i referansejorda, mens innholdet av ftalater (sum DBP og DEHP) ikke viste klare forskjeller mellom slamtilført jord og referansejord (figur 2) (Amundsen m.fl. 1997). Selv om innholdet av PCB i avløpsslammet som ble tilført gårdsbruk F1 (i 1976) var minst ti ganger høyere enn dagens innhold, var konsentrasjonen av PCB i den slamtilførte jorda ikke høyere enn bakgrunnsnivåer som er målt i Tyskland på 1990-tallet.



Figur 2: Innhold av PCB og ftalater (dibutyl-ftalat + dietylheksyl-ftalat) i referansejord og slamtilført jord hvor avløpsslam er tilført i perioden 1975-1990. F1-F5 – gårdsbruk. \*-verdier mindre enn deteksjonsgrensen på 0,001 µg/g TS.

I et forsøk gjennomført i 1996-97 ble innholdet av bl.a. LAS, NPE og DEHP bestemt i siltig sand hhv. 27, 157, 200 og 242 dager etter tilførsel av slam tilsvarende 20 tonn/daa (figur 3) (Amundsen m.fl. 1997).



Figur 3: Konsentrasjoner av LAS, NPE og DEHP i siltig sand som er tilført avløpsslam tilsvarende 20 tonn/daa.

Analysene av jorda viste at nedbrytningen av LAS var betydelig raskere enn for NPE og DEHP. Lave temperaturer i perioden etter slamtilførsel kan være en årsak til at nedbrytningen av LAS i kasseforsøket var langsommere enn det som er vist i andre undersøkelser

Det arbeides i dag med nedbrytningsstudier av en del organiske forurensninger i norsk jord for ytterligere å øke kunnskapsnivået og sikkerheten rundt spredning av avløpsslam til norsk jord. De undersøkelser som er utført indikerer imidlertid at nedbrytningsraten er større enn tilførselsraten for mange organiske forurensninger slik at akkumulering i jorda ikke skjer.

### Opptak av organiske miljøgifter i planter

Mange undersøkelser har vist at tungt nedbrytbare organiske forbindelser bindes sterkt i jord slik at opptaket i planter er lavt. Undersøkelser viser også at samtidig med at det skjer nedbrytning i jord, blir bindingene av mange organiske forurensninger i jord sterkere med tiden. Internasjonale undersøkelser viser at forbindelser som PCB, PAH, BFH OG PCDD/F som bindes sterkt i jord, i noen grad kan tas opp i eller adsorberes til planterøtter, men i ubetydelig grad overføres til spiselige deler av planten (se for eksempel Wild og Jones 1992; McLachlan m.fl. 1996). Direkte avsetning av atmosfærisk transporterte forurensninger er vist å være en viktigere kilde til innhold av disse forbindelsene i matvekster enn opptak via jord.

For enkelte PAH-forbindelser, LAS, ftalater og NPE er planteopptaket større enn for PCB og PCDD/F. Det er imidlertid ingenting som tyder på at de konsentrasjoner som finnes i norsk avløpsslam av disse og andre organiske forbindelser utgjør noe problem når det gjelder opptak i spiselige deler av planter. Det gjennomføres i dag undersøkelser av opptak av BFH i enkelte plantevekster fra slamtilført jord.

### Innhold av organiske forurensninger i matvarer

Det finnes få undersøkelser hvor innholdet av organiske forurensninger, utover rester av plantevernmidler, er bestemt i norskproduserte matvekster. Årsaken til dette er at innholdet i de spiselige delene av vekstene ofte ikke er målbart og at fisk og kjøtt ansees å være viktigere for inntaket av organiske forurensninger enn korn og grønnsaker. I dag er det kun innholdet av pesticider i korn, grønnsaker og frukt som bestemmes på rutinebasis.

Det finnes i dag ikke datagrunnlag for nøyaktig å kvantifisere i hvilken grad avløpsslam bidrar til inntak av organiske forurensninger i mennesker via matvarer. Lavt innhold av forurensningene i avløpsslam, samt lavt opptak i planter tilsier imidlertid at avløpsslam er en ubetydelig kilde til disse forbindelsene i mennesker.

**Effekter av organiske forurensninger i jord**

Dioksiner og furaner, PCB, PAH, ftalater, nonylfenoler- og nonylfenoletoksilater og andre organisk forbindelser er toksiske forbindelser som kan skade organismer i jord dersom de forekommer i for høye konsentrasjoner. I undersøkelser som er gjennomført både i Norge og i utlandet er det imidlertid ikke påvist negative effekter på jordlevende organismer ved bruk av avløpslam i de mengder som er tillatt i Gjødselfareforskriften og med den kvaliteten som det norske avløpslammet er vist å ha.



Faktaarket ble opprinnelig utarbeidet av Carl Einar Amundsen, Bioforsk Jord og miljø, gjennom prosjektet : Bruk av slam på komarealer – informasjonsprosjekt, med økonomisk støtte fra ORIO-programmet ([www.orio.no](http://www.orio.no)) Samarbeidspartnere i prosjektet var: Norges Bondelag v/Kornutvalget, Handelsmøllenes Forening, Felleskjøpet Øst/Vest, Statens Landbrukstilsyn, Aquateam AS og Norsk Vann (tidligere NORVAR). Oppdatering initiert i Forum for bruk av slam i jordbruket , et forum som ble etablert i tilknytning til Norsk Vanns videreføring av ovennevnte prosjekt.

[http://www.norvar.no/norvar\\_site/forside/fagstoff/kunnskapsbase\\_slam/forum\\_jordbruk](http://www.norvar.no/norvar_site/forside/fagstoff/kunnskapsbase_slam/forum_jordbruk)

**Referanser**

- Amundsen, C.E., Paulsrud, B., Nedland, K.T., Høgåsen, H., Gjerde, B. og Mohn, H. 2001. Miljøgifter og smittestoffer i organisk avfall. Status og veien videre. Jordforsk-rapport 97/01. Jordforsk, Fredrik A Dahls vei 20, 1430 Ås.
- Amundsen, C.E. Andersen, S., Vethe, Ø. og Esser, K. 1997a. Organic contaminants in some Norwegian sludge amended soils. Konferanse "Management and fate of toxic organics in sludge applied to land". København 1997.
- Amundsen, C.E., Hartnik, Th. og Linjordet, R. 1997b. Forekomst og stabilitet av organiske miljøgifter i slamtilført jord. Jordforsk-rapport 139/97. Jordforsk, Fredrik A Dahls vei 20, 1430 Ås.
- Fjeld, E., Schlabach, M., Berge, J.A., Green, N., Eggen, T., Snilsberg, P., Vogelsand, C., Rognerud, S., Kjellberg, G., Enge, E.K., Dye, C. og Gundersen, H. 2005. Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol. TA-2096/2005.
- Hellstöm, Thomas. 2000. VAV M113. Bromerade flamskyddsmedel (PBDE och PBB) i slam – ett problem?
- Linjordet, R. og Amundsen, CE. 2005. Bromerte flammehemmere i avløpslam i Oppland. Vurdering av risiko ved spredning på jordbruksarealer. Jordforsk-rapport 4/05. Jordforsk, Fredrik A Dahls vei 20, 1430 Ås.
- Mclachlan, M.S., Horstmann, M. og Hinkel, M. 1996. Polychlorinated dibenzo-p-dioxines and dibenzofurans in sewage sludge: sources and fate following sludge application to land. *The Science of the Total Env.* 185:109-123.
- Nedland, K.T. 2002. Organiske miljøgifter i norsk avløpslam. Resultater fra undersøkelse i 2001-02. Aquateam-rapport 02-018. Aquateam, Pb 6875 Rodeløkka, 0504 Oslo.
- Nesgård, B.S. og Lima-Charles, M. 1998. Kilder til organiske miljøgifter i kommunalt avløpsvann – bidrag fra husholdninger. SFT-rapport 98:23. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.
- Paulsrud, B., Nedland, K.T. og Wien, A. 1997. Organiske miljøgifter i norsk avløpslam. SFT-rapport 97:25. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.
- Paulsrud 2005. Status for legemidler i avløpslam. En litteraturstudie. Aquateam-rapport 05-049. Aquateam, Pb 6875 Rodeløkka, 0504 Oslo.
- Smith, S.R. 1996. Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. CAB International, UK.
- Snilsberg, P., Eggen, T., Fjeld, E. og Schlabach, M. 2005. Vurdering av bromerte flammehemmere til Mjøsa fra deponier, kommunale rensanlegg og elver. TA-2104/2005.
- VKM 2005. <http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=0&oid=-2&trg=new&new=-2:15815..>
- Wild, S.R. og Jones, K.C. 1992. Polynuclear aromatic hydrocarbon uptake by carrots grown in sludge-amended soil. *J. Environ. Qual.* 21:217-225.

**Aktuelle myndigheter**

Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep., 0032 Oslo. Tlf. 22 57 34 00 <http://www.sft.no>

Miljøverndepartementet, Postboks 8013 Dep 0030 Oslo Tlf. 22 24 90 90  
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md>

Helse- og omsorgsdepartementet, Postboks 8011 Dep., 0030 Oslo Tlf. 22 24 90 90  
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/hod>

Mattilsynet, Felles postmottak Postboks 383, 2381 Brumunddal. Hovedkontoret Tlf. 23 21 68 00 eller  
64 94 44 00 og distriktskontor 06040 <http://www.mattilsynet.no>

Landbruks- og matdepartementet, Postboks 8007 Dep. 0030 Oslo Tlf. 22 24 90 90  
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd>

European commission, Directorate-General Environment  
<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/sludge/index.htm>

**Utgiver av faktaarket:**

Norsk Vann (tidligere NORVAR), Vangsvegen. 143, 2317 Hamar  
Tlf: 62 55 30 30. Faks: 62 55 30 31

E-post: [post@norskvann.no](mailto:post@norskvann.no). Hjemmesider: [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)