

Organiske miljøgifter i avløpsvann og slam – en introduksjon

Av Henning Mohn

Henning Mohn er forsker ved NIVA, Norsk Institutt for Vannforskning, Oslo.

Sammendrag

Det er i den senere tid stadig hyppigere blitt påvist innhold av en rekke organiske miljøgifter i slam og innløpsvann til norske renselanlegg. De målte konsentrasjonene er i flere tilfeller på samme nivå som funn i danske og svenske tilsvarende undersøkelser, som har resultert i omfattende undersøkelser og tiltak i disse landene /bl.a. 1, 2/. Det antas at spredningen av disse miljøgiftene kan påvirke akvatisk liv i resipientene og kanskje også terrestrisk liv via slam. På denne bakgrunn er det nødvendig med ny kunnskap om risikoen som disse miljøgiftene kan innebære, teknikker for å fjerne stoffene fra avløpsstrømmene, og styrket satsning mot kildene til disse stoffene. Dette kan best oppnås gjennom et bredt samarbeide mellom involverte fagfolk, bransje-organisasjoner, anleggseiere, jordbruksinteresser og de regulerende myndigheter.

Title:

Organic micropollutants in wastewater and sludge – an introduction.

Abstract

During the recent years several organic micropollutants have been detected in the wastewater and sludge from Norwe-

gian wastewater treatment plants. The detected concentrations correspond to levels found in similar Danish and Swedish investigations, which has led to numerous investigative actions in these countries /e.g. 1, 2/. The spread of these compounds is assumed to influence on aquatic life in the recipients, and perhaps also to terrestrial life via the distribution of sludge. On the basis of these recent findings, it is necessary to develop new knowledge about the potential risk associated with the organic micropollutants, technology to remove these compounds from the wastewater and sludge, and to focus more on the sources of the compounds. To succeed with this, co-operation between the professionals involved, industry, treatment plant owners, agriculture and the authorities is required.

Bakgrunn

Det er i det siste blitt gjennomført en kartlegging av innholdet av organiske miljøgifter i avløpsvann fra husholdninger og småindustri /3, 4/. Tidligere er innholdet av disse stoffene i norsk slam blitt undersøkt /5, 6/. Funnene kan i flere tilfeller virke overraskende høye. Norges Bondelag har svart med å anbefale bønder å kreve dokumentasjon på inn-

holdet av organiske miljøgifter før mot- tak av slam som skal ut på jordene. Dette er i samsvar med bøndenes reaksjon i Danmark på tilsvarende funn for noen år siden.

På bakgrunn av funnene av organiske miljøgifter i renseanleggenes innløps- vann og slam, er det i dag et behov for å avdekke hvor stort problem dette egent- lig representerer i helse- og miljø- sammenheng.

Et annen side av saken er en gryende mistanke om at akvatisk liv i resipienter som mottar behandlet avløpsvann kan bli påvirket av stoffer fra avløpet, med mulige konsekvenser som forstyrrelser i hormonbalansen og negative effekter på adferd og reproduksjon på noe sikt. Vi- dere er flere av de organiske miljøgif- tene også bioakkumulerbare og kan der- med bli akutt toksiske for høyerestående individer. For de ulike norske rense- teknikkene er det på denne bakgrunn også et behov for å avklare i hvilken grad de ulike organiske miljøgiftene følger utløpsvannet ut i resipient og i hvilken grad de går i slammet.

Slam inneholder samtidig en meget betydelig mengde verdifulle nærings- stoffer. Det bør arbeides hardt for å finne en varig løsning for slamdisponering som gir nyttiggjøring av slammets nær- ingsstoffer til jordbruksformål, uten at det skapes problemer pga. et eventuelt innhold av miljøgifter i slammet.

Har det oppstått et nytt problem?

I moderne husholdninger bruker hver enkelt av oss en rekke kjemiske stoffer i våre daglige gjøremål, og det finnes et

stort antall kjemisk baserte produkter i våre nærmeste omgivelser både på arbeid og i hjemmet. Disse produktene er bygd opp av en eller flere kjemiske forbindel- ser, hver med sine egne karakteristiske egenskaper. Felles for svært mange av disse stoffene er at de i stor grad havner i avløpsvannet i løpet av vaskeprosesser, ulike væskebaserte produksjonspro- sesser, samt ved uhell eller overlatt tøm- ming i sluk. Det er klare indikasjoner på at mye av spesialavfallet fra bl. a. norske husholdninger fremdeles ender opp i avløpsvannet /7/. På denne måten vil stoffene inngå i vannets kretsløp, og kan følgelig ende opp i vannmassene som mottar avløpsvann, eller skilles ut til avløpsslammet til jordbruket.

Denne artikkelen gir en oversikt over noen grunnleggende forhold tilknyttet de mest kritiske organiske kjemikaliene vi omgås med (olje og petroleumsproduk- ter omtales ikke her). Disse stoffene er sterkt uønskede i avløpssystemene ut fra en rekke hensyn, og de betegnes gjerne organiske miljøgifter. Mange av de or- ganiske miljøgiftene kan transporteres sammen med både flytende og faste medier, og de kan overføres fra en fase til en annen. I løpet av stoffenes livssy- klus vil mange av dem forekomme bl. a. i kloakkrenseanlegg, i resipient eller i stabilisert og hygienisert slam for bruk på dyrket mark.

I EU har det vært fokusert lenge på de organiske miljøfremmede stoffene i avløpssystemene, i særlig grad i Sveits, Danmark, Nederland og England. Funn av stoffene i behandlet avløpsvann er stedvis høye og hevdes å ha potensiale til å forårsake både toksiske effekter og

enkelte hormonforstyrrende effekter på det akvatiske liv /8, 9, 10/. I EU er det spesielt innen noen av de såkalte COST-prosjektene at organiske miljøgifter i VA-systemer har stått i fokus. Det finnes forøvrig ikke noe EU-regulativ som setter grenser for innhold av organiske miljøgifter i avløpsslam og behandlet avløpsvann. Danmark, Sverige og Tyskland har imidlertid satt grenseverdier for innhold av utvalgte organiske miljøgifter i egne nasjonale regelverk for avløpsslam som skal brukes til jordbruksformål. For slam og gjødselvarer har Norge grenseverdier for innhold av tungmetaller, men ingen klare grenser for innhold av organiske miljøgifter.

En avgjørende forskjell mellom tidligere miljøtrusler og trusselen fra miljøgiftene, er tidsperspektivet før miljøeffekter oppdages. Det antas at en miljørespons på miljøgifter kan ligge mye lengre fram i tid og ha en ukjent karakter, sammenliknet med en f.eks. en eutrofirespons på et overgjødslingstilfelle. Dette gir behov for videre undersøkelser og ny viten.

Kunnskap og vurderingsevne

Tilstedeværelsen av organiske miljøgifter i vann og slam kan gi mangeartede negative følger for akvatisk og terrestrisk miljø. Disse stoffene kan også influere på human helse på kort eller lang sikt. Et avgjørende mål for fagfolk bør være å fremskaffe objektiv kunnskap om de organiske miljøgiftene og deres effekter på deres opptredende miljøer.

Gjennom sikker informasjon til

problemeiere og eventuelt også befolkningen generelt kan en skille de forhold som virkelig har en helse- eller miljømessig risiko fra forhold der det ikke er grunn til bekymring. Dermed kan tiltak settes inn der det er hensiktsmessig, mens en kan avkrefte spekulasjon tilknyttet forhold uten helse eller miljørisiko. Slik informasjon bør distribueres vidt for å redusere usikkerheten og øke bevisstheten i befolkningen generelt, og i vann- og avløpsbransjen og hos myndighetene spesielt. På denne måten kan det strammes til overfor de dokumenterbare skadelige stoffene og produktene, og la de øvrige gå fri.

Til tross for at vi stadig får sterkere og bredere dokumentasjon på at ulike organismer blir negativt påvirket av de organiske miljøgiftene, er det langt fram til man har full oversikt over både kort-siktige og langsiktige risiki tilknyttet tilstedeværelsen av hvert enkelt stoff i de systemer og miljøer hvor de forekommer. Det er meget stor kompleksitet knyttet til systemene hvor stoffene opptrer og til forholdene rundt disse. Generelt kan det sies at ulike spesialiserte yrkesgrupper sitter inne med detaljert kunnskap på hver sitt segment av den totale forståelse. For å oppnå en helhetlig oppfatning av de systemene som stoffene representerer, er et inngående samarbeide på tvers av profesjonsgrensene helt avgjørende og nødvendig.

For å kunne belyse hvilken risiko som de ulike organiske miljøgiftene kan utgjøre i vårt miljø, er det avgjørende at VA-bransjen og de bestemmende myndigheter har en grunnleggende forståelse for hvordan disse organiske stoffene opp-

trer, transporteres, overføres mellom faser og eventuelt nedbrytes biologisk.

Dette kan angå mange

Avløpssystemene våre samler, transporter, konsentrerer og omdanner miljøgifter, før stoffene kan bli spredt til resipient via utløpsvannet eller til jordbrukssektoren via slamfasen. I vann- og avløpsbransjen vil det derfor være hensiktsmessig å skape en større generell forståelse for de organiske miljøgiftene, slik at vi kan beskrive risikoen som stoffene eventuelt representerer. På denne måten kan uvissheten tilknyttet miljøgiftene reduseres, og mulighetene for å kunne levere et høykvalitets slam og et problemfritt behandlet utløpsvann økes. I enkelte tilfeller kan det vel også tenkes at enkelte miljøgifter i et avløpsvann kan kunne utsette driftsoperatører for helse risiko gjennom langvarig eksponering via luften inne på anlegget.

Det er sannsynlig at befolkningen i framtiden vil stille stadig strengere krav til hvordan maten vi spiser er produsert og hvor råvarene kommer fra. Dette følger forøvrig utviklingen både i deler av EU og i Nord-Amerika. Miljøgiftdebatten bør sees i lys av dette, og det kan bli vanskelig å unngå å måtte oppgi opplysninger vedrørende miljøgifter i stoffer som har vært i kontakt med matvarer. Dette vil også kunne ramme slam benyttet til jordbruksformål. For å unngå mistolkning av denne informasjonen, er det nødvendig å fremskaffe ytterligere informasjon som kan beskrive i hvilken grad miljøgifter kan overføres fra slam til matvarer. Produktanalyser og risiko-

vurderinger av avløpsslam kan komme ytterligere på dagsorden.

Karakteristiske trekk for organiske miljøgifter

SFT definerer miljøgifter som stoffer med en akutt eller kronisk giftighet for miljøet i lave konsentrasjoner, og som kan konsentreres i næringskjeder eller har en spesielt lav nedbrytbarhet. Mens denne definisjonen dekker alle typer miljøgifter, omhandler denne artikkelen bare den delen av miljøgiftene som strukturelt sett er entydig bygget opp på et karbonskjelett, nemlig de organiske miljøgiftene. Stoffenes effekt på naturlig liv er avhengig både av fysisk-kjemiske egenskaper knyttet til selve stoffet, og av forhold assosiert med den mottakende organisme og dens omliggende miljø.

De organiske stoffene som gjerne er mest kritiske for kvaliteten av avløpslammet, er grovt sett karakterisert ved lav flyktighet (lavt damptrykk) og moderat til lav vannløselighet med tilhørende høy affinitet for lipider og den partikulære fase (karakterisert ved høy oktanol-vann-fordelingskoeffisient, K_{ow} eller herfra avledede fordelingskoeffisienter). Videre er mange av stoffene store molekyler med uvanlige bindinger innad, og har substituenten som er uvanlige for naturskapte forbindelser. Stoffene er gjerne bygget opp rundt en eller flere bensen-ringer som gir en meget stabil kjemisk struktur. Forhold tilknyttet bionedbrytelighet er sterkt avhengig både av miljøet der stoffene opptrer og av stoffet selv. I overveiende grad er stoffene nylig skapt av mennesket, de kan dermed være fremmede for natur-

lige populasjoner av mikroorganismer og større organismers celler. Alle disse forhold er bestemmende for i hvilken grad stoffene kan brytes ned, nedbrytningshastigheter, metabolitter som dannes og hvilken nedbrytningsmekanisme som dominerer. Et eksempel på et nedbrytningsforløp basert på reduktiv dehalogenering er presentert i /11/.

For mange organiske stoffer finnes det tilstrekkelig dokumentasjon for å beskrive effekter på organismer nøyaktig, mens i andre tilfeller må en foreløpig ta forbehold når effekter beskrives. Noen stoffer har en akutt giftig virkning, andre kan f. eks. gi kreftutvikling etter langvarig eksponering. Noen stoffer virker mutagene, andre kan virke forstyrrende på hormonproduksjon og hormonspons. Felles for disse effektene er at de kan være svært alvorlige for arter eller hele miljøer som er gjensidig avhengige av hverandre. EU har nylig utarbeidet et gjennomgående verktøy for å foreta risikovurderinger for kjemiske stoffer både mhp human helse og miljørisiko som også benyttes i Norge /12/. Likevel gjenstår det fremdeles mye forskning for å kunne beskrive alle typer effekter i detalj, for derigjennom å kunne redusere usikkerheten knyttet til risikovurderingene.

Overvåkning og analyse

Hvilke stoffer som føres inn til et avløpsvannrensaneanlegg er avhengig av hvilke typer institusjoner og bedrifter som er tilknyttet avløpsnett, grad av overvanntilførsel samt andel av husholdninger. Et analyseprogram for organiske miljøgifter i avløpssystemene må derfor

tilpasses lokale forhold mhp. tilknytning og utslipp til nettet. Nylig er det vist at også vanlige norske husholdninger, i tillegg til utvalgte grupper av småindustri, gir et vesentlig bidrag av organiske miljøgifter til avløpsnett /3, 4/. For en gjennomgang av en oppdatert status på miljøgifter og overvåkning i Norge, vises det til /13/.

Av organiske miljøgifter som det kan være aktuelt å undersøke innholdet av i slam fra norske rensaneanlegg kan nevnes PAH, PCB, ftalater (i særlig grad BBP, DBP, DEHP), nonylfenoler, samt klorbensener og polyklorerte dibenso-dioksiner og -furaner /3, 4, 5, 13, 14/. Enkelte detergenter deriblant lineære alkylbensensulfonater (LAS) kan også utgjøre et problem i slam, både gjennom en direkte effekt og gjennom en sekundær effekt da detergenter har et potensiale til å øke vannløseligheten til andre stoffer i slammet og dermed også deres mobilitet. SFT har bestemt at nonylfenoletoksilat-produktene skal fases ut av bruk innen år 2000, og det er mye som tyder på at bruken er på vei ned. Stoffene har imidlertid inngått i en rekke nonioniske detegentprodukter bla. innen motorvaskprodukter, en total utfasing kan derfor ta noe lengre tid enn planlagt.

Skal forekomster av organiske miljøgifter i ubehandlet og behandlet avløpsvann kartlegges, må analyseprogrammet også her vurderes fra sak til sak. Det kan være hensiktsmessig å undersøke for de mest vannløselige av de ovennevnte stoffene, med mulig tillegg av fenol, kreosoler, bisfenol-A og MTBE. Av "nye" stoffer som også kan bli aktuelle å over-

Eksempler på funn av karakteristiske stoffer i Norge

Stoff	Vanlig kilde	Funn i innløp, rensanlegg	Funn i slam fra rensanlegg
PAH-forbindelser	Tyngre oljer, sot fra forbrenning, asfalt, tjære	5,8µg/l /4/	2,8 mg/kgTS /4/ 0,7-30 mg/kgTS /5/
PCB-forbindelser	Gammelt el-materiell, gamle fugemasser, div. "gamle synder".	<0,01 µg/l /4/	30 µg /kgTS /4/ 17-100 µg/kgTS /5/
Ftalater (mykgjørere)	Mykgjører i plast, gulvbelegg, fugemasse, sparkel, farger, maling, lim, div bindemidler, bilpleieprodukter.	DEHP: 31 µg/l /4/ DEHP: 6,3-25 µg/l /14/ BBP: 1,3 µg/l /4/ BBP: 0,26-0,58 µg/l /14/ DBP: 5,3 µg/l /4/ DBP: 0,12-0,83 µg/l /14/	DEHP: 27-590 mg/kgTS /6/ DEHP: <1-140 mg/kgTS /5/ DEHP: 140-270 mg/kgTS /16/ DEHP: 49 mg/kgTS /4/ DBP: 8,9 mg/kgTS /6/ DBP: 18 mg/kgTS /4/ BBP: 0,6-23 mg/kgTS /6/
Alkylfenoler og alkylfenol- -etoksilater*	Nonionisk detergent. Motorvaskprodukter, maling, lakk, bilpleieprodukter, kosmetikk	18 µg/l /4/	25-1600 mg/kgTS /6/ 22-650 mg/kgTS /5/ 50-260 mg/kgTS /16/
LAS, lineære alkylbensensulfonater	Anionisk detergent. Vaske- og rengjøringsmidler	1270 µg/l /4/	2430 mg/kgTS /4/
Fenol, kresoler, xyenoler	Kjemisk industri, treforedlingsindustri, kosmetikkprodukter		Kresoler: 0,9-260 mg/kgTS /6/
Klorerte fenoler	Lær, treimpregnering, "gamle synder"		Danmark: 20-160 µg/kgTS /1/
Dioxiner	Dannes ved ufullstendig forbrenning av organoklorforbindelser		3,0-69 TE ng/kgTS /5/
TBT	Bunnstoff, utvendig maling		< 5 µg/kgTS /14/

*: Rapporterte verdier er for nonylfenol + nonylfenolmonoetoksilat + nonylfenoldietoksilat

våke nærmere er bla. toksafener, bromerte flammehemmere samt polyklorerte parafiner og polyklorerte difenyletere / 13, 15/.

Utenlandske erfaringsdata vedrørende

transport og omsetning av organiske miljøgifter i biologiske rensanlegg kan ikke direkte overføres til norske rensanlegg som i stor grad er basert på rensing ved kjemisk felling, til forskjell fra

utlandet der det gjennomgående er biologiske renseprinsipper som råder. I Norge er det vanlig å ha et høyt innhold av rest-fellingskjemikalier i slammet. På denne bakgrunn bør det iverksettes egne norske undersøkelser for å avdekke hvordan selve kjemisk fellings prosessene påvirker de ulike organiske miljøgiftene. Videre bør det undersøkes om det er forskjell i hvordan disse miljøgiftene oppfører seg i et slam med restkjemikalier og i et biologisk slam.

Selve analysene for de organiske miljøgiftene i medier (matriser) som avløpsvann og slam er meget krevende. Det er et begrenset antall laboratorier i Skandinavia som er fullt oppdatert på analysemetodikken for alle de stoffene som er aktuelle, og en kan ikke regne med at alle metodene som tilbys er akkrediterte for den aktuelle prøvematrikse. Analysene krever både avansert utstyr og spesiell kompetanse, følgelig kan analysene oppleves kostbare for kundene. For å kunne vurdere laboratorienes analysekvalitet, er dokumenterbarhet for hvert enkelt stoff i den aktuelle prøvetypen helt avgjørende. Brukerne bør forta en nøye vurderinger av referanseanalyser, gjenfinningstester, reproducerbarhet og laboratoriets generelle omdømme. Det er viktig å merke seg at analysemetoder som fungerer utmerket for reint vann sjelden kan overføres direkte til avløpsvann og slam.

Hva nå?

For å redusere innholdet av organiske miljøgifter i avløpsvann og slam, må to ulike kategorier virkemidler utnyttes. Først og fremst bør en prøve å ta ondet

ved roten, dvs. å eliminere kildene til disse stoffene. Dette har vært myndighetenes linje i flere år, og positive resultater er oppnådd. Det påvises imidlertid fremdeles betydelige nivåer av organiske miljøgifter i vårt avløpsvann og slam. Årsakene til dette kan ligge i en kombinasjon av likgyldighet mhp. disponering av spesialavfall, generell uvitenhet om stoffer i våre daglige produkter, tilsig av stoffer fra forurenset overvann samt avsmittning/utvasking av stoffer fra gulvbelegg, maling, vaskemidler og sot fra forbrenning.

En annet, komplementært virkemiddel er rensing av avløpsvann og slam for organiske miljøgifter. Dagens renseanlegg er bygget for fjerning av partikler, organisk stoff og næringssalter, ikke miljøgifter. Noe av miljøgiftinnholdet fjernes imidlertid sammen med partiklene som taes ut fra vannet, men det finnes imidlertid ingen enkel metode fullstendig behandling av miljøgifter i så sammensatte medier som avløpsvann og slam er. Dagens teknologi fungerer for rensing av utvalgte miljøgifter i spesielle typer vann og slam, men om en ønsker å fjerne alle miljøgiftene fra avløp og slam må det satses kraftig på videre forskning og utvikling. Aktuelle renseprinsipper kan være kjemisk oksidasjon, biokjemisk oksidasjon, biologisk anaerob dehalogenering, membranfiltering, bestråling, eller en kombinasjon av disse.

Det er myndighetenes ansvar å sette vilkår for hva en kan tillate av forurensning, og det er i stor grad også myndighetene som setter rammene for FoU. Selv om miljøgifter har vært et priori-

tert område for nasjonal og regional forvaltning i flere år, kan det synes som om det fremdeles er viktige uløste oppgaver knyttet til miljøfremmede stoffer i avløpsnettene og slammet vårt. Vi hilser derfor initiativet som er varslet i vedrørende en kraftig satsning på helse- og miljøfarlige kjemikalier meget velkommen.

Referanser

- /1/: Grüttner, H., *et. al.*: "Miljøfremmede stoffer i spildevand og slam – massestrømsanalyser for renseanlegg". Rapport fra Miljø- og Energiministeriet Miljøstyrelsen, Miljøprosjekt nr. 325, 1996.
- /2/: Olsson, P.-E., *et. al.*: "Endocrine disrupting substances – Impairment of reproduction and development". Rapport fra Naturvårdsverket nr. 4859, 1998.
- /3/: Nesgård, B. S. *et. al.*: "Kilder til organiske miljøgifter i kommunalt avløpsvann – Bidrag fra småindustri". SFT rapport 98:22, TA-1589, 1998.
- /4/: Nesgård, B. S. *et. al.*: "Kilder til organiske miljøgifter i kommunalt avløpsvann – Bidrag fra husholdninger". SFT rapport 98:23, TA-1590, 1998.
- /5/: Paulsrud, B. *et. al.*: "Organiske miljøgifter i avløpsvann". SFT rapport 97:25, TA-1472, 1997.
- /6/: Blom, H.: "Næringstoffer og miljøgifter i slam fra norske avløpsrenseanlegg" SFT-rapport 93:26, TA-1011, 1993.
- /7/: Personlig meddelelse, NORSAS 1999.
- /8/: Harries, J. E. *et al.*: "Estrogenic activity in five United Kingdom rivers detected by measurement of vitellogenesis in caged rainbow trout". *Environ.Toxicol.Chem.* 16:534-542, 1997.
- /9/: Sekela, M., *et al.*: "Occurrence of an environmental estrogen (4-nonylphenol) in sewage treatment plant effluent and the aquatic receiving environment". *Wat. Sci. Tech.* Vol. 39, No. 10-11, pp. 217-220, 1999.
- /10/: Jobling, S., *et al.*: "Inhibition of testicular growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to estrogenic alkylphenolic chemicals". *Env. Tox. and Chem.*, Vol. 15, No. 2. pp. 194-202, 1996.
- /11/: Mohn, H., *et al.*: "Effects of electron donors on degradation of pentachlorophenol in a methanogenic fluidized bed reactor". *Env. Technol.*, Vol. 20. pp. 909-920, 1999.
- /12/: EU-kommisjonen: "Technical guidance documents in support of The commission directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and The commission regulation (EC) 1488/94 on risk assessment for existing substances", 1996
- /13/: Knutzen, J. "Blir formålene ved miljøgiftovervåkingen oppfylt?", VANN nr. 4 1998
- /14/: Braaten, B. *et. al.*: "Occurrence of ftalates and organotins in sediments and water in Norway". NIVA-rapport O-96006, serienr. 3552-96, 1996.
- /15/: United States Environmental Protection Agency, Office of Water: "Toxaphene update: Impact on Fish Advisories", EPA-823-F-99-018, 1999.
- /16/: VEAS 1996: Årsrapport 1995.