

Boligområdets afledning af tungmetal - en analyse af tungmetallindholdet i slammet fra 8 renselanlæg uden væsentlig industribelastning

Opsporing af specifikke tungmetalkilder (typisk visse industrier) i et renselanlægs opland og fortløbende kontrol med om der foregår ikke-tilladte udledninger tager ofte afsæt i det niveau af tungmetaller, man finder i et givet renselanlæg. Det er derfor vigtigt, at man har et kvalificeret skøn over hvor meget tungmetal, der tilledes med almindeligt husholdningsspildevand.

UFFE RASMUSSEN

Husholdningers tungmetalbelastning af renselanlæg er beregnet ud fra i alt 128 slamanalyser på 8 middelstore renselanlæg uden væsentlig industribelastning i Århus Kommune. Metoden er i princippet simpel ved at man kan 1) opgøre slamtørstofproduktionen på anlæggene, 2) multiplicere med de målte tungmetalkoncentrationer i slammet, og 3) dividere med antallet af beboere i oplandet.

Sammenfatning af resultater

Analyserne af tungmetal i slam fra 8 middelstore renselanlæg uden væsentlig industribelastning i Århus Kommune fremgår af tabel 1.

I praksis er oplandene dog ikke helt fri fra industri og service, og der kan være usikkerheder omkring driftsdata og nøjagtigheden af tungmetalanalyser. Men resultaterne viser, at spredningen mellem de opgjorte værdier for de enkelte renselanlæg ikke er voldsomme. Man kan ud fra befolkningen i oplandene stipulere tungmetalbelastningen fra en person i et boligområde, se tabel 2.

Det ses, at den beregnede nikkeltillægning er mere end dobbelt så stor som den beregnede kromtillægning, selvom koncentrationen i slammet er omtrent lige store. Dette skyldes primært antagelsen om at kun 42 % af nikkeltillægningen tilbageholdes i slammen, mens tilbageholdelsesgraden af krom antages at være 75 %.

Til sammenligning er Miljøstyrelsens anvendte værdier for udledning fra spredt bebyggelse medtaget, og det ses at nærværende undersøgelse estimerer en noget større

kobberniveauerne i slammet meget svingende fra gang til gang.

Renselanlæggene og oplandene

Århus Kommune har 8 mellemstørrelse renselanlæg med 4-10.000 PE kapacitet, der rensrer spildevand fra mindre bysamfund i Århus Kommune. Med de mange drifts- og analysedata der opsamles på anlæggene, har Miljøkontoret dermed et solidt grundlag til at opstille nøgletal for, hvor meget tillægning man kan forvente fra småbyer/boligområder.

Fælles for anlæggene er, at de er recirkulationsanlæg og har avanceret rensning med følgende trin: Mekanisk, biologisk, nitrifikation, denitrifikation, kemisk fældning og sandfilter. Der foregår ingen slambehandling på anlæggene (bortset fra et anlæg, der forafvander slammet) førend det bliver transporteret til

Afvandet slam fyldes i containere. Foto: Uffe Rasmussen.

tillægning af kobber, zink og nikkel end de af Miljøstyrelsen anvendte værdier for spredt bebyggelse. Det kan ikke udelukkes, at en vis del af kobber stammer fra lejlighedsvis forurening fra fældnings-kemikalier – selvom leverandører normalt opgiver meget lille forurening med tungmetaller. I hvert fald er



Tabel 1. Tungmetalkoncentration i ubelastet spildevandsslam.

		Cadmium	Kviksølv	Nikkel	Krom	Bly	Zink	Kobber
Tungmetal i slam	middellindhold mg/kg TS	0,9	0,6	21	17	33	670	380
Spredning	% af middellindhold	31%	32%	23%	25%	31%	24%	38

Tabel 2. Tungmetalbelastning fra boligområder.

		Cadmium	Kviksølv	Nikkel	Krom	Bly	Zink	Kobber
Fanget i slam	g/år*pers	0,026	0,017	0,60	0,49	0,91	19	10
Tilledt	g/år*pers mg/d*pers	0,032 0,09	0,022 0,06	1,4 3,9	0,7 1,8	1 2,8	28 78	11 30
MST 2005 /8/	mg/d*pers	0,09	0,06	2,5	2,3	3,1	59	15

rådnetanke på et af kommunens større anlæg. Trankær renseanlæg er bygget 1980, mens resten af anlæggene er bygget i slutningen af 1980'erne og starten af 1990'erne.

Anlæggene renser spildevand fra små landsbyer eller stationsbyer, der med parcelhusvæksten siden 1960'erne er blevet domineret af boligområder. I byerne er der typisk skoler, dagligvarebutikker, liberale erhverv og kun en smule serviceerhverv som fx autoværksteder, håndværkere og handelsvirksomheder i de gamle bydele. Enkelte af oplandene rummer små, egentlige erhvervsområder, dog uden "spildevandstung" industri.

Der er en netto udpendling fra småbyerne til Århus City. Brutto udpendlingen fra nabokommunerne til Århus Kommune var i 2002 ca. 20 % af disse kommuners befolkningstal, og da de valgte småbyer ligger i periferien af Århus Kommune – tæt ved nabokommunerne – vil brutto udpendlingen fra småbyerne til City nok være på omtrent samme niveau. Indpendlingen til småbyerne er nok beskedent, så man må forvente at byerne rummer op mod 20 % færre personer i dagtimerne end i fritiden.

Oplandene er typisk fælleskloakeret i de gamle landsbykerner, men separeret i de nye boligområder. Tabel 3 viser nogle karakteristiske data for anlæggene og kloakoplandet.

Kloaknettets tilstand skønnes generelt at være god, dog således at 10 % af ledningsstrækningerne skønnes at trænge til udskiftning.

Det er Miljøkontrollens vurdering, at den relativt begrænsede erhvervsaktivitet i byerne ikke giver tilledning af organiske stoffer eller tungmetaller til renseanlæggene, der er væsentlig i forhold til husholdningernes tilledning. I Trige renseanlægs opland, har der dog været en kilde til krom-udledning fra slibning af rustfrit stål. (Nikkel- og Kromanalyserne på Trige renseanlæg er derfor ikke medtaget i middelværdier og spredning alle analyserne). Årsagen til et forhøjet Cadmium-indhold i slammet fra Tilst renseanlæg har ikke kunnet identificeres.

Ved at kombinere kort over kloakoplandene med en plotning af folkeregisteradresser i 2001 og 2004 for kommunens beboere via GIS-værktøjet Map-Info, har det været muligt

med ret stor nøjagtighed at opgøre antal fysisk bosiddende personer i de forskellige kloakoplande, se tabel 4.

Slamproduktion

Overskudsslam fra anlæggene bortkøres via tankvogne til afvanding på Kommunens større renseanlæg. Produktionen af slamtørstof fra anlæggene beregnes ud fra målt tørstofindhold og mængden af bortkørt slam af driftsafdelingen for renseanlæg, se tabel 5.

Det ses, at der totalt set er (dog ikke i 2003) er god overensstemmelse mellem produktionen af slamtørstof pr person i anlæggene og så det nøgletal på 85 g TS/PE*døgn, som angives i "Slammets jordbrugsanvendelse i overblik" /2/.

I 2003 er den opgjorte slamtørstofmængde

faldet væsentligt på Beder, Malling, Mårslet, Solbjerg og Trankær renseanlæg uden at det kan forklares ved forhold i oplandene.

Opgørelsen af overskudsslamproduktion fra anlæggene er den faktor, der i denne undersøgelse er behæftet med størst usikkerhed, da en nøjagtig repræsentativ prøveudtagning af slammet ikke er sikret i den daglige drift. Dette giver usikkerhed på de anvendte værdier for tørstofindholdet.

Tungmetalanalyser

Siden 2001 har der på de små anlæg været foretaget analyser 4 gange pr år af tungmetallindholdet i slammet (se tabel 6).

De målte niveauer af tungmetal ligger langt under de grænseværdier, som nordeuropæiske lande anvender for slam, der skal udbringes til landbrugsjord, jf. tabel 7.

Tabel 3. Anlægs – og oplandsdata for 8 mellemstore renseanlæg i Århus Kommune.

	Dim PE	Kloakopland	Fælles kloakeret	Fælles kloakeret	Personer i kloakopland (2001)	Heraf i fælles kloakeret.	Personandel i fælleskloakeret område
	(BOD)	ha	ha	%	Antal	Antal	%
Beder	4.000	189	41	21%	4.240	608	14%
Harlev	6.000	192	134	70%	3.022	2312	77%
Malling	6.000	139	49	35%	3.174	888	28%
Mårslet	6.000	175	19	11%	3.384	375	11%
Solbjerg	6.000	152	12	8%	2.612	180	7%
Tilst	10.000	385	29	8%	7.397	520	7%
Trankær	10.000	342	0	0%	7.591	0	0%
Trige	5.000	134	24	18%	2.284	322	14%
Sum	53.000	1707	307	18%	33.704	5205	15%

Tabel 4. Personer i de forskellige kloakoplande.

(Antallet i 2002 og 2003 er interpoleret ud fra optalte personer i 2001 og 2004.)

	2001	2002	2003	2004
Beder	4.240	4.312	4.388	4.463
Harlev	3.022	3.219	3.436	3.660
Malling	3.174	3.222	3.272	3.322
Mårslet	3.384	3.465	3.550	3.635
Solbjerg	2.612	2.692	2.778	2.863
Tilst	7.397	7.644	7.906	8.170
Trankær	7.591	7.587	7.583	7.579
Trige	2.284	2.348	2.415	2.483
I alt	33.704	34.489	35.329	36.175

Tabel 5. Produktionen af overskudsslam i 8 anlæg for 2001-2004.

	2001	2002	2003	2004	2001	2002	2003	2004
	tons TS	tons TS	tons TS	tons TS	g TS/d*pers	g TS/d*pers	G TS/d*pers	g TS/d*pers
Beder	116	140	67	98	75	89	42	60
Harlev	88	109	119	136	79	93	95	101
Malling	89	88	63	75	77	75	53	62
Mårslet	103	106	71	75	84	84	55	57
Solbjerg	87	89	46	54	91	90	45	52
Tilst	252	243	259	378	93	87	90	127
Trankær	206	239	154	167	74	86	56	60
Trige	69	68	64	70	83	79	73	77
I alt	1.009	1.082	843	1.054	82	86	65	80

Tabel 6. Middelværdi af tungmetal af 16 analyser i hver af 8 ikke-industrielle anlæg.

2001-4	TS	Tot-N	Tot-P	Cadmium	Kviksølv	Nikkel	Krom	Bly	Zink	Kobber
	%	g/kg TS	g/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Beder	4,2	50	38	0,9	0,9	20	15	35	648	451
Harlev	4,3	52	32	0,9	0,5	21	19	39	794	189
Malling	4,1	52	40	1,1	0,6	19	17	32	679	491
Mårslet	3,8	50	36	0,9	0,6	22	17	31	666	520
Solbjerg	4,6	43	34	0,7	0,6	25	19	33	632	295
Tilst	3,5	53	35	1,4	0,7	25	22	38	773	275
Trankær	3,6	51	38	0,7	0,7	17	13	22	580	419
Trige	3,2	56	37	0,7	0,5	28	57	32	582	397
Alle	3,9	51	36	0,9	0,6	21	17	33	668	381

(Nikkel- og kromanalyser fra Trige renselanlæg er udeladt fra den samlede middelværdi, da der i perioden til dette anlæg har været en kortlagt udleder af slibestøv fra rustfrit stål).

Tabel 7. Grænseværdier i mg/kg TS for spildevandsslam til jordbrug.

Land	Cd	Hg	Ni	Cr	Pb	Cu	Zn
Danmark (ved 30 g P /kg TS)	0,8 (3)	0,8 (6)	30 (90)	100	120 (300)	1000	4000
Sverige 1998	2	2,5	50	100	100	600	800
Norge	2	3	50	150	80	1000	1500
Tyskland	10	8	200	900	500	100	2000

(For Danmark er der i praksis lempeligere grænser for Cd, Hg, Pb og Ni (i parentes), da man kan vælge en alternativ grænse målt i mg metal pr. kg fosfor).

Analysesikkerhed

Århus Kommune har i indtil midten af 2003 anvendt Jysk Miljølaboratorium, mens de sidste to analyser i 2003 på hvert anlæg har været udført af Eurofins og analyserne i 2004 er udført af Steins Laboratorium. Der har ikke været synlige spring i analyseresultaterne.

Spredningen – i procent af middelværdien – ses for de enkelte renselanlæg og for samtlige 128 analyser i tabel 8. Der ses en forbavsende ensartet spredning på omkring 20-40% af middelværdierne.

Mængden af tungmetal i slammet pr. person

De målte gennemsnitskoncentrationer af tungmetallerne kan multipliceres med overskudsslammængderne de pågældende år og divideres med antallet af personer i oplandet, hvorved man kan beregne "personbelastningen" med tungmetaller. Middelværdierne for fire år ses i tabel 9.

Udledning pr person i boligområder

Mange tungmetaller tilbageholdes relativt godt i slammet, se tabel 10.

Nærværende undersøgelse giver ikke mulighed for at vurdere tilbageholdelsesgraden. Hvis man antager, at tilbageholdelsesgraden af tungmetal i slam er den samme i Århus Kommunes anlæg som i "Punktkilder 2003", kan tilledningen fra personer i boligområder beregnes, se tabel 11.

Konklusion

Udledningen af tungmetal fra personer i boligområder i småbyer omkring Århus By er på samme niveau som Miljøstyrelsens beregninger /8/ – bortset fra metallerne nikkel, zink og kobber, hvor udledningen er indtil 100% større.

Tungmetalindholdet i slam fra anlæg, der ikke modtager metalholdigt industrispildevand – "belastningsgruppe 0" – er for metallerne cadmium, kviksølv og bly kun omkring 1/10 del af, hvad professor Hans Pauly målte i 1973 /9/ mens det for krom og zink er omkring halvdelen - og for nikkel og kobber på samme niveau som det af Pauly målte.

Table 8. Spredning i forhold til af middelværdi af 16 tungmetalanalyser i hver af 8 ikke-industribeastede renselanlæg i Århus Kommune.

2001-4	TS	Tot-N	Tot-P	Cadmium	Kviksølv	Nikkel	Krom	Bly	Zink	Kobber
Beder	24%	26%	16%	16%	24%	14%	17%	30%	17%	20%
Harlev	35%	22%	12%	12%	27%	19%	17%	14%	22%	18%
Malling	27%	24%	14%	19%	26%	21%	15%	19%	19%	22%
Mårslet	30%	27%	16%	22%	40%	20%	20%	20%	17%	22%
Solbjerg	32%	30%	16%	24%	21%	14%	18%	21%	19%	26%
Tilst	17%	15%	20%	23%	34%	23%	24%	27%	21%	18%
Trankær	31%	22%	11%	13%	16%	21%	17%	22%	21%	24%
Trige	23%	43%	29%	36%	24%	34%	100%	46%	30%	36%
Alle	31%	28%	19%	31%	32%	23%	25%	31%	24%	38%

(Nikkel- og kromanalyser fra Trige renselanlæg er udeladt fra beregningen af spredningen på alle 128 analyser, da der i perioden til dette anlæg har været en udleder af slibestøv fra rustfrit stål).

Table 9. Middelværdier af tilbageholdt tungmetal i slammet pr person i oplandet i 8 ikke-industribeastede renselanlæg i Århus Kommune.

Tungmetal i slam pr. person	Cadmium	Kviksølv	Nikkel	Krom	Bly	Zink	Kobber
2001-4	mg/år	mg/år	g/år	g/år	g/år	g/år	g/år
Beder	22	20	0,49	0,37	0,81	16	11
Harlev	31	17	0,72	0,63	1,31	27	6
Malling	25	14	0,45	0,41	0,76	16	12
Mårslet	24	14	0,57	0,43	0,77	17	13
Solbjerg	18	16	0,63	0,48	0,82	16	7
Tilst	49	24	0,90	0,80	1,38	28	10
Trankær	17	18	0,42	0,34	0,55	14	10
Trige	20	13	0,80	1,54	0,89	16	11
Alle	26	17	0,60	0,49	0,91	19	10

(Nikkel- og kromanalyser fra Trige renselanlæg er udeladt fra den samlede middelværdi, da der i perioden til dette anlæg har været en udleder af slibestøv fra rustfrit stål).



Overskudsslammet køres til behandling på Viby Renselanlæg. Foto: Uffe Rasmussen.

Tabel 10. Andel af tildelt tungmetal, der bliver tilbageholdt i slammet i renselanlæg.

Kilde	Anlæg/ rense- metode	Cd	Hg	Ni	Cr	Pb	Zn	Cu
Winter /3/	MBKND	40-60%			80-95%	80-95%	40-60%	80-95%
Stockholm /4/		79%	71%	90%	88%	90%	67%	82%
Grüttner 1996 /5/	Marselisborg	59%		54%	63%	95%	71%	92%
Grüttner 1994 /6/	3 anlæg	15-50%	25-90%	20-85%	>75%	>90%	60-90%	>90%
MST 2002 /7/		77%	66%	41%	80%	86%	60%	91%
MST 2003 /8/	15 anlæg	80%	75%	39%	70%	86%	61%	91%
MST 2005 /1/		82%	78%	42%	75%	88%	66%	92%

Tilbageholdelsesgraden i de sidste tre rækker er beregnet efter Punktkilderreporterne /7/,/8/,/1/ som forskellen mellem middelindløbs- og middeludløbs- i forhold til middelindløbskoncentrationer.

Tabel 11. Beregnet tilledning af tungmetal pr person til 8 ikke-industribelastede renselanlæg i Århus Kommune.

	Cadmium	Kviksølv	Nikkel	Krom	Bly	Zink	Kobber
2001-4	mg/år	mg/år	g/år	g/år	g/år	g/år	g/år
Beder	26	26	1,2	0,5	0,9	24	12
Harlev	38	22	1,7	0,8	1,5	41	7
Malling	31	18	1,1	0,5	0,9	25	13
Mårslet	29	18	1,4	0,6	0,9	26	14
Solbjerg	22	20	1,5	0,6	0,9	24	8
Tilst	60	31	2,1	1,1	1,6	42	11
Trankær	21	23	1,0	0,5	0,6	22	11
Trige	25	16	1,9	2,1	1,0	25	12
Alle	32	22	1,4	0,7	1,0	28	11

(Nikkel- og kromanalyser fra Trige renselanlæg er udeladt fra den samlede middelværdi, da der i perioden til dette anlæg har været en udleder af slibestøv fra rustfrit stål)

Den generelle indsats siden 1970'erne med udfase de farligste tungmetaller i samfundet bærer altså tydelig frugt.

REFERENCER:

- /1/ MST 2005: Punktkilder 2003 – revideret udgave. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2005, Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.

- /2/ Hansen, J. Aa. og Tjell J. C. 1981: Slammets jordbrugsanvendelse i overblik. Polytekniske Forlag.
- /3/ Winter, L. et. al. 1998: Spildevandsteknik. Polyteknisk Forlag
- /4/ Metaller i Stockholm 1998. Naturværdsverket.
- /5/ Grüttner H. et. al. 1996: Miljøfremmede stoffer i spildevand og slam. Miljøprojekt nr. 325.
- /6/ Grüttner H. og Jacobsen B. N 1994: Miljøfremmede stoffer i renselanlæg. Miljøprojekt nr. 278.
- /7/ MST 2002: Punktkilder 2001, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 7, 2002, Miljøstyrelsen, miljøministeriet.
- /8/ MST 2003: Punktkilder 2002, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 10, 2003, Miljøstyrelsen, miljøministeriet.
- /9/ Pauly, H. 1973 : Kommunalt spildevandsslamm (Notat), Mineralogisk Institut, Lyngby, marts 1973.

UFFE RASMUSSEN, Civilingeniør, Århus Kommune, Miljøkontoret

Gyllegrisen Øffe ...

synes, det er noget hø og hakkelse, at der stadig er så mange store problemer med naturen og miljøet i vores land. Han vil slet ikke kigge på de 10 hotte emner, hvor der stadig er problemer – se her:

- Der findes stadig sprøjtemidler i drikkevandet – i 6 % af borerne er grænseværdien overskredet
- Der er stadig iltsvind i de danske farvande, så udledningen af kvælstof skal reduceres yderligere
- Der anvendes ca. 15.000 kemiske stoffer i danske produkter, det er 3 gange så meget som i 1990
- Sædkvaliteten hos danske mænd er faldet med 50 % fra 1938-1990
- Miljøet påvirker fortsat vores helbred, så 2-6 % af alle sygdomme menes at være miljørelaterede
- Partikler fra trafikken – især dieselmotorer menes hvert år at være skyld i 3.400 dødsfald
- Udslippet er begyndt at stige, fordi danskerne skifter benzinbiler ud til dieselmotorer
- Antallet af personbiler er steget med næsten 20 % fra 1990-2003
- 750.000 boliger er udsat for støj over den fastsatte grænseværdi
- Danskernes forbrug generelt er steget 20 % fra 1990-2003



KILDE: DMU sept. 2005.