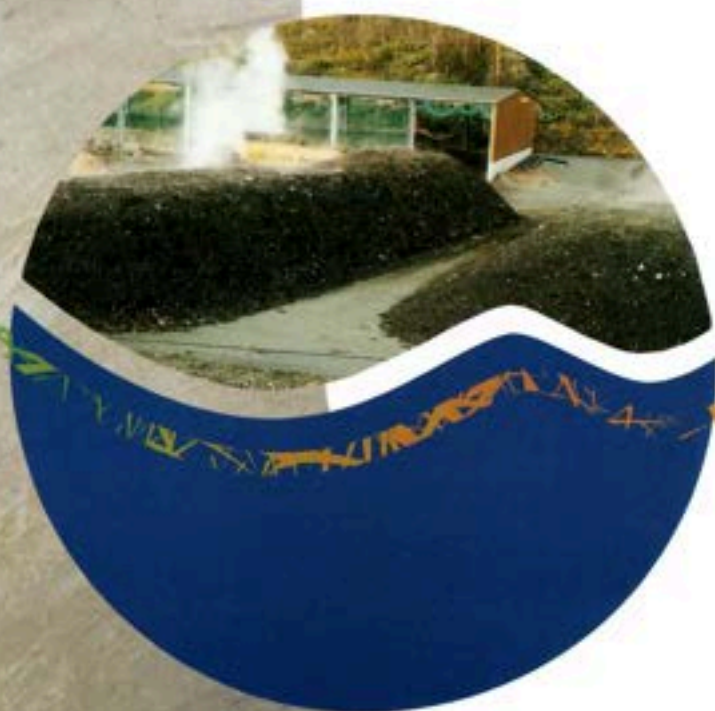


Kilder til forurensninger i kompost

Kunnskapsstatus

Carl Einar Amundsen, Henrik Lystad og Øistein Vethe

Jordforsk rapport nr. 69/02



RAPPORT

Titel:

Kilder til forurensninger i kompost. Kunnskapsstatus

Forfatter(e):

Carl Einar Amundsen, Henrik Lystad og Øistein Vethe

Dato: 19.november 2002	Tilgjengelighet: Åpen	Prosjekt nr.: 3506/14	Arkiv nr.:
Rapport nr.: 69/02	ISBN-nr.: 82-7467-434-0	Antall sider: 41	Antall vedlegg: 0

Oppdragsgiver:

Statens landbrukstilsyn

Kontaktperson(er):

Geir Smolan

Stikkord:

Kompost, forurensningskilder, tungmetaller, organiske forurensninger

Fagområde:

Biologisk avfallshåndtering

Sammendrag:

Målet med prosjektet har vært å anslå bakgrunnsnivået av tungmetaller og organiske forurensninger i bioavfallskompost (husholdningskompost) og hageavfallskompost (hage- og parkkompost). Videre har det vært et mål å påvise hvilke forurensninger som kan finnes i norsk kompost og hvordan kildesortering og behandling av organisk avfall kan påvirke innholdet av miljøgifter i kompost.

For å beregne bakgrunnsnivået av forurensninger i bioavfallskompost og hageavfallskompost dvs. innholdet som skyldes bioavfall, strukturmateriale og jord, ble data for innholdet av tungmetaller og organiske forurensninger i vegetabiliske og animalske næringsmidler, i strukturmateriale og jord brukt. For kompost med det antatt laveste bakgrunnsnivået av tungmetaller (bioavfallskompost med spon som strukturmateriale), viser beregninger at ca. 90% Cr, ca. 80-85% Pb, Zn, Cu og Ni og ca. 50-70% Cd og Hg i kompost har andre kilder enn organisk avfall og strukturmateriale. Bakgrunnsverdiene for tungmetaller i kompost kan variere med en faktor på 2-4. For Cd, Hg og Zn utgjør bakgrunnskonsentrasjonen i kompost 50-100% av kvalitetskravene til klasse 0, mens bakgrunnsnivået for Pb, Ni, Cu og Cr utgjør maksimum hhv. 30%, 24%, 46% og 13% av det tillatte innholdet i klasse 0.

Ved feilsortering kan de fleste av de miljøgiftene som finnes på miljømyndighetenes prioriterte kjemikalielister (A-, B- og OBS-listene) havne i komposten. En gjennomgang av disse listene indikerer at det i første rekke er Cr, Pb, Zn, Ni, Cu, ftalater, kortkjedete klorerte parafiner, bromerte flammehemmere og PAH-forbindelser som vil kunne forurense komposten gjennom ulike fremmedlegemer

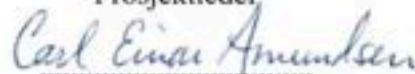
Organisk materiale under omdanning medfører lav pH og mye løste organiske syrer. Dette gir et korrosivt miljø som kan føre til utlekking av metaller (i første rekke Pb, Zn, Ni og Cr) under transport av avfall til komposteringsanlegget, i selve komposteringsprosessen (fra fremmedlegemer) og på utstyr som brukes ved vending av komposten.

Det anbefales å gjennomføre flere analyser av sortert organisk husholdningsavfall, strukturmateriale og ferdig kompost i Norge bl.a. for å dokumentere betydningen av sorteringsrutiner i husholdningene og ved komposteringsanleggene for innholdet av miljøgifter kan avdekkes. Analyser av strukturmateriale bør ta sikte på å dokumentere innholdet i ulike typer materiale og regionale forskjeller i disse. En sentral database for innholdet av forurensninger i kompost bør bygges opp i Norge.

Ansvarlig leder


Øistein Vethe

Prosjektleder


Carl Einar Amundsen

Innhold

Sammendrag	1
1. Innledning	2
1.1. Bakgrunn.....	2
1.2. Mål for prosjektet.....	2
1.3. Komposttyper.....	3
1.4. Oppbygging av rapporten	3
2. Innhold av tungmetaller og organiske forurensninger i kompost	4
2.1. Kvalitetsklasser for gjødselvarer av organisk opphav	4
2.2. Tungmetaller i norsk kompost	4
2.3. Utenlandsk undersøkelser av tungmetaller i kompost	5
2.4. Organiske forurensninger i norsk kompost.....	6
2.5. Utenlandske undersøkelser av organiske forurensninger i kompost	7
2.5.1. Ftalater	7
2.5.2. Klorerte parafiner.....	7
2.5.3. Pesticider.....	7
2.6. Nedbrytning av organiske forurensninger i komposteringsprosessen	9
3. Tungmetaller og organiske forurensninger i ulike næringsmidler.....	11
3.1. Tungmetaller.....	11
3.2. Organiske forurensninger.....	14
3.2.1. Klorerte forbindelser.....	14
3.2.2. Pesticider.....	15
4. Tungmetaller og organiske forurensninger i strukturmateriale	17
4.1. Tungmetaller.....	17
4.2. Organiske forurensninger.....	19
5. Tungmetaller og organiske forurensninger i jord	20
5.1. Tungmetaller i jord	20
5.2. Organiske forurensninger i norsk jord	21
6. Bakgrunnsnivå av tungmetaller og organiske forurensninger i kompost	23
6.1. Sammensetning av matavfall	23
6.2. Tungmetaller.....	23
6.2.1. Organiske forurensninger.....	25
7. Kilder til kontaminering av kompost	27
7.1. Sortering i husholdningene	27
7.1.1. Økt bakgrunnsnivå.....	27
7.1.2. Fremmedlegemer i kompost	27
7.1.3. Forurensninger i produkter	28
7.1.4. Sammendrag: forurensninger i produkter	33
7.2. Transport av avfall til komposteringsanlegget.....	35
7.3. Tilsatsmidler i komposteringsprosessen	35
7.4. Sortering og behandling ved komposteringsanlegget.....	36
7.4.1. Sortering ved komposteringsanlegget.....	36
7.4.2. Komposteringsprosessen	36
8. Oppsummerende vurdering.....	38
8.1. Naturlig bakgrunnsnivå i kompost.....	38
8.2. Miljøgifter i ulike komposttyper.....	38
8.3. Avfallsstrøm og miljøgifter i kompost.....	39
8.4. Oppfølgende undersøkelser	39
9. Referanser	40

Sammendrag

Målet med prosjektet har vært å anslå bakgrunnsnivået av tungmetaller og organiske forurensninger i bioavfallskompost (husholdningskompost) og hageavfallskompost (hage- og parkkompost). Videre har det vært et mål å påvise hvilke forurensninger som kan finnes i norsk compost og hvordan kildesortering og behandling av organisk avfall kan påvirke innholdet av miljøgifter i compost.

Innholdet av tungmetaller og organiske forurensninger i norsk og utenlandsk compost er presentert. Datagrunnlaget for norsk compost er for dårlig til å kunne vurdere hvordan bl.a. kildesortering, ulike typer strukturmateriale og ulike komposteringsprosesser påvirker innholdet av forurensninger i komposten.

For å beregne bakgrunnsnivået av forurensninger i bioavfallskompost og hageavfallskompost dvs. innholdet som skyldes bioavfall, strukturmateriale og jord, ble data for innholdet av tungmetaller og organiske forurensninger i vegetabiliske og animalske næringsmidler, i strukturmateriale og jord brukt. Følgende antagelser ble gjort ved beregningene: bioavfallet består av 70% vegetabilisk og 30% animalsk avfall, komposten består av 40% bioavfall og 60% strukturmateriale, mengden tørrstoff reduseres med 50% i komposteringsprosessen og hageavfallskompost består av 10% jord.

For compost med det antatt laveste bakgrunnsnivået av tungmetaller (bioavfallskompost med spon som strukturmateriale), viser beregninger at ca. 90% Cr, ca. 80-85% Pb, Zn, Cu og Ni og ca. 50-70% Cd og Hg i compost har andre kilder enn organisk avfall og strukturmateriale. Bakgrunnsverdiene for tungmetaller i compost kan variere med en faktor 2-4. For Cd, Hg og Zn utgjør bakgrunnskonsentrasjonen i compost 50-100% av kvalitetskravene til klasse 0, mens bakgrunnsnivået for Pb, Ni, Cu og Cr utgjør maksimum hhv. 30%, 24%, 46% og 13% av det tillatte innholdet i klasse 0.

Ved feilsortering kan de fleste av de miljøgiftene som finnes på miljømyndighetenes prioriterte kjemikalielister (A-, B- og OBS-listene) havne i komposten. En gjennomgang av disse listene indikerer at det i første rekke er Cr, Pb, Zn, Ni, Cu, ftalater, kortkjedete klorerte parafiner, bromerte flammehemmere og PAH-forbindelser som vil kunne forurense komposten gjennom ulike fremmedlegemer

Organisk materiale under omdanning medfører lav pH og mye løste organiske syrer. Dette gir et korrosivt miljø som kan føre til utlekking av metaller (i første rekke Pb, Zn, Ni og Cr). Korrosjon kan skje både under transport av avfall til komposteringsanlegget, i selve komposteringsprosessen (fra fremmedlegemer) og på utstyr som brukes ved vending av komposten. Utsortering av fremmedlegemer bør gjøres så tidlig som mulig i produksjonsprosessen av compost.

Det anbefales å gjennomføre flere analyser av sortert organisk husholdningsavfall, strukturmateriale og ferdig compost i Norge bl.a. for å dokumentere betydningen av sorteringsrutiner i husholdningene og ved komposteringsanleggene for innholdet av miljøgifter kan avdekkes. Analyser av strukturmateriale bør ta sikte på å dokumentere innholdet i ulike typer materiale og regionale forskjeller i disse. En sentral database for innholdet av forurensninger i compost bør bygges opp i Norge.

Utlekkingsforsøk fra fremmedlegemer av enkelte miljøgifter bør gjennomføres.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Det er gjennom undersøkelser i Norge og andre land vist at kompost av ulike typer inneholder både organiske og uorganiske forurensninger. Tungmetaller finnes i alt animalsk og vegetabilsk materiale som komposteres og de finnes i strukturmaterialet som brukes i komposteringsprosessene. Innholdet i dette materialet utgjør bakgrunnsnivået av metaller i komposten dvs. det nivået som naturlig vil finnes der. Innholdet i dette materialet vil påvirkes av atmosfærisk transport og deposisjon, innholdet av tungmetaller i jord, samt hvordan maten er produsert.

Atmosfærisk transport og deposisjon, samt bruk av plantevernmidler i produksjon av mat, gjør at de aller fleste typer kompost også vil innehold et naturlig bakgrunnsnivå av organiske forurensninger.

For bedre å kunne vurdere kvaliteten på ulike typer kompost er det viktig å vite mer om hva som er et naturlig eller forventet bakgrunnsnivå i komposten.

I tillegg til dette "naturlige forurensningsnivået", vil innholdet av tungmetaller og organiske forurensninger i komposten bli påvirket av en rekke andre prosesser. Eksempler på dette er feilsortering av husholdningsavfall hvor uønskede produkter havner i den komposterbare fraksjonen ("fremmedlegemer"), transport av avfall til komposteringsanlegget og sortering ved komposteringsanlegget eller under selve komposteringen. Høy mikrobiologisk aktivitet og nedbrytning av organisk materiale i behandlingsprosessen fører til nedbrytning av mange organiske forurensninger og til en oppkonsentrering av tungmetallinnholdet.

I arbeidet for å forbedre kvaliteten på kompost, vil det være nyttig å ha en bedre oversikt over hvilke forurensninger som tilføres komposten i ulike stadier av produksjonsprosessen.

1.2. Mål for prosjektet

Følgende mål ble definert for prosjektet:

- Bestemme hva som er et naturlig bakgrunnsnivå for tungmetaller og organiske forurensninger i ulike typer kompost
- Vise hvilke og hvilket innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter som kan forventes i ulike komposttyper
- Vise hvilke forurensninger som kan finnes i norsk kompost
- Anslå hvordan den norske avfallsstrømmen påvirker innholdet av tungmetaller og organiske miljøgifter i kompost
- Foreslå strategier for hvordan innholdet av tungmetaller og organiske forurensninger kan reduseres i kompost

1.3. Komposttyper

Avfallsstrømmene for ulike typer kompost er forskjellig og det finnes derfor ulike komposttyper på markedet (tabell 1). Komposten består i utgangspunktet vanligvis av to hovedkomponenter: strukturmaterialet og materialet som skal komposteres.

Tabell 1: Aktuelle komposttyper som finnes på markedet i dag.

Komposttype	Strukturmateriale	Dominerende avfallstype
Bioavfallskompost (husholdningskompost)	Bark, flis, hageavfall med mer	Matavfall fra husholdninger Hageavfall fra husholdninger Div. biologisk nedbrytbart næringsavfall som inngår i kommunalt avfall
Hageavfallskompost (hage- og parkkompost)		Hageavfall fra husholdninger, parker, veiskråninger med mer
Slamkompost (avløpsslam)	Bark, flis, hageavfall med mer	Forskjellige typer avvannet avløpsslam fra kommunale renseanlegg
Industrikompost (bioslam, biprodukter fra industri)	Bark, flis, hageavfall med mer	Monofraksjoner av biologisk nedbrytbart næringsavfall fra for eksempel treforedlingsvirksomhet, slakteri med mer

Denne rapporten befatter seg utelukkende med kompost som i utgangspunktet er laget av hageavfall og matavfall (hageavfallskompost og bioavfallskompost).

1.4. Oppbygging av rapporten

Den første delen av rapporten presenterer det en i dag vet om innholdet av tungmetaller og organiske forurensninger i norsk kompost.

Deretter presenteres en del data som er nødvendige for å kunne beregne bakgrunnsverdier i kompost dvs. innholdet av tungmetaller og organiske forurensninger i ulike næringsmidler, strukturmateriale og i jord.

I siste del av rapporten blir det diskutert hvilke faktorer som kan bidra til å øke forurensningen av en kompost utover det som finnes i det organiske avfallet og i strukturmaterialet. Innholdet av forurensninger i ulike fremmedlegemer blir diskutert på bakgrunn av rapportert innhold av miljøgifter i produkter. Videre blir mulig kontaminering av komposten i innsamlings- og behandlingsprosessen diskutert.

Grenseverdiene for tungmetaller og organiske miljøgifter er ikke diskutert i denne rapporten.

2. Innhold av tungmetaller og organiske forurensninger i kompost

2.1. Kvalitetsklasser for gjødselvarer av organisk opphav

Per i dag (november 2002) deles komposten ifølge gjødselvarerforskriften inn i tre kvalitetsklasser; I, II og III basert på innholdet av tungmetaller i komposten. I tillegg vil en kvalitetsklasse 0 sannsynligvis komme dersom forslaget til ny samordnet forskrift om gjødselvarer av organisk opphav vedtas.

Tabell 2: Grenseverdier for tillatt innhold av tungmetaller etter forslaget til ny samordnet forskrift. Enhet: mg/kg TS.

	0	I	II	III
Cd	0,4	0,8	2	5
Pb	40	60	80	200
Hg	0,2	0,6	3	5
Ni	20	30	50	80
Zn	150	400	800	1500
Cu	50	150	650	1000
Cr	50	60	100	150

Alle metaller og halv-metaller vil finnes i kompost. I denne rapporten har vi imidlertid konsentrert oss om de metallene som er regulert gjennom regler og forskrifter i de fleste land (tabell 2).

Det finnes per i dag ikke noe norsk regelverk som setter konkrete krav til innhold av organiske miljøgifter eller andre organiske forurensninger i kompost. I forslaget til ny samordnet forskrift heter det at "...den som produserer eller omsetter produkter etter denne forskrift skal vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å begrense og å forebygge at produktet inneholder organiske miljøgifter, plantevernmidler, antibiotika/kjemoterapeutika eller andre miljøfremmede organiske stoffer i mengder som kan medføre skade på helse eller miljø ved bruk". Konkrete grenseverdier eller veiledende verdier tilsvarende de som er etablert i Danmark, Sverige eller Tyskland er ikke laget for Norge.

2.2. Tungmetaller i norsk kompost

Det finnes enkelte undersøkelser av tungmetaller i norsk kompost (tabell 3).

Tabell 3: Innhold av tungmetaller (mg/kg TS) i norsk kompost av husholdningsavfall.

	Paulsrud <i>et al.</i> (1997) (n=9)		Landbruksstilsynet (1997)* (n=15)		Lystad (2002) (n=13)	
	Middel	Min- Maks	Middel	Min- Maks	Middel	Min- Maks
Cd	0,37	<0,30- 0,59	0,55	0,05- 1,33	0,62	0,17- 1,1
Pb	22,5	<5- 37	29	2,5- 66	25	10- 70
Hg	0,11	<0,050- 0,38	0,16	0,001- 0,85	0,19	0,08- 0,43
Ni	11	<2- 17	14	5- 24	9,2	1,4- 15
Zn	197	46- 320	237	13- 593	282	114- 787
Cu	52	24- 78	71	6- 275	66	23- 109
Cr	16	<5- 20	17	4- 47	22	5- 42

*Kompost basert på slakteriavfall (2), hageavfall (3), husholdningsavfall (4), treforedlingsavfall (3) og avløps slam (3). Referert i (Paulsrud *et al.*, 1997b).

Datamaterialet er for lite til å kunne gjøre fornuftige inndelinger basert på for eksempel kildesortering, type organisk materiale, komposteringsprosess og strukturmateriale. Dataene er imidlertid nyttige på flere måter. For det første viser dataene at det er store variasjoner i innholdet av tungmetaller i kompost. For det andre viser dataene at det først og fremst er Cd, Cu og Zn som gjør at kompost havner i kvalitetsklasse I og ikke klasse 0. For det tredje gir datamaterialet en indikasjon på at innholdet av tungmetaller i kompost ikke er vesentlig endret siden 1997. En sammenligning av dataene fra 1997 og 2002 (tabell 3) viser at det kun er konsentrasjonen av Ni som er redusert i denne perioden.

2.3. Utenlandsk undersøkelser av tungmetaller i kompost

Det er internasjonalt utført flere undersøkelser av kompostkvalitet. I Tyskland er det de siste ti årene utført omfattende analyser av kompostert husholdningsavfall. Dette materialet (tabell 4) viser at innholdet av alle tungmetaller bortsett fra kobber er redusert. Reduksjonen er på mellom 2 og 28 prosent, mens innholdet av Cu har økt med ca. 26% i perioden.

Tabell 4: Innhold av tungmetaller (mg/kg TS) i tysk kompost av sortert husholdningsavfall i perioden 1992-2002. Tallene er basert på gjennomsnittsverdier av fra 366 til 2823 kompostprøver (antallet varierer for ulike metaller). (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., 2002).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Cd	0,56	0,57	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49	0,47	0,48	0,42	0,43
Pb	59	59,1	55,1	51,3	52,1	53	49,6	47,5	47	42	42
Hg	0,15	0,16	0,17	0,15	0,15	0,15	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12
Ni	16	16,9	15	14,4	14,5	14,2	14,2	14	13,6	13,5	13,7
Zn	183	188	188,8	185	185	190	185	184	180	179	178
Cu	38	42	42	42,4	43,6	44,7	46	45,5	46,2	47,4	48
Cr	27	27	25	23	22,7	24	23,2	23,2	22,5	23	23

Sammenlignet med innholdet i kompost av norsk kildesortert avfall (tabell 3), sees at innholdet av Pb er høyere i tysk kompost, mens innholdet av Cd, Zn og Cu er noe høyere i norsk kompost (2002-data). Innholdet av Ni og Hg er omtrent den samme. Her må det understrekes at datamaterialet for norsk kompost er svært lite.

I en undersøkelse av kompostert organisk avfall fant (Genevini *et al.* 1997) store variasjoner i tungmetallinnhold (tabell 5).

Tabell 5: Innholdet av tungmetaller (mg/kg TS) i ulike komposttyper. Minimums- og maksimumsverdier er gitt for kompost av organisk avfall, n=30 (Genevini *et al.*, 1997).

Kompost type	n	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Cr
Kompost av organisk avfall * ^a	30	2,7	93,6	28,8	251	130	25,5
		1,0-6,9	16,4-498	10,9-82,1	42,4-928	23,4-435	6,21-79,5
Kompostert husholdningsavfall* [#]	44	4,4	455	76,3	920	298	90,8
Kildesortert husholdningsavfall*	16	1,22	147	17,5	327	72,4	34,9
Kompost av organisk avfall*	20	1,12	70,2	22,6	246	78,9	30,3

*Referert i Genevini *et al.* (1997); ^aBark, blad, løv, avfall fra næringsmiddelindustri etc; [#]usortert avfall

Av de undersøkelserne som er referert (tabell 5), sees at innholdet av tungmetaller er høyest i ikke-sortert husholdningsavfall (n=44). Sortert husholdningsavfall har som ventet et betydelig lavere innhold av tungmetaller enn usortert avfall, mens innholdet i kompost av organisk avfall ("green compost") gir det laveste innholdet for Cd, Pb, Zn og Cr og har omtrent samme innhold av Ni og Cu som kildesortert husholdningsavfall.

Dataene i tabellen over er fra undersøkelser gjort i perioden 1985-1996.

Tabell 6: Innhold av tungmetaller (mg/kg TS) i svensk kompost (Kirchmann og Widen, 1994a).

Komposttype	Cd	Pb	Hg	Ni	Zn	Cu	Cr
Organisk husholdningsavfall	1,3 1,1-1,4	148 123-248	0,32 0,29-0,34	23 20-32	379 355-497	177 177-440	31 26-46
Husholdningsavfall + parkavfall	0,81 0,64-1,0	103 92-162	0,39 0,35-0,41	19 16-26	314 246-418	158 139-244	34 30-35
Privat hageavfall	0,22 0,13-0,24	13,5 9,4-29	0,05 0,05-0,09	8,9 4,8-44	167 80-340	36,5 23-229	20 13-32

Denne svenske undersøkelsen viser at komposten produsert i private hager har et lavere innholdet av alle tungmetaller enn annen kompost. Høyest innhold har kompost som består kun av kildesortert husholdningsavfall.

2.4. Organiske forurensninger i norsk kompost

Det er gjennomført kun en undersøkelse hvor innholdet av organiske forurensninger i kompostert kildesortert husholdningsavfall er bestemt (tabell 7). I denne undersøkelsen ble kompost fra 9 komposteringsanlegg analysert. Ved to av anleggene ble avfallet kompostert i reaktor, de øvrige 7 på friland. Type bioavfall og strukturmateriale var forskjellig i alle anleggene.

Tabell 7: Innhold av organiske forurensninger (mg/kg TS) i kompostert husholdningsavfall i 1996-97 (mg/kg TS) (Paulsrud et al. 1997). Dioksiner/furaner i-TE ng/kg TS.

Organisk forurensning	Minimum	Median	Middel*	Maksimum	Grenseverdi
Dioksiner/furaner	0,49	3,72	4,41	11,9	100**
PCB (sum 7 stk.)	0,0027	0,0187	0,024	0,0777	0,2**/0,4 [#]
PAH (sum 6 stk)	i.d.	0,62	0,78	2,37	3 [#]
PAH (sum 10 stk)	i.d.	0,62	1,04	3,26	6/3 [#]
PAH (sum 16 stk)	i.d.	1,01	1,36	3,77	-
Kresoler (sum 3 stk.)	i.d.	i.d.	2	22	-
Nonylfenol/-etoksi-later (sum 2 stk)	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	50 [#] /50/10 [#]
Ftalater DBP	<1	1,0	1,2	3,2	-
DEHP	<1	1,7	6,8	26,0	100/50 [#]
LAS	14	71	85	185	2600/1300 [#]

* Verdier under deteksjonsgrense er satt lik 0 ved utregning av middel; ** Tyske grenseverdier for avløpslam (1992); [#] Svenske retningslinjer for avløpslam (1994); □ Danske "afskæringsverdier" for affaldsprodukter til jordbrugsformål (første verdi gjelder fra 1.7.97, andre fra 1.7.00); i.d. = ikke detektert (alle komponentene ligger under deteksjonsgrensen).

Sammenlignet med innholdet av de samme forurensningene i avløpslam som også ble undersøkt i 1997 (Paulsrud *et al.*, 1997a), var innholdet av alle de bestemte organiske forbindelsene, bortsett fra LAS, betydelig lavere. Innholdet av LAS i komposten var overraskende høyt tatt i betraktning at aerobe prosesser er vist å være effektive i nedbrytningen av LAS.

2.5. Utenlandske undersøkelser av organiske forurensninger i kompost

Det meste av det organiske materialet i kompost er av vegetabilsk opprinnelse og sammensetningen til komposten vil derfor i første rekke være gjenspeilet av plantematerialet. Noe organisk materiale av animalsk opprinnelse finnes også, men dette utgjør en mindre fraksjon. I Sverige er det antatt at ca. 70% av komposten består av plantemateriale (Nilsson, 2000).

2.5.1. Ftalater

Nilsson *et al.* (2000) fant bare svært lave konsentrasjoner av DEHP i kompostert husholdningsavfall, men noe høyere verdier i selve avfallet og i anaerobt stabilisert avfall. En opplagt forklaring på at det finnes mykgjørere i avfallet er at plast kastes sammen med det biologiske avfallet. Mengden DEHP ble ikke kvantifisert.

2.5.2. Klorerte parafiner

Klorinerte parafiner (CPs) er også vist å finnes i kompost (Nilsson *et al.* 2000). Måten disse produseres på dvs. gjennom klorinering av petroleum n-alkaner under UV-bestråling, gjør at CP består av kortkjedete (C10-C13), middels lange kjeder (C14-C17) og langkjedete (C20-C30) n-alkaner med varierende kloreringsgrad (Nilsson, 2000). Dette gjør at de kjemiske egenskapene til CPs varierer betydelig. Disse forbindelsene er funnet i terrestriske og akvatiske organismer, sedimenter og avløpslam. CPs er også funnet i meieriprodukter, frukt og grønnsaker (se referanser i Nilsson (2000)).

De klorinerte parafinene som ble funnet av Nilsson (2000), var av to typer: En kortkjedet med høy kloreringsgrad og en type bestående av middels lang kjede og middels kloreringsgrad (40-60% Cl). Identifisering av kilden til CP er svært vanskelig på grunn av den varierende sammensetningen. De mange kildene til CPs i.e. tilsetning til smørevæsker i metallarbeidene industri, tilsetning i PVC og maling, gjør at det er svært vanskelig å identifisere kildene til de klorerte parafinene som finnes i ulike prøver, også kompost.

2.5.3. Pesticider

Nilsson *et al.* (2000) fant ni pesticider og to metabolitter i ni prøver av organisk husholdningsavfall fra Sverige. Disse var soppmidlene vinklozolin, metalaxyl og quitozen, insektmidlene dieldrin, DDT, α - og β -endosulfan, tetratofon og bromopropylat. Det ble også funnet spor av endrin i avfallet. Alle disse pesticidene bortsett fra dieldrin blir funnet regelmessig i den svenske overvåkingen av vegetabilske matvarer. Metabolittene som ble funnet var endosulfan-sulfat (nedbrytningsprodukt av α - og β -endosulfan) og DDE.

Ifølge Nilsson (2000) skyldes funnene av de persistente klorerte pesticidene dieldrin, endrin og DDT trolig atmosfærisk nedfall og direkte avsetning av disse på frukt og grønnsaker eller

de finnes i fisk og kjøtt (anrikning gjennom næringskjeden). HCB og DDE ble funnet i alle avfallsprøvene, mens DDT ble funnet i alle bortsett fra en prøve. Elleve PCB-kongenere ble funnet i alle avfallsprøvene, samt kompostert og utrånnet avfall (Nilsson *et al.* 2000). PCB-profilen av avfall og behandlet avfall indikerer at kilden til PCB ikke er "anrikt" PCB i animalske produkter (kjøtt og fisk) som var forventet, men skyldes en frisk PCB-kilde i innsamlingskjeden av organisk materiale. Analysene av kompostert og utrånnet avfall i denne undersøkelsen viser at det ikke er forskjeller i nedbrytningen persistente organiske forbindelser i disse behandlingsprosessene. Det er vist at kompostering kan være effektivt for å bryte ned POPs i avfall (Epstein 1997), men det er gjort relativt lite studier av nedbrytning under metanogene forhold.

Det innsamlede og analyserte avfallet ble behandlet ved kompostering og mesofil og termofil stabilisering og prøver av behandlet materialet ble analysert (Nilsson *et al.* 2000). Disse analysene indikerer at det er store forskjeller i nedbrytning av pesticidene i de ulike prosessene. To av organofosfat-insekticidene, klorpyrifos-etyl og etion, ble for eksempel ikke funnet i avfallet, men ble funnet i både kompostert (små mengder) og i større mengder i mesofilt og termofilt stabilisert avfall. For de fleste pesticidene er innholdet lavere etter kompostering eller utrånning noe som indikerer at nedbrytningen er raskere enn for det organiske materialet. For stoffer som DDE og HCB tyder resultatene på at disse også brytes ned, men langsommere enn for andre stoffer.

Flere av pesticidene som ble funnet i de svenske avfallsprøvene, er også funnet i vegetabiliske matvarer i Norge. Dette gjelder soppmidlene vinklozolin og metalaxyl og insektmidlene β -endosulfan og bromopropylat.

Manglende data for effekter av mange av de undersøkte pesticidene gjør at det er vanskelig å vurdere de toksikologiske effektene i jord. Ved sammenligninger av de konsentrasjoner som er funnet for enkelte pesticider i den svenske undersøkelsen med maksimum tillatte konsentrasjoner og neglisjerbare konsentrasjoner foreslått av det Nederlandske institutt for helse og miljø (RIVM), kan det ikke utelukkes at konsentrasjonene i behandlet avfall som ble funnet i den svenske undersøkelsen (Svensson 2000), kan gi negative effekter på jordøkosystemet.

Av tidligere undersøkelser av pesticidinnhold i kompost kan nevnes en undersøkelse som ble rapportert av hvor 11 ulike komposter ble prøvetatt og analysert ved fire tidspunkter i 1991 (Miller *et al.*, 1992). Ved hvert anlegg ble både fersk og moden kompost tatt ut. I dette materialet ble 21 pesticider funnet i minst en prøve. Av disse var det bare 9 pesticider som kunne kvantifiseres; aldrin, chlordan, DDE, o,p-DDT, p,p-DDT, dieldrin, dinoseb, dursban og pnetaklorofenol). Konsentrasjonsnivået var generelt lavt for alle disse pesticidene. Av disse pesticidene bestemmes aldrin, DDE, o,p-DDT, p,p-DDT og dieldrin rutinemessig i norske matvarer. Flere studier har også vist at pesticider brytes ned gjennom kompostering. (Michel *et al.*, 1996) fant at store reduksjoner i innholdet av 2,4-D, diazinon og pendimetalin gjennom 50-54 dagers kompostering i laboratoriet. Det var bare 2,4-D som ble betydelig mineralisert. Diazinon ble bl.a. funnet i 17 prøver av norskproduserte vegetabiliske matvarer i 2001 ref). I en annen undersøkelse ble gras som var behandlet med diazinon, klorpyrifos, isofenfos og pendimetalin komposter gjennom 17 uker (Lemmon og Pylypiw, 1992). Det ble ikke funnet konsentrasjoner av disse pesticidene i konsentrasjoner over 0,01 mg/kg. Det ble i 2001 gjort hhv. 22 og 59 funn av diazinon og klorpyrifos i vegetabiliske næringsmidler i 2001. Isofenfos ble ikke funnet mens det ble ikke analysert for pendimetalin.

I en nyere undersøkelse av kompostert hage- og parkavfall ble to prøver fra hvert av seks komposteringsanlegg i New Jersey, USA, samlet inn og analysert (Strom, 2000). Det ble analysert for totalt 144 pesticider og metabolitter. Klordan ble funnet i lave konsentrasjoner og var det eneste pesticidet som ble detektert. Fraværet av andre pesticider enn Klordan kan skyldes lavere forbruk og en mer restriktiv holdning til bruk av pesticider i år 1999-2000 enn i 1990. Klordan er det pesticidet som hyppigst er funnet i kompost selv om det har vært forbudt

brukt i USA siden 1988. En teori for at pesticidet fortsatt påvises i kompost av hage- og parkavfall er at det finnes i jord som følger med løv og kvist. Klordan bindes sterkt til jord og brytes langsomt ned. Beregninger gjort av Strom (2000) indikerer at 25-33% av den ferdige komposten kan bestå av jord og at innholdet av Klordan dermed kan forklares ut ifra innholdet i jord.

På bakgrunn av de undersøkelser som ble gjort konkluderte Strom (2000) med at kompost av hage- og parkavfall ikke vil utgjøre noen trussel for pesticidforurensning av jord pesticider og anbefaler ikke rutineovervåking av kompost.

(Wågman *et al.*, 1999) analyserte tre kompostprøver for innhold av klorerte pesticider (tabell 8).

Tabell 8: Innhold av klorerte pesticider i svensk kompost (n=3) (Wågman et al., 1999). Enhet: ng/g tørrvekt

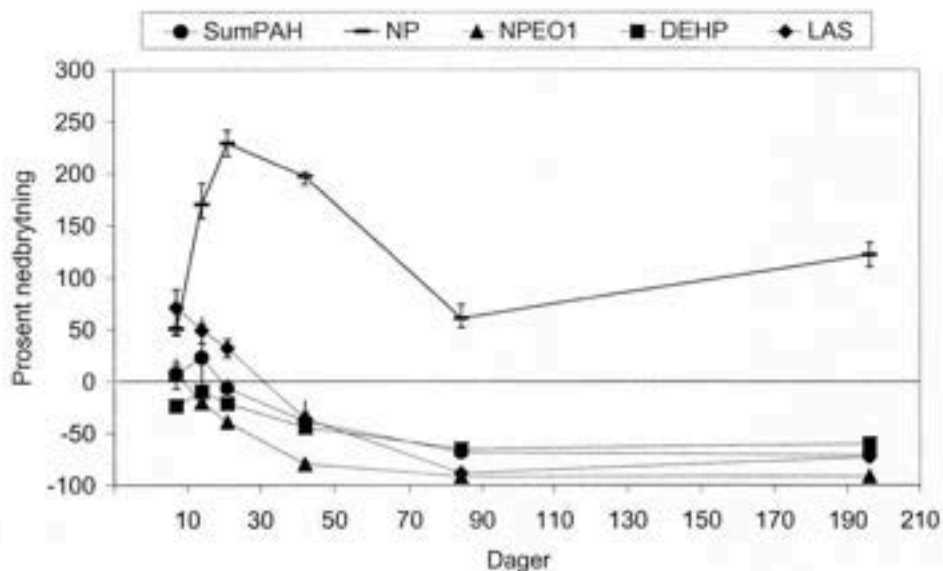
Pesticid	Middel	Min	Maks
Pentaklorfenol	3,08	0,67-	7,6
Hexaklorbenzen	2,73	0,70-	2,1
o,p DDD/DDT/DDE	0,54	0,30-	0,75
p,p DDD/DDT/DDE	4,8	3,3-	6,1
Dieldrin	2,1	0,93-	4,1
Heptaklor	<0,04	<0,04-	<0,06
c-Heptaklorepoxyd	0,12	0,048-	0,24
t-Klordan	0,090	0,039-	0,140
MC5	0,046	0,020-	0,067
c-Klordan	0,079	0,049-	0,11
t-Nonaklor	0,015	0,011-	0,020
c-Nonaklor	0,026	0,015-	0,044

Pentaklorfenol, hexaklorbenzen, DDD/DDT/DDE og dieldrin ble funnet i de høyeste konsentrasjonene i denne komposten. Dette er forbindelser som brytes langsomt ned også i komposteringsprosesser.

2.6. Nedbrytning av organiske forurensninger i komposteringsprosessen

Organiske forurensninger som finnes i organisk materiale som komposteres, kan bli brukt som substrat i de mikrobiologiske prosessene som skjer i komposteringsprosessen. I en undersøkelse av hvordan kompostering kan bryte ned enkelte organiske forurensninger i avløpslam ble det vist at betydelige reduksjoner finner sted.

Avløpslammet ble kompostert i 12 uker og ettermodnet i 16 uker. Prøver ble tatt ved start (uke 0) og deretter i uke 1, 2, 3, 6, 12 og 28. Tre prøver ble tatt ved hvert tidspunkt.



Figur 1: Prosent nedbrytning av ulike organiske forurensninger gjennom komposteringsprosessen (Amundsen et al., 2001)

Nedbrytningen av SumPAH (16EPA), di(2-etylheksyl)ftalat (DEHP), NPEO og LAS i rankekomposteringen av avløpsslam var hhv. 73, 63, 92 og 75%. Innholdet av NP økte med 104% gjennom komposteringsprosessen. Dette skyldes at NP dannes som følge av nedbrytning av NPEO i avløpsslammet og at nedbrytningen av NP skjer relativt langsomt.

I denne undersøkelsen ble det vist at av tyngre PAH-forbindelser som benzo(ghi)perylene og kresen/trifenylen ikke ble nedbrutt. Undersøkelser av dioksin/furaner har også vist at det skjer lite med disse forbindelsene i komposteringsprosessen (Eitzer et al., 1997).

3. Tungmetaller og organiske forurensninger i ulike næringsmidler

Mat og drikke kan tilføres fremmedstoffer og forurensninger gjennom produksjonskjeden. Disse kan komme fra forurensninger i jord, luft og vann eller fra emballasje som maten kommer i kontakt med. Matvarer kan også inneholde rester av innsatsvarer fra primærproduksjonen og fra videreforedling i næringsmiddelindustrien. Dette kan dreie seg om forbindelser som plantevernmidler, legemidler, førtilsetninger og andre tilsetningsstoffer.

Norske matvarer er gjennom mange år blitt analysert for bl.a. miljøgifter og plantevernmidler. Her vises en del av dette materialet som grunnlag for å bestemme bakgrunnsnivået i kompostert husholdningsavfall.

3.1. Tungmetaller

Det er først og fremst tungmetallene Cd og Pb som er bestemt i vegetabiliske matvarer (tabell 9). Dette skyldes at vegetabiliske matvarer er en viktig kilde for disse miljøgiftene. Kvikksølv finnes i større grad i animalske produkter.

Tabell 9: Innhold av Cd og Pb i vegetabiliske næringsmidler. Utdrag fra SNT-rapporter. Enhet: mg/kg friskvekt.

Matvare	Cd		Pb		Ref
	Veid middel	Min Maks	Veid middel	Min Maks	
Frokostblanding	0,038 (n=53)	0,001 0,403			Eriksen (1993)
Hvete	0,057 (n=31)	0,027 0,14	*	<0,03 0,06	Waalder (1996)
Bygg	0,016 (n=19)	<0,005 0,028	*	<0,03 0,03	"
Havre	0,020 (n=21)	<0,005 0,073	*	<0,03 0,04	"
Potet	0,012 (n=79)	<0,002 0,045	0,007 (n=79)	0,004 0,032	Aine og Gjerstad (1998)
Gulrot	0,026 (n=61)	<0,001 0,122	0,008 (n=61)	0,002 0,042	"
Agurk	<0,0006 (n=30)	<0,0003 0,001	0,003 (n=30)	0,0007 0,006	"
Blomkål	0,006 (n=44)	0,001 0,041	0,004 (n=44)	0,002 0,016	"
Brokkoli	0,007 (n=13)	0,0009 0,012	0,006 (n=13)	0,002 0,014	"
Erter	<0,003 (n=11)	<0,002 0,006	0,007 (n=11)	0,006 0,008	"
Hodekål	<0,004 (n=43)	<0,0008 0,011	0,004 (n=43)	0,004 0,01	"
Isberg-salat	0,020 (n=8)	0,008 0,034	0,005 (n=8)	0,005 0,015	"
Kinakål	0,010 (n=43)	0,002 0,043	<0,003 (n=43)	<0,003 0,018	"
Løk	0,018 (n=40)	0,003 0,072	<0,003 (n=40)	<0,003 0,006	"
Purre	0,016 (n=12)	0,005 0,081	0,004 (n=12)	0,004 0,011	"
Rødbete	0,018 (n=12)	0,006 0,041	<0,006 (n=12)	<0,006 0,01	"
Tomat	0,0009 (n=43)	0,0002 0,003	<0,003 (n=43)	<0,003 0,005	"
Havregryn +havrekli	0,013 (n=18)	0,007 0,033	0,006 (n=18)	0,003 0,014	Gjerstad (2002)
Hvetemel siktet	0,035 (n=10)	0,029 0,047	0,011 (n=10)	0,002 0,059	"
Hvetemel sammalt	0,063 (n=10)	0,04 0,105	0,006 (n=10)	0,002 0,014	"
Hvetekli	0,141 (n=5)	0,118 0,164	0,009 (n=5)	0,007 0,013	"
Soya-bønner	0,083 (n=7)	0,01 0,137	0,015 (n=7)	0,004 0,055	"

Variasjonene mellom næringsmidlene er store. De høyeste konsentrasjonene av Cd og Pb finnes i hvete og da i første rekke sammalt mel og hvetekli. Innholdet i soyabønner ligger

også noe høyere enn i andre næringsmidler. Det veide gjennomsnittet for disse metallene i de matvarene som er vist i tabell 9 er 0,019 mg/kg våtvekt for Cd og 0,005 mg/kg våtvekt for Pb.

Det finnes svært lite data for innholdet av Hg i vegetabiliske næringsmidler.

I tabell 10 og 11 er innhold av noen utvalgte tungmetaller i norske jordbruksvekster presentert (undersøkelser av jordbruksvekster fra forskningsprosjekter). Innholdet av Cd og Pb i dette materialet er noe høyere enn i næringsmidler analyserav SNT (tabell 9). En viktig årsak kan være forskjeller i oppslutnings- og analysemetodikk, samt at forskjellige deler av plantene er analysert. Det er vist at det er til dels store forskjeller i innhold av metaller i blad, stengel og korn/frukt (se for eksempel (Vigerust og Selmer-Olsen, 1985).

Tabell 10: Innhold av Cd, Pb og Hg i en del jordbruksvekster fra utvalgte undersøkelser. Enhet: mg/kg TS.

Plante	Plantedel	Ref	Cd	Pb	Hg
Havre	Korn	Esser (1996)	0,084 (0,012-0,33)	0,11 (<0,05-0,39)	
Hvete	"	Haraldsen og Aastveit (1997)	0,09		
	"	Låg og Steinnes (1977)	0,07		0,0009
	Stengel	"	0,1	1	0,07
Hundegress	Aks	Esser (1996)	0,041 (<0,01-0,20)	0,46 (0,11-1,5)	
Raigras	Blad	Linjordet (2001) pers.med.	0,09 (0,06-0,13)	0,21 (0,05-0,81)	
Antatt innhold i jordbruksvekster (inkl. stengel, blad, frukt)			0,08	0,45	0,03

Innholdet av Pb i ulike vekster (tabell 10) er vesentlig høyere enn i næringsmidler (0,01 mg/kg TS).

For andre metaller mener vi at de gjennomsnittsverdier som tidligere er presentert (Amundsen og Grønlund 1997) kan brukes (tabell 11).

Tabell 11: Gjennomsnittlig innhold av Ni, Zn, Cu og Cr i jordbruksvekster (fra (Amundsen og Grønlund, 1997). Enhet: mg/kg TS

	Ni	Zn	Cu	Cr
Bygg	0,8	35	7,1	0,54
	0,51-1,2	15-47	4,4-10	0,2-0,87
Havre	2,2	38	7,9	0,21
	0,45-4,5	27-73	2,7-35	0,1-0,4
Hvete	0,85	35	7,4	0,15
	0,5-1,2	27-47	4-10	
Poteter	1,3	22	15	0,30
	0,9-1,8	16-35	11-24	0,2-0,4
Eng/forraps*	3,4	39	12	0,7
	2,4-4,5	17-61	5,5-23	0,5-0,9
Rotvekster**	2,7	21	13	0,60
	2-3,6	15-30	10-16	0,5-0,8
Raigras/timotei	3,2	32	6,4	1,2
	2,6-3,6	23-42	3-12	0,6-1,2
Antatt bakgrunn	2,1	32	9,8	0,53

*Rødsvingel, engrapp, engkvein, rødkløver, forraps

**Kålrot (gjennomsnitt av innhold i rot, stengel og blad)

Innholdet av Cd og Pb i analyserte vegetabiliske næringsmidler er lavere enn det som er funnet i en del jordbruksvekster (tabell 10). Verdiene i tabell 10 og 11 er gitt i per kg tørrstoff, mens verdiene for næringsmidler er angitt per kg friskvekt (eller våtvekt). Vanninnholdet i næringsmidlene varierer svært mye fra ca. 95% i agurk til ca. 15% for kornprodukter. Dersom det antas at det gjennomsnittlige vanninnholdet i vegetabiliske næringsmidler er 50%, kan det gjennomsnittlige innholdet av Cd og Pb i vegetabiliske næringsmidler settes til ca. 0,04 mg/kg TS og 0,01 mg/kg TS (tabell 13).

Innholdet av Cd, Pb og Hg i animalske næringsmidler varierer også (tabell 12). Innholdet av Cd og Pb er høyest i lever og nyre, mens innholdet av Hg er høyest i muskel og nyre.

Tabell 12: Innhold av tungmetaller i animalske matvarer (utdrag fra div SNT-rapporter).
Enhet: mg/kg våtvekt

	Veid middel	Min Kons Matvare	Maks Kons Matvare	Ref
Cd	0,03 (n=1698)	0,0002 Makrell	5 Storfenyre	Eriksen (1993)
	<0,003 (n=36)	<0,003 Sei muskel	0,005 Makrell muskel	Solberg <i>et al.</i> (1999)
	0,066 (n=6)	0,028 Torsk lever	0,104 Sei lever	"
	0,058 (n=15)	0,03 Muskel reke	0,119 Muskel reke	Alne og Gjerstad (1998)
Pb	0,025 (n=1632)	0,005 Ørret	2 Storfenyre	Eriksen (1993)
	<0,04 (n=36)	<0,04 Muskel fisk	<0,04 Muskel fisk	Solberg <i>et al.</i> (1999)
	<0,04 (n=6)	<0,04 Lever fisk	<0,04 Lever fisk	"
	0,011 (n=15)	<0,006 Muskel reke	0,023 Muskel reke	Alne og Gjerstad (1998)
Hg	0,04 (n=1609)	<0,005 Ørret	0,5 Svinenyre	Eriksen (1993)
	0,035 (n=36)	0,02 Hyse muskel	0,2 Steinbit muskel	Solberg <i>et al.</i> (1999)
	0,008 (n=6)	<0,01 Sei lever	0,01 Torskelever	"
	0,083 (n=15)	0,035 Muskel reke	0,191 Muskel reke	Alne og Gjerstad (1998)
	0,094 (n=31)	0,03 Muskel uer	0,22 Muskel brosme	Frydenlund og Øvrevoll (2002)
Ni	0,057 (n=15)	0,037 Muskel reke	0,114 Muskel reke	Barland (1998)
Zn	14,8 (n=15)	12,6 Muskel reke	16,7 Muskel reke	"
Cu	10,8 (n=15)	8,12 Muskel reke	15,7 Muskel reke	"
Cr	0,090 (n=15)	0,043 Muskel reke	0,176 Muskel reke	"

Innholdet av Cd i fiskekjøtt er trolig noe lavere enn i de fleste vegetabiliske næringsmidler (tabell 9), mens innholdet i lever er noe høyere. Innholdet av Pb i animalske næringsmidler er noe høyere enn i vegetabiliske næringsmidler dvs. i konsentrasjonsområdet 0,01-0,03 mg/kg våtvekt.

Innholdet av Hg er noe høyere enn innholdet av Cd og Pb i animalske produkter.

Data for andre tungmetaller enn Cd, Pb og Hg i animalske næringsmidler er begrenset. Det er derfor usikkert hvordan innholdet av Ni, Zn, Cu og Cr i reke (tabell 10) er sammenlignet med andre animalske næringsmidler.

Nedenfor er beregningsgrunnlaget for å anslå bakgrunnsverdier for innholdet av tungmetaller i kompost gitt. Verdien for Cd og Pb i vegetabilisk materiale (tabell 13) er et antatt gjennomsnitt basert på innholdet i næringsmidler og analysert plantemateriale.

Tabell 13: Antatte nivåer av tungmetaller i vegetabilsk og animalsk materiale som grunnlag for beregning av bakgrunnsverdier i kompost. Sammendrag av tabeller 9-12. Enhet: mg/kg TS

Metall	Vegetabilsk materiale			Animalsk materiale	
	Næringsmidler	Plante- materiale	Beregnings- grunnlag	Næringsmidler	Beregnings- grunnlag
Cd	0,04	0,08	0,06	0,03	0,03
Pb	0,01	0,45	0,1	0,03	0,03
Hg		0,03	0,03	0,04	0,04
Ni		2,1	2	0,06	0,06
Zn		32	32	15	15
Cu		9,8	9	11	11
Cr		0,53	0,5	0,09	0,09

Verdiene i tabell 13 blir brukt for å beregne bakgrunnsnivået av tungmetaller i kompost (kap 6).

3.2. Organiske forurensninger

3.2.1. Klorerte forbindelser

Det er foretatt en del analyser av organiske miljøgifter i næringsmidler. Dette er forurensninger som i første rekke anrikes i lever og fett og finnes derfor i langt høyere konsentrasjoner her enn i muskel (tabell 14).

Tabell 14: Innhold av organiske miljøgifter i animalske næringsmidler. Enhet: ng/g våtvekt; Dioksiner: pg TCDD-ekv/g vare

	Veid middel	Min Matvare	Maks Matvare	Ref
Dioksiner	3,31 (n=48)	0,11 Tran	44 Krabbe	SNT-rapport 7, 1993
	6,0 (n=4)	3,6 Småsei lever	9,4 Torskelever	SNT-rapport 4, 1999
	3,09 (n=16)	0,1 Egg	17,6 Meik	SNT-rapport 7, 1993
PCB	41 (n=1202)	<2 Harelever	1290 Torskelever	SNT-rapport 7, 1993
	6,0 (n=30)	<5 Smør	20 Smør	"
PCB ₇	2,90 (n=36)	0,5 Hyse muskel	9,5 Sild muskel	SNT-rapport 4, 1999
	217 (n=5)	196 Sei lever	249 Torsk lever	"
DDT	1,64 (n=36)	0,2 Hyse muskel	5,7 Sild muskel	"
	105 (n=5)	79 Torsk lever	122 Sei lever	"
HCH	0,43 (n=36)	0,1 Sei muskel	3,3 Makrell muskel	"
	13,4 (n=5)	9,6 Sei lever	19 Torsk lever	"
HCB	0,33 (n=36)	0,1 Sei muskel	1,3 Makrell muskel	"
	21,2 (n=5)	14 Sei lever	32 Torsk lever	"
Klordaner	0,84 (n=36)	0,2 Hyse muskel	3,3 Makrell muskel	"
	52,8 (n=5)	36 Torsk lever	64 Sei lever	"
Toksafen	194 (n=4)	113 Torskelever	290 Seilever	"
Polyklorerte naftalener	1444 (n=4)	440 Småsei lever	3817 Torskelever	"

PCB₇: PCB-kongenere med IUPAC-nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180

DDT: p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD og p,p'-DDT.

HCH (heksaklorheksaner): α-HCH, β-HCH og γ-HCH (lindan)

klordaner: summen av nedbrytningsproduktene trans-klordan, cis-klordan og transnonaklor.

3.2.2. Pesticider

Overvåkingsprogrammet for rester av plantevernmidler i vegetabiliske næringsmidler har de senere årene omfattet uttak av ca. 3000 stikkprøver av et bredt spekter av ulike slag frukt, grønnsaker og korn. I 2001 ble det analysert med hensyn på 179 plantevernmidler og nedbrytningsstoffer. Av totalt 2196 analyserte prøver av frisk frukt og grønnsaker var 1396 prøver, eller 63,6% av samlet prøveuttak uten påvisbare rester av plantevernmidler. Det ble påvist 65 ulike plantevernmidler. Gjeldende grenseverdier ble overskredet i 99 prøver hvorav de fleste skyldtes overskridelser i importerte produkter (6,8% mot 1,1% i norske produkter).

Resultatene viser at det er en overhyppighet av rester over gjeldende grenseverdier for plantevernmidler i stjernefrukt, stangselleri, sellerirot og visse eksotiske frukter som mango og papaya. Blant vareslag som ikke inneholdt rester over grenseverdiene er ananas, appelsin og andre sitrusfrukter, banan, druer, hodekål, løk, potet, eple og tomat dvs. i mange av de mest vanlige frukt og grønnsaksortene i det norske kostholdet. I gulrot påvises insektmiddelet diazinon og soppmiddelet iprodion relativt ofte og i jordbær påvises soppmidlene cyprodinil, iprodion og tolyfluanid hyppig.

Sett fra et helsemessig synspunkt kan det konkluderes med at restnivåer av plantevernmidler i norske og utenlandske produkter ansees å utgjøre en liten helserisiko for norske forbrukere.

På bakgrunn av de funn som årlig gjøres av plantevernmidler i vegetabiliske næringsmidler, er det grunn til å anta at kompost av husholdningsavfall inneholder et visst bakgrunnsnivå av plantevernmidler.

Konsentrasjonsnivået av plantevernmidler i vegetabiliske matvarer varierer betydelig fra 0,01 mg/kg til 39 mg/kg (Iprodion funnet i basilikum fra Norge i 2001 (Johansen *et al.*, 2002)). Mengdene som er funnet, sier imidlertid ingenting om den potensielle helseeffekten av funnet.

Tabell 15: Plantevernmidlene som hyppigst er påvist i overvåkingsprogrammet for frukt, grønnsaker og poteter i 2001 (Johansen et al., 2002).

Pesticid	Type	Ant funn	Maks. kons(mg/kg)
Importerte varer			
Imazalil	Fungicid	172	3,80
Tiabendazol	Fungicid	141	5,80
Iprodion	Fungicid	134	39,0
Klorpyrifos	Insekticid	59	0,78
Procymidon	Fungicid	52	4,10
Cypermethrin	Insekticid	45	18,0
Metidation	Insekticid	45	1,40
Cyprodinil	Fungicid	41	1,40
Ditiokarbamater	Fungicid	40	4,00
Klortalonil	Fungicid	35	7,40
Prokloraz	Fungicid	31	2,10
Endosulfan	Insekticid	25	0,27
Tolyfluanid	Fungicid	25	0,82
Malation	Insekticid	20	0,46
Vinklozolin	Fungicid	20	6,30
Andre		285	
Sum		1170	
Norske varer			
Iprodion	Fungicid	96	39,0
Tolyfluanid	Fungicid	53	0,82
Cyprodinil	Fungicid	52	0,19
Fludioksanil	Fungicid	20	0,28
Diazinon	Insekticid	17	1,00
Andre		38	
Sum		276	

4. Tungmetaller og organiske forurensninger i strukturmateriale

Strukturmaterialet som brukes i komposteringen er trolig en viktig del av bakgrunnsnivået i kompost. Strukturmateriale kan bestå av "rene" masser dvs. materiale som ikke har vært brukt til andre formål (hage- og parkavfall, halm, bark, flis av rent trevirke) eller brukte materialer som papp og papir eller flis av trevirke fra gjenvinningsstasjoner.

4.1. Tungmetaller

Analyser av ulike strukturmateriale viser at det kan være betydelige konsentrasjonsvariasjoner for tungmetaller (tabell 16). Bark og hage/parkavfall synes å inneholde (mest) tungmetaller, mens spon inneholder minst metaller. Sortert trevirke fra gjenvinningsstasjoner kan inneholde feilsortert trevirke, med innhold av malingsrester, sponplatemal og trykkimpregneringsmiddel. Dette vil være avhengig av sorteringsgraden. Det foreligger lite data på kvaliteten av sortert trevirke, men analysen angitt i tabell 16 antyder allikevel at sortert trevirke kan inneholde til dels betydelige mengder tungmetaller.

Tabell 16: Innhold av tungmetaller i strukturmateriale brukt til kompostering (Aasen og Lystad, 2002). Enhet: mg/kg TS. Det er analysert kun en prøve av hvert av materialene.

Metall	Papir/papp	Bark	Hagepark	Spon	Halm
Cd	0,11	0,64	0,64	0,17	0,24
Pb	<7,5	<7,5	9,6	<7,5	<7,5
Hg	0,04	0,04	0,06	0,02	0,03
Ni	<2,0	<2,0	8,4	<2,0	5,6
Zn	55,2	120	108	10,8	52,1
Cu	28,8	6,2	19,4	1,6	21,8
Cr	5,9	2,2	12,9	1,0	9,7

Verdiene vist i tabell 5 er resultater fra enkeltmålinger og gir ikke noe bilde på hvordan variasjonene er innenfor hver kategori strukturmateriale.

Innholdet av bark fra gran, nål/blad og kvist fra en del løvtrær viser at det naturlige innholdet av Cd, Zn og Cu kan være høyt (tabell 17). Innholdet av Zn ble for eksempel funnet å være høyt i blad og kvist av bjørk på Sørlandet. Dette skyldes trolig atmosfærisk nedfall av langtransporterte forurensninger.

Gjengedal (1992) viste at konsentrasjonene av metallkonsentrasjoner i ulike vekster på Sørlandet (Risidalsheia, Aust-Agder) kunne være betydelig større enn i Sogn- og Fjordane (Sogndal). Dataene fra tabellen over er fra analyser av prøvemateriale tatt fra Aust-Agder. Innholdet av Cd og Pb i bjørk fra Sogndal er 3-4 ganger lavere enn i Risidalsheia, mens forskjellene for Cu og Zn er mindre. Dataene for rogn er tatt fra Nordland (bakgrunnsverdier fra Sulitjelma, Nordland).

Disse dataene indikerer at det både er forskjeller mellom arter og mellom regioner. Det atmosfæriske nedfallet av tungmetallene Cd, Pb og Zn er fremdeles 3-5 ganger større i Sør-Norge enn i Midt- og Nord-Norge (Aas *et al.*, 2002). Dette påvirker helt klart innholdet av metaller i plantemateriale som brukes som struktur i kompost.

Tabell 17: Innhold av tungmetaller i bark fra gran og i kvist og blad fra furu, bjørk og rogn fra Aust-Agder (Risdaalsheia). Enhet: mg/kg TS

	Gran*	Furu**		Bjørk**		Rogn□	
	(n=1) Bark	Nål	Kvist	Blad	Kvist	Blad	Kvist
Kadmium	0,24	0,26 (0,18-0,31)	1,12 (0,66-1,40)	0,39 (0,24-0,55)	0,58 (0,44-0,73)		
Bly	<15				19 (8,7-31)		
Kvikksølv	0,13						
Nikkel	<4						
Sink	69,4	77 (56-99)	69 (60-82)	352 (267-467)	339 (293-413)	23 (±9)	77 (±30)
Kobber	12,5	4,0 (2,8-5,0)	6,7 (5,1-8,0)	6,1 (4,7-11)	6,7 (5,0-8,5)	5,4 (±0,8)	4,3 (±0,9)
Krom	3,2						

* (Amundsen *et al.*, 2001); ** (Gjengedal, 1992); □ (Løbersli og Steinnes, 1988).

4.2. Organiske forurensninger

I forbindelse med kompostering av avløpsslam ved Lindum Ressurs og Gjenvinning AB ble innholdet av organiske forurensninger i bark av gran (strukturmateriale) bestemt. Di-etylheksyl-ftalat (DEHP) var den eneste organiske forurensningen som kunne detekteres i barken.

Tabell 18: Innhold av organiske forurensninger i avløpsslam og bark som er blandet i komposten.

	Enhet	Det grense	Bark av gran
Naftalen	µg/kg	10	<50*
Acenaftylene	µg/kg	10	<10
Acenaften	µg/kg	10	<10
Fluoren	µg/kg	10	<10
Fenantren	µg/kg	10	<10
Antracen	µg/kg	10	<10
Fluoranten	µg/kg	10	<10
Pyren	µg/kg	10	<10
Benzo(a)antracen	µg/kg	10	<10
Krysen/trifenylen	µg/kg	10	<10
Benzo (b+j+k)fluoranten	µg/kg	10	<10
Benzo(a)pyren	µg/kg	10	<10
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/kg	10	<10
Dibenzo[a,h]antracen	µg/kg	10	<10
Benzo(g,h,i)perylene	µg/kg	10	<10
PCB 28	µg/kg	5	<5
PCB 52	µg/kg	5	<5
PCB 101	µg/kg	5	<5
PCB 118	µg/kg	5	<5
PCB 138	µg/kg	5	<5
PCB 153	µg/kg	5	<5
PCB 180	µg/kg	5	<5
Nonylfenol	mg/kg	0.2	<0.5*
Nonylfenolmonoetoksyler	mg/kg	0.2	<0.5*
Nonylfenoldietoksyler	mg/kg	0.2	<0.5*
Dibutylftalat (DBP)	mg/kg	0.1	<0.1
Di(2-etylhexyl)ftalat (DEHP)	mg/kg	0.1	0.46
Di-iso-nonylftalat (DINP)	mg/kg	0.05	<0.5*
Di-n-octylftalat (DOP)	mg/kg	0.05	<0.5*
LAS	mg/kg	10	<10
1,4-Diklorbenzen	µg/kg	5	<5
Pentaklorfenol	µg/kg	5	<5

Innholdet av organiske forurensninger bark, løv og kvist forventes å være lavt. Atmosfærisk transport og nedfall er trolig den viktigste kilden til forurensninger i strukturmateriale da opptaket fra jord av disse forbindelsene er neglisjerbart.

5. Tungmetaller og organiske forurensninger i jord

5.1. Tungmetaller i jord

Innholdet av tungmetaller i jord vil kunne påvirke innholdet i kompost på flere måter. For det første vil innholdet i alt vegetabilsk materiale være påvirket av det jordsmonnet som plantene vokser i. Totalinnholdet av metaller i jord gir en indikasjon på hvor mye som kan finnes i plantemateriale, men faktorer som pH, innhold av organisk materiale og jordas tekstur (kornfordeling) er svært viktige for det faktiske opptaket i planter. Disse jordegenskapene varierer betydelig mellom ulike regioner i Norge (se for eksempel (Amundsen *et al.*, 2000).

Det er betydelige variasjoner også i innholdet av tungmetaller i norsk jord (tabell 19).

Tabell 19: Innhold av syreløselige tungmetaller i norsk dyrket jord (Esser, 1996). Tabell fra Amundsen *et al.* (1995). Enhet: mg/kg tørrvekt

	Jord dyp (cm)	Østlandet (n=29)			Agder/Rogaland (n=13)			Trøndelag (n=25)		
		Aritm. middel	Median	Min- Max	Aritm. middel	Median	Min- Max	Aritm. middel	Median	Min- Max
Cd	0-5	0,37	0,21	0,1- 1,8	0,14	0,14	0,03- 0,33	0,098	0,097	0,044- 0,17
	>40	0,25	0,1	0,035- 2	0,049	0,038	0,02- 0,1	0,057	0,044	0,019- 0,16
Pb	0-5	25	22	9,9- 57,3	24,6	23,1	3,5- 43,7	22,1	19,9	8,3- 77,7
	>40	22,3	19,1	7,3- 49,2	14,4	13,1	4,7- 35,7	19,1	20,2	6,3- 32,2
Hg	0-5	0,049	0,045	0,013- 0,12	0,058	0,061	0,01- 0,1	0,039	0,036	0,015- 0,11
	>40	0,034	0,028	0,005- 0,13	0,019	0,015	0,01- 0,05	0,018	0,012	0,005- 0,15
Ni	0-5	25	18,6	4- 85,6	7,62	3,1	0,7- 43,7	23,7	19	5,2- 49,4
	>40	31,9	26,9	4,7- 113	12,7	4,7	0,51- 93,1	27,9	27,1	6,5- 63,1
Zn	0-5	87,6	71	25,1- 356	34,4	36	7,3- 63,2	51,8	54,1	26,6- 93,3
	>40	61,6	60,3	19,9- 164	37,5	36,9	8,9- 70,7	48,2	50,9	23,5- 75,9
Cu	0-5	23,4	15,6	5,7- 87,1	10,8	11	1,7- 26	18,7	17,8	3,7- 37,8
	>40	29,2	24,3	4,7- 210	10,7	12	2,8- 24,8	19	17,6	4,7- 32,4
Cr	0-5	23,2	21,2	3,1- 71,9	14,3	5,9	1,4- 92,2	38,3	30,2	8,4- 89,2
	>40	23,7	18,9	3,3- 80,5	14,2	11	1,3- 85,8	41,2	36,3	8,7- 92,6

Variasjonene skyldes forskjeller i jordtype (avsetningstype) og opphavsmateriale. Noen generelle trekk kan nevnes her (fra Amundsen *et al.*, 1995):

- Jordbruksarealer som er påvirket av alunskifer har et høyt innhold av bl.a. Cu, Zn, Cd og Ni i jorda. Forekomstene har lokal utbredelse og utgjør en liten del av jordsmonnet i Norge.
- Områder med kambro-silur bergarter kan ha et relativt høyt innhold av flere tungmetaller. Eksempler på dette er det høye innholdet av Ni og Cr som finnes i enkelte områder rundt Trondheimsfjorden og ved en del lokaliteter på Vestlandet.
- Sparagmittområdene i Oppland, Hedmark og Nord-Norge, samt grunnfjellsområdene i Sør-Norge, har et lavt innhold av tungmetaller.
- Jordbruksjord som er påvirket av permiske bergarter i Oslofeltet kan ha et relativt høyt innhold av tungmetaller.
- Utslipp fra industri, olje- og vedfyring og biltrafikk i byer og tettsteder har medført at overflatejord har fått et forhøyet innhold av tungmetaller i forhold til bakgrunnsnivået.

For mer informasjon om innholdet av tungmetaller i norsk jord se Amundsen *et al.* (1995).

Hage- og parkavfallskompost vil inneholde noe jord etter raking og påfølgende oppsamling av avfallet. Hvor mye jord som kan finnes i kompost er usikkert. I undersøkelser av

hageavfallskompost beregnet Strom (2000) at innholdet av jord i komposten var i området 25-33% dvs. en betydelig andel jord. Ifølge Strom (2000) kan innholdet av jord i kompost estimeres ved å bruke innholdet av jern og/eller aluminium i jord, planter og kompost (lign.1). Både jern og aluminium er hovedbestanddeler i jord, men utgjør langt mindre del av plantemateriale.

$$f_{SR} = \frac{E_R - E_P}{E_S - E_P} \quad \text{lign.1}$$

hvor

f_{SR} - fraksjon av jord i råkompost/utgangsmateriale

$E_{S,P,R}$ – konsentrasjon av jern eller aluminium i hhv jord, planter og råmaterialet

Innholdet av jord i ferdig kompost kan ifølge Strom (2000) beregnes ved å inkludere nedbrytningen av organisk materiale (f_d) i beregningene (lign.2):

$$f_{SC} = f_{SR} \left(\frac{1}{1 - f_d + f_d \cdot f_{SR}} \right) \quad \text{lign. 2}$$

hvor

f_{SC} – fraksjon av jord i moden kompost

f_d - nedbrytningsgrad av organisk materiale

f_{SR} - fraksjon av jord i råkompost/utgangsmateriale

Vi har ikke benyttet denne metodikken for å beregne innholdet av jord i hageavfallskompost. Det er nødvendig med mer data for evt. å verifisere hvor god denne framgangsmåten er. Etter vår mening kan dette være en fornuftig måte å anslå innholdet av jord i kompost.

5.2. Organiske forurensninger i norsk jord

Det finnes få analysedata på innholdet av organiske forurensninger i jord. Noen undersøkelser finnes imidlertid som kan gi en indikasjon om forurensingsnivået (tabell 20).

Tabell 20: Antatte bakgrunnsnivåer for en del organiske forurensninger i norsk jord. Enhet: mg/kg TS.

	PCB	EOCI	PAH	DEHP+DBP ^a	Nonylfenol
Dyrket jord*	<0,001-0,007	0,09-0,28	<0,3**	0,17-1,1	<0,03
Skogsjord (0-5cm)#	0,0053-0,030				
Skogsjord – Aust-Agder*				0,53	
Skogsjord – Trøndelag*				0,064	

* (Amundsen *et al.*, 1997); ** (Amundsen *et al.*, 1997); # (Lead *et al.*, 1997); [†] (Aamot *et al.*, 1987) [□] Di-etylheksyl-ftalat og dibutyl-ftalat

På grunn av langtransport og deposisjon vil jord i Sør-Norge inneholde er "naturlig" høyere innhold av en del organiske forurensninger enn områder i Midt- og Nord-Norge. Analysene av skogsjord fra Aust-Agder og Trøndelag viser dette (tabell 20; Lead *et al.*, 1997).

De siste årene har det atmosfæriske nedfallet av α -HCH, γ -HCH og HCB i luft og nedbør på Lista vært målt. Luft- og nedbørkonsentrasjoner viser en nedadgående tendens (Aas *et al.*, 2002). Det atmosfæriske nedfallet av disse forbindelsene gir et visst bakgrunnsnivå for disse forbindelsene i jord, planter og dyr.

6. Bakgrunnsnivå av tungmetaller og organiske forurensninger i kompost

6.1. Sammensetning av matavfall

For å beregne omtrentlige bakgrunnsnivåer for miljøgifter i kompost kan det være fornuftig å skille mellom avfall med vegetabilsk og animalsk opprinnelse. I SFT-rapport 96:16 angis innholdet av nitrogen i matavfallet å være på 2,8 g/100g TS. Analyser av matavfall fra et utvalg norske komposteringsanlegg viser et gjennomsnittlig nitrogeninnhold på 2,3 g/100g TS. Vi legger til grunn et innhold på 2,5 g N/100g TS. Nitrogeninnholdet i norsk kjøttbeinmel er på ca 7,9 g/100g TS. Vi vet at innholdet i vegetabilsk avfall er lavt, men dette varierer mellom forskjellige fraksjoner av vegetabilier. Antas en konsentrasjon av nitrogen på 0,5 g/100g TS, får vi følgende likning:

$$X \cdot 0,5 + (1-X) \cdot 7,9 = 2,3$$

X = andel vegetabilsk avfall

Løsningen på denne likningen gir oss en andel vegetabilsk avfall på 73%. Dette stemmer bra med svenske beregninger (Kirchmann og Widen, 1994b) som fant at ca. 70% av bioavfallet bestod av vegetabilsk avfall. Til tross for betydelig usikkerhet, kan dette brukes som et estimat på innholdet av vegetabilsk og animalsk avfall i husholdningskompost.

6.2. Tungmetaller

Nedenfor er data for innhold av tungmetaller i organisk avfall, strukturmateriale, jord og kompost vist (tabell 21). Disse dataene utgjør grunnlaget for å anslå og diskutere bakgrunnsnivået av tungmetaller i kompost.

Tabell 21: Gjennomsnittlig innhold av tungmetaller i næringsmidler, strukturmateriale, jord og kompost i Norge. Enhet: mg/kg TS.

	Næringsmidler/organisk avfall		Strukturmateriale		Jord	Kompost*
	Vegetabilsk	Animalsk	Spon	Bark		
Cd	0,06	0,03	0,17	0,24	0,2	0,5
Pb	0,1	0,03	3,5	7,5	24	26
Hg	0,03	0,04	0,02	0,13	0,05	0,2
Ni	2	0,06	1,0	2,0	21	12
Zn	32	15	11	70	64	243
Cu	9	11	1,6	13	19	65
Cr	0,5	0,09	1,0	3,2	27	19

*Veid gjennomsnitt av data fra tabell 3.

Innholdet av Cd, Pb, Hg og Cr i bark er vesentlig høyere (4-5ganger) enn i vegetabilsk avfall, mens forskjellene er mindre for Zn, Cu og Ni. For "renere" strukturmateriale som spon (trolig også flis fra rent trevirke) er det mindre forskjeller, og for Zn og Cu er innholdet i vegetabilsk avfall høyere enn i strukturmaterialet. Bark og spon er brukt videre i beregningene for å vise virkningen av forskjellige strukturmateriale på innhold av tungmetaller i kompost.

På bakgrunn av disse dataene kan et antatt bakgrunnsnivå for bioavfallskompost og hageavfallskompost beregnes (tabell 22). Følgende fire antagelser er lagt til grunn for beregningene:

1. Det organiske avfallet i kompost består av 70% vegetabilsk og 30% animalsk avfall
2. Ved kompostering blandes 40% organisk avfall og 60% strukturmateriale (tørrstoff)
3. Mengden tørrstoff reduseres med 50% i komposteringsprosessen
4. Hageavfallskompost inneholder 10% jord.

Tabell 22: Beregnede bakgrunnsnivåer av tungmetaller i bio- og hage avfallskompost. Enhet: mg/kg TS. Det er beregnet to bakgrunnsverdier for bioavfallskompost basert på hhv. spon eller bark som strukturmateriale.

	KI 0	Råmateriale				Bakgrunnsnivå			
		Næringsmidler/mat		Strukturmateriale		Bioavfallskompost		Hageavfallskompost	
		Vegetabilsk	Animalsk	Spon	Bark	Spon	Bark		
Cd	0,4	0,06	0,03	0,17	0,24	0,2	0,3	0,4	
Pb	40	0,10	0,03	3,5	7,5	4,3	9,1	12	
Hg	0,2	0,03	0,04	0,02	0,13	0,1	0,2	0,1	
Ni	20	2,0	0,06	1,0	2,0	2,3	3,5	4,8	
Zn	150	32	15	10,8	69,4	34	105	79	
Cu	50	9,0	11	1,6	12,5	9,6	23	15	
Cr	50	0,50	0,09	1,0	3,2	1,5	4,1	6,5	

Det beregnede bakgrunnsnivået av tungmetaller i kompost utgjør en svært varierende andel av totalinnholdet i kompost og jord (tabell 23).

Tabell 23: Beregnet bakgrunnsnivå av tungmetaller i kompost angitt som prosent av målt innhold i kompost* og jord**. Enhet: %.

	Bakgrunn kompost: Målt kompost			Bakgrunn kompost: Jord		
	Bioavfallskompost m/spon	Hageavfallskompost m/bark		Bioavfallskompost m/spon	Hageavfallskompost m/bark	
Cd	46	61	73	122	164	195
Pb	16	34	47	18	38	51
Hg	31	115	88	101	365	280
Ni	20	30	41	11	17	23
Zn	14	43	32	54	164	123
Cu	14	35	22	51	119	77
Cr	8	22	35	6	15	24

*gjennomsnittlig innhold i norsk kompost; **gjennomsnittlig innhold i norsk dyrket jord

Innholdet av Cr, Cu, Zn, Pb og Ni i kompost synes i mindre grad å komme fra bakgrunnsmateriale (organisk avfall og strukturmateriale) enn tilfelle er for Cd og Hg. For kompost med det antatt laveste bakgrunnsnivået av tungmetaller (bioavfallskompost med spon som strukturmateriale), viser beregningene at ca. 90% av Cr, ca. 80-85% av Pb, Zn, Cu og Ni og ca. 50-70% av Cd og Hg i kompost må antas å komme fra forurensninger som strengt tatt ikke skulle vært tilstede i komposten. Dersom strukturmateriale med et høyere innhold av tungmetaller brukes (for eksempel bark) vil bakgrunnsnivået utgjøre en større prosentvis andel i den ferdige komposten (tabell 23). For hageavfallskompost viser beregningene av materialet som komposteres (gras, løv, kvist etc) utgjør 70-90% av Cd og Hg-innholdet, men anslagsvis bare 20-30% av Cu og Zn-innholdet.

Det er bakgrunnsnivået av Cd, Hg, Zn og Cu (i nevnte rekkefølge) som i gjennomsnitt er høyest i forhold til grensen for kvalitetsklasse 0 (tabell 22), mens bakgrunnsnivået av Cr, Ni og Pb er lavest i forhold til kriteriene i klasse 0. Dette stemmer brukbart med erfaringene med at det i første rekke er Cd, Zn og Cu som overstiger kvalitetskriteriene for klasse 0.

Innholdet av Cd, Hg og Zn i bakgrunnsmateriale er høyere enn i jord (tabell 23).

6.2.1. Organiske forurensninger

Datagrunnlaget for innhold av organiske forurensninger i næringsmidler, strukturmateriale og jord er betydelig dårligere enn for tungmetaller. Dette gjør det vanskelig å anslå bakgrunnsnivåer i ferdig behandlet kompost. Nedenfor er det gitt noen betraktninger rundt bakgrunnsnivået i kompost for en del organiske forurensninger hvor eksisterende data for innhold i næringsmidler og jord i Norge er vurdert, samt undersøkelser av utenlandsk kompost.

Ftalater

Ftalater spres i miljøet gjennom luft og vann og finnes derfor i jord og plantemateriale. Bakgrunnsnivået av ftalater i kompost skyldes trolig i størst grad avsetning på planter fra luft og i mindre grad opptak i plantemateriale via jord. I hageavfallskompost vil noe av ftalatinnholdet skyldes bidrag fra jord.

Bakgrunnsnivået av ftalater (DEHP+DBP) i jord er anslått til ca. 0,5 mg/kg. I bark av gran (Amundsen *et al.* 2001) ble det funnet 0,46 mg/kg TS av DEHP. Dersom vi antar at 0,5 mg/kg TS er bakgrunnsnivået av i strukturmateriale og jord, kan vi anslå bakgrunnsnivået i kompost til å ligge i området 0,2-0,4 mg/kg TS.

PAH

PAH dannes i forbrenningsprosesser (ufullstendig forbrenning) og finnes i et gitt bakgrunnsnivå i jord, planter og dyr. Innholdet i jord er vist å avta fra sør mot nord som følge av redusert atmosfærisk nedfall. Dersom vi antar at atmosfærisk nedfall er den viktigste kilden til PAH også i plantemateriale (lavt opptak fra jord til planter er vist), kan vi på bakgrunn av innholdet av PAH i jord (tabell 20) anta et bakgrunnsnivå i kompost på 0,1-0,2 mg/kg TS.

LAS

Den viktigste kilden til LAS er vaskemidler og LAS spres derfor ikke til jord og plantemateriale gjennom luft. Bakgrunnsnivået av LAS i kompost er derfor vanskelig å anslå, men er trolig svært lavt (<1 mg/kg TS).

Nonylfenol- og nonylfenoletoksilater

Som for LAS spres nonylfenol- og nonylfenoletoksilater først og fremst gjennom vann, slik at bakgrunnsnivået i kompost vil være lavt, trolig <0,1 mg/kg TS.

Klorerte pesticider

Data for klorerte miljøgifter finnes stort sett bare for animalske næringsmidler (kap. 3.2). Da mange av disse forbindelsene også spres gjennom luft, vil vegetabilsk materiale (både næringsmidler og strukturmateriale) inneholde et visst bakgrunnsnivå av disse forbindelsene. Kompostanalysene til Wågman *et al.* (1999) viser at en del klorerte pesticider finnes i konsentrasjonsområdet 0,01-10 µg/kg TS i antatt "ren" kompost. Bakgrunnsnivået for klorerte pesticider i norsk kompost ligger i dette konsentrasjonsområdet. Bakgrunnsnivået for PCB i norsk dyrket jord er tidligere anslått til 1-3 µg/kg TS.

Andre pesticider

Som vist (kap. 3.2) finnes en del pesticider i vegetabiliske næringsmidler. Innholdet av pesticider er betydelig høyere enn innholdet av klorerte miljøgifter/pesticider i animalske næringsmidler. Mens de klorerte miljøgiftene er funnet i konsentrasjoner i området fra 0,3-3 µg/kg friskvekt i fiskekjøtt (ca. 0,003 µg/kg friskvekt for dioksiner) til 13-1500 µg/kg friskvekt i fiskelever, er pesticidene funnet i konsentrasjonsområdet 10-40000 µg/kg i vegetabiliske næringsmidler. Nedbrytningen av de fleste pesticidene i komposteringsprosessen må antas å være langt større enn for klorerte organiske miljøgifter slik at konsentrasjonsnivået av pesticider i ferdig kompost ikke nødvendigvis trenger å være høyere enn av klorerte organiske miljøgifter. Som nevnt er flere av pesticidene som ble funnet i svenske avfallsprøver og kompost (Nilsson 2000), er også funnet i importerte vegetabiliske matvarer i Norge. Dette gjelder bl.a. soppmidlene vinklozolin (6,3 mg/kg i kiwi) og metalaxyl og insektmidlene β-endosulfan og bromopropylat.

Det er ikke mulig å anslå noe bakgrunnsnivå av pesticider i kompost. De aller fleste rester av pesticider vil trolig brytes ned, men som vist kan enkelte være stabile i komposteringsprosessen.

7. Kilder til kontaminering av kompost

I kapitlene foran er bakgrunnsnivået i kompost diskutert, og som vist for både tungmetaller og enkelte organiske forurensninger, er det antatte bakgrunnsnivået i kompost lavere enn det som vi i dag finner i norsk kompost. Dette innebærer at det gjennom produksjonsprosessen for kompost, fra avfallssortering til ferdig produkt leveres, tilføres forurensninger som øker innholdet i komposten.

Produksjonsprosessen for kompost er mangeartet på den måten at det er mange faktorer som spiller inn på det endelige produktet. Komposten kan kontamineres på ulike måter og på ulike stadier i prosessen:

1. Sortering i husholdningene
2. Transport til komposteringsanlegget
3. Tilsatsmidler i komposteringsprosessen
4. Sortering og behandling ved komposteringsanlegget

7.1. Sortering i husholdningene

For matavfallet er det flere veier en kan tenke seg fører til at miljøfarlige stoffer havner i matavfallsfraksjonen. Disse kan deles inn i:

- Stoffer som finnes i matavfallet (øker bakgrunnsnivået)
- Stoffer som finnes i feilsortert avfall

7.1.1. Økt bakgrunnsnivå

Stoffer som finnes i matavfallet utgjør som vist foran et bakgrunnsnivå for innholdet av miljøgifter i matavfallet. Innholdet av miljøgifter i matvarer som er godkjent som næringsmiddel skal normalt inneholde svært små konsentrasjoner av miljøfarlige stoffer. Visse unntak kan gjelde for deler av frukt og grønnsaker som normalt ikke er beregnet som næringsmiddel (for eksempel sitrusskall). Det samme kan være for ikke-næringsmidler som av kommunen er godkjent i matavfallsfraksjonen. Dette kan for eksempel være bleier, som en vet kan inneholde store mengder sink. I kompost hvor bleier utgjør en del av råvarene, vil innholdet av Zn trolig være høyere enn i kompost hvor bleier ikke finnes. Et forhøyet bakgrunnsnivå av enkelte forbindelser kan også skyldes at enkelte kommuner lar abonnentene bruke vanlige plastposer¹ til innsamling av matavfallet. Det innebærer automatisk at mer plast inngår i matavfallet. I tillegg kommer en mulig effekt av at avfallsbesitter kan oppfatte at plast inngår i komposterbart avfall og dermed kaster mer plastavfall.

7.1.2. Fremmedlegemer i kompost

En vanlig årsak til feilsortering av avfall og at fremmedlegemer havner i matavfallsfraksjonen, kan være at avfallsbesitteren er informert om deler av innsamlingsordningen, men ikke helt vet hvilke fraksjoner som ikke inngår i matavfallet. Typiske eksempler på avfall som naturlig havner i denne kategorien er ulike plasttyper,

¹ Det bør her skilles mellom vanlige plastposer og bioposer. Bioposer er laget av biologisk nedbrytbar plast. Disse er det normalt stilt egne krav til tungmetaller som er strengere enn de som er satt av miljømyndighetene gjennom Produktkontrollloven.

hermetikk- og aluminiumsemballasje. Denne kategorien utgjør trolig den største andelen av feilsortert avfall.

Den andre kategorien utgjøres av den lille andelen av avfallsbesittere som ikke bryr seg om kildesorteringen og som benytter seg av tilfeldig ledig containerplass. Problemet med denne antatt lille andelen feilsortert avfall, er at en her må ta utgangspunkt i at alle typer husholdningsavfall, inkludert farlig avfall, havner i matavfallsfraksjonen.

Rekken av produkter og stoffer som feilsortert kan havne i matavfallsfraksjonen er lang og trolig er listen betydelig lenger enn det som framgår av tabell 24.

Tabell 24: Fremmedlegemer i husholdningskompost og eksempler på produktgrupper hvor disse finnes i husholdningene

Fremmedlegeme	Eksempler på produktgruppe i husholdning
Plast	Bæreposer, innpakningsplast, PVC-plast
Glass	Klart og farget glass
Metall	Batterier, flaskekorker, hermetikkbokser, aluminiumsfolie, spiker, mynter, ledninger
Gummi	Pakninger, slanger
Tekstiler	Klær, brukte filler
Kosmetikk	Hudpleiemidler, sminke, parfyme
Lim	Trelim, metallim, plastlim (rester på trespon)
Maling	Malingsrester på filler, tørkepapir etc.
Lakk	Lakkrester på filler, tørkepapir etc.
Rengjøringsmidler	Rester av rengjøringsmidler på filler, tørkepapir etc.

De kvantitativt viktigste (volumbasis) fremmedlegemene i compost er nevnt først i tabell 24.

Det er imidlertid usikkert hvilken type fremmedlegemer som bidrar mest til ulike forurensninger. For å kunne vurdere dette noe nærmere, har vi brukt SFTs rapporter for omsetning og utslipp av miljøgifter i produkter.

7.1.3. Forurensninger i produkter

Kadmium

Ifølge Huse (2002) utgjorde innholdet i batterier/akkumulatorer ca. 97% av omsetningen av kadmium i år 2000. Andre kilder er offeranoder, bildeler (kadmierte bildeler) og mineralgjødsel. Ni/Cd-batterier er spesialavfall og det aller meste av dette tas hånd om av spesialavfallssystemet eller havner i det blandede batteriavfallet som mottas hos NOAH på Langøya. Det er ikke kjent hvor stor mengde Ni/Cd-batterier som havner i forbruksavfallet og evt. compost. I de tilfellene hvor dette skjer, vil komposten trolig ha et betydelig innhold av Cd som ligger langt over bakgrunnsnivået.

Sannsynligheten for at Ni/Cd-batterier havner i compost er liten. Forurensningen av compost med Cd vil derfor i størst grad komme fra metall-produkter hvor Cd inngår som en forurensning. Kadmium er imidlertid blant de metallene som i minst grad vil forurense compost som følge av fremmedlegemer.

Bly

Nærmere 52% av bly som finnes i produkter finnes i batterier og akkumulatorer (Huse 2002). Bly finnes bl.a. også i metalliske produkter (legeringer), blyhagl og ammunisjon (viktigste

kilden til Pb i miljøet fra produkter), glassvarer, maling, lakk, PVC og glasurer. Bly brukes i relativt mange produktgrupper. Den mest sannsynlige spredning av bly til kompost skjer trolig gjennom glassvarer, PVC-plast, glasurer og enkelte metalliske produkter (for eksempel flaskekapsler). I den grad malingsrester havner i komposten, vil disse produktene også utgjøre en betydelig Pb-forurensning av komposten. Flere blyforbindelser brukes som pigment/korrosjonsbeskyttelse i maling (blyoksider, blykromater, blyulfater). Bly kan også finnes også i bl.a. lim, bindemidler og trykkfarger.

For glassvarer, keramiske produkter og plast mener Huse (2002) det er lite utslipp i brukstiden. Utlekking av Pb fra ulike produkter ved lav pH og mye organiske syrer er imidlertid sannsynlig. Bly bindes bl.a. sterkt til organiske syrer.

Da Pb inngår i en lang rekke produkter er Pb blant de metaller som i størst grad vil forurense kompost som følge av fremmedlegemer.

Kvikksølv

Kvikksølv forekommer i dag først og fremst i tannfyllingsmaterialer (275 kg), lyskilder (114 kg) og ulike målere (40kg). Den stående massen av kvikksølv er relativt stor dvs. den mengden kvikksølv som finnes i produkter som allerede er omsatt. Dette kvikksølvet finnes i produkter med relativt lang levetid (batterier, termometre etc) og vil ved mangelfull kildesortering kunne utgjøre en kilde til kvikksølv i kompost i noen år framover. Sannsynligheten for at dette skal skje er liten.

Kvikksølv er sammen med Cd det metallet hvor fremmedlegemer i minst grad vil bidra til forurensning av kompost.

Nikkel

Nikkel finnes først og fremst i rustfrie råvarer (75%). Resten av nikkelet som omsettes i produkter finnes i støpte stålprodukter og forniklede produkter, mynter og medaljer, andre nikkellegeringer, batterier og akkumulatører. Nikkel finnes også i pigmenter, belegg til takplater og andre produkter til overflatebehandling. Mange av produktene har lang levetid både i bruksfase og som avfall og svært mye nikkel vil derfor finnes i produkter som er i bruk (stående masse).

Nikkel finnes med andre ord i en lang rekke produkter som kan havne i eller komme i kontakt med kompost og komposteringsprosesser og fremmedlegemer av metall vil derfor i stor grad kunne forurense komposten med Ni.

Sink

Forsinkede produkter utgjør nærmere 77% av den totale omsetningen av sink i 2000 (Huse 2002). De viktigste produktgruppene er i tillegg messing, sinkplater, batterier og akkumulatører, bunnstoff, grunninger og maling, samt gummidekk. Galvanisert spiker vil for eksempel være en sannsynlig kilde til sink i kompost særlig gjennom feilsortering ved bruk av trevirke som strukturmateriale.

Som for andre metaller finnes sink i produkter med lang levetid og vil gjennom dette utgjøre en kilde til sink i kompost i mange år.

Kobber

Kobber brukes i metalliske produkter i ulike legeringer, og inngår som kobberforbindelser i ulike kjemiske produkter. Produktene brukes bl.a. i elektriske ledninger, til taktekking,

takrenner og husholdningsprodukter. Andre viktige produktgrupper er rør og rørdeler (vannledninger), mynter, medaljer og messing. På lik linje med sink, bly og nikkel finnes kobber med andre ord i mange produktgrupper som kan påvirke innholdet i kompost.

Kobber finnes også i treimpregneringsmidler. Ikrafttreden av forskrift som begrenser produksjon og bruk av CCA-impregnert (CCA-kobber, krom og arsen) trevirke gjelder ikke kobber, bare krom og arsen. Selv om bruk av kobber til treimpregnering er redusert med ca. 75% fra 1990 til 2000, vil fortsatt bruk av kobber til treimpregnering gjøre at impregnert trevirke vil bidra til kobber i kompost også i årene framover.

Krom

Kromlegert stål er den produktgruppen hvor det meste krom omsettes (75%). Andre produkter som inneholder krom er støpte stålprodukter, treimpregneringsmidler, maling og lakk, ildfast stein og sement (Huse, 2002). Kromtrioksid brukes til garving av skinn og lær og kvalitetsskinn inneholder 4-5 vektprosent krom. En rekke kromforbindelser tilsettes som pigment/korrosjonsinhibitor i maling og ved produksjon av farget glass.

Bruk av krom til treimpregnering er redusert med ca. 60% fra 1990 til 2000. Som følge av forskriften om impregnering av trevirke, vil det etter 1.oktober 2002 ikke bli omsatt impregnert trevirke som inneholder krom.

Store mengder CCA-impregnert trevirke vil fortsatt være i bruk og feilsortering ved avfallsstasjoner kan gjøre at kompost kan forurennes med Cr gjennom forurenset strukturmateriale. Ellers finnes Cr i en rekke produkter (metall, skinn, lær, glass) som kan havne i kompost.

PCB

Ny bruk av PCB ble forbudt fra 1980 og det er etter den tid satt krav om at produkter som inneholder PCB skal fases ut. Dette gjelder for eksempel store PCB-holdige kondensatorer og transformatorer (fra 31.12 1994), små PCB-holdige kondensatorer i lysarmatur (fra 1.1. 2005) og PCB-holdige strømgjennomføringer (fra 1.1. 2010). Kravene til innsamling av PCB-holdige produkter er også blitt betydelig skjerpet de senere årene.

I dag antas at ca. 100 tonn PCB finnes i kondensatorer i belysning, 50 tonn i fugemasse, 80 tonn i betongtilsats og 200 tonn i isolerglasslim (Huse, 2002). Ved uforsvarlig håndtering av avfall kan produkter som inneholder PCB havne i kompost.

Diklorvos

Diklorvos inngår i plantevernmidler og brukes som biocid til bekjemping av parasitter og insekter (Huse, 2002). Det ble i år 2000 omsatt 1,06 tonn diklorvos til insektbekjemping. Det ble i 2001 gjort et funn av diklorvos i norskproduserte vegetabiliske næringsmidler.

Det er usikkert om diklorvos kan påvises i norsk kompost.

Kortkjedete klorerte parafiner

Kortkjedete klorerte parafiner har kjedelengde C10-C13. Disse brukes hovedsakelig som myknere og brannhemmende midler og som overflateaktive stoffer. Ifølge forskrift om kortkjedete klorparafiner er bruk og omsetning av disse forbindelsene forbudt fra 1.1.2002. I år 2001 ble det omsatt 13 tonn kortkjedete parafiner (Huse, 2002). Hovedmengden av disse stoffene følger produktene (hovedsakelig plast) og vil ende opp som avfall ved endt levetid.

Kortkjedete klorerte parafiner vil trolig kunne påvises i norsk kompost.

Klorerte løsningsmidler

De tre viktigste klorerte løsningsmidlene er triklormetan, trikloreten (TRI) og tetrakloreten (PER). Disse finnes i hovedsak i laboratoriekjemikalier, lim og fugemasse. PER brukes også til tekstilimpregnering.

De klorerte løsningsmidlene er flyktige og bruksområdene for de fleste produktene som inneholder disse løsemidlene tilsier at løsemidlene vil fordampe. Det er lite sannsynlig at disse stoffene vil finnes i norsk kompost.

Brommerte flammehemmere

De viktigste bruksområdene for brommerte flammehemmere er i plastkomponenter i elektrisk og elektronisk utstyr, kretskort, PC-eksteriør, kontakter og brytere og lignende), i transportmidler (fly, tog, biler) og i ekspandert polystyren (isolasjonsmateriale) (Huse, 2002).

Pentaklorfenol

Det er ikke registrert omsetning av pentaklorfenol de siste fem årene i Norge (Huse, 2002).

1,2-dikloretan

1,2-dikloretan er dels et mellomprodukt og dels et innsatskjemikalie i PVC-produksjon. Det antas at forekomst i og utslipp fra produkter er ubetydelig. For år 2000 ble det registrert en omsetning på 2,6 tonn (Huse, 2002).

Hexaklorbenzen, triklorbenzen, klorerte alkybenzener, dioksiner og furaner

Disse stoffene dannes ved forbrenning når klor er tilstede. De viktigste utslippskildene er avfallsforbrenningsanlegg og enkelte industribransjer. Forekomsten i og utslipp fra produkter antas å være ubetydelig (Huse, 2002).

Tributyltinn-forbindelser

Tributyltinn-forbindelser brukes hovedsakelig i bunnstoffer på store skip og til treimpregnering. Impregnering vil også finnes i rivningsavfall fra bygg- og anleggsbransjer og husholdninger. Dette avfallet representerer TBT-forbindelser omsatt gjennom flere år. Det er usikkert hvor store mengder TBT som finnes i impregnering i dag (Huse, 2002).

Rivningsavfall som havner i kompost for eksempel som strukturmateriale vil kunne forurense kompost med TBT-forbindelser. Forurensningsnivået vil imidlertid være lavt og det er lite sannsynlig at TBT-forbindelser vil kunne påvises i norsk kompost.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH finnes hovedsakelig i kreosot som brukes til treimpregnering og i asfalt. Mengdene som brukes til treimpregnering er redusert med ca. 35% siden 1991. Rivningsavfall fra bygge- og anleggsbransjen og fra husholdninger vil inneholde noe kreosot-impregnering. Mengdene er ikke kjent (Huse, 2002).

I kompost hvor resirkulert trevirke brukes som strukturmateriale vil kunne forenes av PAH fra kreosotimpregnerte materialer.

Alkyfenoler og alkylfenoletoksilater

Alkyfenoler og alkylfenoletoksilater brukes i en rekke produkttyper, bl.a. bilvaskemidler, andre rengjøringsmidler og i vannbasert maling og lim. Bruken av nonyl- og oktylfenol/-etoksilater i rengjøringsmidler ble kraftig redusert fra 1997 til 1998 (93%). Også mengden nonyl- og oktylfenol/-etoksilater i produkter til bil og i maling og lakk ble redusert fra 1997 til 1998. Etter at forskrift om nonylfenol og oktylfenol og deres etoksilater ble iverksatt fra 1.1.2002, kan det forventes en reduksjon i bruk og spredning av disse stoffene. Forskriften omfatter ikke bruk i maling- og lakkprodukter og smørølje. Disse produktgruppene utgjorde i år 2000 ca. 52% av den totale omsetningen av nonyl- og oktylfenol/-etoksilater.

Kationiske tensider

Omsetningen av kationiske tensider er redusert med mer enn 96% siden 1989 (Huse, 2002). Dette skyldes at disse tensidene tidligere ble brukt i tekstilskyllmidler, en bruk som nå er kraftig redusert. De kationiske tensidene i tøyskyllmidler ble etter 1992 erstattet med lett nedbrytbarre forestrede kationiske detergenter. Kationiske tensider benyttes i dag først og fremst i bilvoks, rengjøringsmidler, avfettingsmidler og tørremidler.

Denne type tensider kan havne i den organiske avfallsfraksjonen for eksempel gjennom tørkepapir og filler som er brukt til rengjøring. Mengdene antas å være beskjedne og det er usikkert om disse tensidene kan påvises i norsk kompost.

Muskxylen

I år 2000 ble det registrert under 100 kg muskxylen og muskketon i Produktregisteret (Huse, 2002).

Alle stoffene over står på miljøvernmyndighetenes A- og B-lister over stoffer som skal reduseres vesentlig innen år 2000 og søkes stanset inne år 2005 (A-listen) eller stoffer der utslippene skal reduseres vesentlig inne år 2010 (B-listen).

Ftalater

Ftalater står ikke på A- eller B-listen, men finnes listen over stoffer en skal være spesielt oppmerksomme på (OBS-listen). Ftalater brukes i plastikkherdere, som bindemidler til maling og lim etc, i begreingshindrende maling, lim, myknere (plastikk-, gummi-, maling-, lim-), løsemidler, tekstilimpregneringsmidler, trykkfarger og fugemidler.

Ftalater vil forurense kompost i første rekke gjennom ulike plastprodukter. Ifølge noe industri er bruken av DEHP (Di-2-etylheksyl-ftalat) i ferd med å avta, mens bruken av DINP (Diisononyl-ftalat) øker.

LAS

LAS er ikke noen prioritert forurensning og finnes ikke på noen av myndighetenes lister (A-, B- eller OBS-listen). LAS finnes i første rekke i ulike vaskemidler og forurensning av kompost kan skje ved at vaskemiddelrester havner i komposten.

7.1.4. Sammendrag: forurensninger i produkter

I tabell 25 er det gitt en oppsummering av hvilke forurensninger som finnes i ulike produktgrupper.

Tabell 25: Produkter og produktgrupper som inneholder ulike metaller og organiske miljøgifter.

Forurensning	Produktgrupper
Kadmium	Batterier/akkumulatører (97%), offeranoder, bildeler (kadmierede bildeler) og mineralgjødsel.
Bly	Batterier/akkumulatører (52%), metalliske produkter (legeringer), blyhagl og ammunisjon (viktigste kilden til Pb i miljøet fra produkter), glassvarer, maling, lakk, PVC og glasurer.
Kvikksølv	Tannfyllingsmaterialer (64%), lyskilder (27%), ulike målere (9%)
Nikkel	Rustfrie råvarer (75%), støpte stålprodukter, forniklede produkter, mynter og medaljer, andre nikkellegeringer, batterier og akkumulatører, pigmenter, belegg til takplater og andre produkter til overflatebehandling.
Sink	Forsinkede produkter (77%), messing, sinkplater, batterier og akkumulatører, bunnstoff, grunninger og maling, gummidekk.
Kobber	Metalliske produkter i ulike legeringer, og inngår som kobberforbindelser i ulike kjemiske produkter, treimpregneringsmidler, elektriske ledninger, til taktekking, takrenner og husholdningsprodukter, rør og rørdeler (vannledninger), mynter, medaljer og messing.
Krom	Kromlegert stål (75%), støpte stålprodukter, treimpregneringsmidler, maling og lakk, ildfast stein og sement, skin, pigment/korrosjonsinhibitor i maling, farget glass.
PCB	Isolerglasslim (47%), kondensatorer i belysning (23%), fugemasse (12%), betongtilsats (18%).
Kortkjedete klorerte parafiner	Hovedsakelig i plast (myknere, brannhemmende midler, overflateaktive stoffer).
Klorerte løsningsmidler	Triklormetan, trikloreten (TRI), tetrakloreten (PER). Laboratoriekjemikalier, lim og fugemasse. PER brukes også til tekstilimpregnering.
Bromerte flammehemmere	Plastkomponenter i elektrisk og elektronisk utstyr, kretskort, PC-eksteriør, kontakter og brytere og lignende, transportmidler
1,2-dikloretan	Mellomprodukt og innsatskjemikalie i PVC-produksjon.
Hexaklorbenzen, triklorbenzen, klorerte alkylbenzener, dioksiner og furaner	Dannes ved forbrenning når klor er tilstede. De viktigste utslippskildene er avfallsforbrenningsanlegg og enkelte industribransjer.
TBT	Bunnstoffer på store skip; treimpregnering.
PAH	Kreosot (treimpregnering) og asfalt.
Alkyfenoler og alkyfenoletoksilater	Bilvaskemidler, andre rengjøringsmidler og i vannbasert maling og lim.
Kationiske tensider	Bilvoks, rengjøringsmidler, avfettingsmidler og tørremidler.
Ftalater	Plastikkhardere, som bindemidler til maling og lim etc, i begroingshindrende maling, lim, myknere (plastikk-, gummi-, maling-, lim-), løsemidler, tekstilimpregneringsmidler, trykkfarger og fugemidler.
LAS	Vaskemidler

Gjennomgangen indikerer at det for metallene i første rekke er Cr, Pb, Zn, Ni og Cu som vil kunne forurense komposten gjennom ulike fremmedlegemer. Årsaken er at disse metallene finnes i flere produkter enn tilfelle er for Cd og Hg, hvor forurensningen fra fremmedlegemer trolig vil utgjøre en betydelig mindre del av den totale forurensningen.

For de organiske miljøgiftene nevnt over, er det i første rekke ftalater (plast og gummi), kortkjedete klorerte parafiner (plast), brommerte flammehemmere (plast) og evt. PAH-forbindelser (impregnert trevirke) som mest sannsynlig vil kunne forurense kompost gjennom fremmedlegemer i kvantifiserbare konsentrasjoner.

I år 1999-2000 ble det gjennomført en undersøkelse for å verifisere hvilke stoffgrupper som finnes i maling- og lakkprodukter, hvilke produktgrupper disse tilhører og mengde stoffer. Stoffgruppene og totale mengder i maling- og lakkprodukter er vist i tabell 26.

Tabell 26: Oversikt over totale mengder stoffer/stoffgrupper i maling- og lakkprodukter i 1995-96, 1998 og 1999.

Stoffgruppe	1995-96	1998	1999
Bly/blyforbindelser	125	16,4	15,2
Kobber/kobberforbindelser	330	7,2**	8,9**
Krom/kromforbindelser	173	22,7	23
Azofargestoffer	-	17,4	29,4
Organiske biocider	-	108	150
Bisfenol A, Bisfenol A-forbindelser	1200	1500	*
Flammehemmere	-	0	0
Ftalater	100	97,2	33,9
DEGME/DEGBE (glykoletere)	-	121	124
Isocyanater	-	141	*
Klorparafiner (C ₁₀ -C ₁₃)	15	<1	<1
Klorparafiner, andre	100	64	*
Alkylfenoler og deres etoksilater	110	59	93
Tinnorganiske forbindelser	75	41,9	38,1
PAH	-	0,35	0,11
Andre	-	782	331

*-Opplysninger ikke innhentet

**-Cu₂O er ikke med i kartleggingen da denne forbindelsen ut fra dagens kunnskap ikke fyller kriteriene for å stå oppført på Obs-listen.

Det har vært en markert nedgang i forbruket av helse- og miljøfarlige stoffer i maling- og lakkprodukter fra 1995/96 til 1999. Nedgangen er tydelig for tungmetallforbindelser med bly, kobber og krom. For de organiske miljøgiftene er situasjonen noe variabel. Bruken av ftalater og klor-parafiner er betydelig redusert. For alkylfenolene og deres etoksilater er nedgangen forholdsvis beskjeden. Det er ikke grunnlag for å vurdere bruksutviklingen for organiske biocider, da det ikke foreligger fullstendige opplysninger for 1995/96. Det brukes ikke brommerte organiske forbindelser som flammehemmere i maling og lakk.

De organiske biocidene diklofluanid, klortalonil, folpet, tolylfluanid (alle soppmidler) er alle funnet i vegetabiliske næringsmidler i 2001 (Johansen *et al.*, 2002). Av disse brukes diklofluanid i størst mengder i maling og lakkprodukter (97 tonn i 1999), mens tolylfluanid og folpet ble brukt i hhv. 26,9 og 6,4 tonn i 1999.

Maling- og lakkprodukter er en så vidt kjent spesialavfallsfraksjon at de aller fleste vet at dette er avfall som ikke skal kastes i matavfallet. Rester av maling og lakk kan imidlertid havne i kompost via tørkepapir eller forurensede tekstiler og via feilsortering i trevirke som brukes som strukturmateriale.

7.2. Transport av avfall til komposteringsanlegget

Ved transport til komposteringsanlegget og eventuelt mellomlager kan det i visse tilfeller forekomme noe innblanding av restavfall i de kommuner der innsamling av restavfallet foretas med de samme kjøretøyene. Imidlertid forventes denne sammenblandingen å være liten, avfallsselskapene har normalt etablert rutiner for rengjøring av kjøretøyene før de brukes til innsamling av matavfall.

Allerede ved innsamling og transport kan pH i avfallet synke til 4,0. Dette kan føre til en viss korrosjon på metall som har havnet i matavfallet og vil kunne føre til utlekking av bl.a Pb, Zn, Ni og Cr.

Tilsvarende korrosjon pga organiske syrer vil kunne skje mellom avfallet og metallbeholderen på transportmiddelet. En kjenner til at det ble etset hull i stålplater i eldre avfallsbiler i Stavanger-regionen som følge av aggressiv væske fra matavfallet. (kilde: Orio/Rogalands Avis 20.09.02; <http://www.orio.no/norsas>) Normalt er tiden avfallet er i kontakt med kjøretøyet relativt kort og dette antas derfor ikke å ha noen stor effekt på innholdet av tungmetaller i matavfallet.

7.3. Tilsatzmidler i komposteringsprosessen

I komposteringsprosessen blandes matavfallet med strukturmateriale. Som vist varierer innholdet i strukturmateriale på grunn av ulike bakgrunnsverdier i jord og ulikt atmosfærisk nedfall av langtransporterte og eller lokalt (vei, industri etc.) produserte luftforurensninger. I Tyskland reguleres komposteringen av organisk avfall i Bioavfallverordnung av 25. sep 98. Her er det i vedlegg 1 satt opp en liste over organisk avfall som kan resirkuleres gjennom blant annet kompostering og biogassbehandling. I vedlegget er det lagt inn et forbud mot resirkulering av avfall fra veistrekninger med mindre det kan dokumenteres at innholdet av tungmetaller ikke overskrider grensene for tungmetaller. Et unntak gjelder for resirkulering til grøntanlegg.

For avfallstrevirke som oppstår ved avfallsanleggene er situasjonen litt spesiell. De fleste avfallsanleggene har i dag opprettet gjenvinningsstasjoner, der befolkningen og lokalt næringsliv kan levere forskjellige rensorterte avfallsfraksjoner. De fleste anleggene skiller mellom rent/ubehandlet trevirke og behandlet trevirke². Sorteringen av trevirket overlates i mer eller mindre grad til avfallsbesitteren selv. Dette betyr at det i fraksjonen rent/ubehandlet trevirke er en ikke ubetydelig risiko for at noe av trevirke er behandlet. Flere kompostanlegg i Norge har de siste årene tatt i bruk denne fraksjonen til kompostering.

Det foreligger lite data på kvaliteten av sortert trevirke. Analysene av ulike strukturmateriale i (tabell 16) antyder allikevel at sortert trevirke kan inneholde til dels betydelige mengder tungmetaller.

Innholdet av tungmetaller i kalk er vanligvis svært lavt og betydelig lavere enn det som finnes i jord. Data fra Erstad (1992) viser at det gjennomsnittlige innholdet (mg/kg TS) i en del kalkingsmidler er: Pb 1,9; Cd 0,17; Ni 3,2; Cu 2,7; Cr 1,6. Innholdet av disse tungmetallene i kalkingsmidler vil derfor ikke bidra til å heve bakgrunnsnivået i komposten. Det er imidlertid

² Navnet på fraksjonene kan variere fra anlegg til anlegg.

vist at enkelte kalkingsmidler kan inneholde relativt høye konsentrasjoner av Cd (1,3 mg/kg TS). Det vil derfor være viktig å foreta analyser av kalk som brukes ved kompostering.

7.4. Sortering og behandling ved komposteringsanlegget

7.4.1. Sortering ved komposteringsanlegget

På selve komposteringsanlegget går matavfallet normalt først gjennom en forbehandling. Her kvernes avfallet og i anlegg som mottar avfallet i plastposer brukes ofte en poseåpner der noe av platen skilles ut. På de fleste anlegg foregår også en viss grad av utsortering av større fremmedlegemer som ikke kan gå i kvernen. Dette kan være store metallgjenstander og annet avfall som ikke lar seg kompostere og som kan skade kvernen.

For selve kverneprosessen gjelder de samme betraktninger omkring kontakt med metallet i kvernen som for transportkjøretøyene. Forskjellen er at mer av avfallet kommer i kontakt med kvernen men at kontakttiden er enda kortere. Mekanisk slitasje kan imidlertid gjøre at dette behandlingstrinnet utgjør en noe større risiko for tilførsel av tungmetaller. Slitasjen på kvernen kan la seg undersøke ved å se på vektup på de delene av kvernen som er mest utsatt for slitasje og sammenholde dette med data om materialets sammensetning. Det er ikke kjent at dette er gjort noen steder.

Operasjonen med poseåpning og eventuell utsortering av plast og andre fremmedlegemer gjør at en del av plastmaterialet skilles ut før selve komposteringsprosessen. Plukkanalyser gjort i anlegg med vanlige plastposer til innsamling og utsortering av platen har vist at innholdet av utsortert plast i slike anlegg kan ligge på om lag 1,1% basert på tørrvekt av platen (Lystad *et al.* 1999). Vår erfaring er at innholdet av plast inn i komposteringsanlegget i anlegg som tillater plastposer i innsamling er sammenlignbart med andre anlegg etter den innledende utsorteringen. Dette betyr at forskjellen mellom de to innsamlingsmetodene ligger i eventuelle miljøgifter som frigjøres fra platen før denne sorteres.

7.4.2. Komposteringsprosessen

I selve komposteringsprosessen blir matavfallet varmet opp ved hjelp av mikrobiell aktivitet til temperaturer rundt 60 °C og unntaksvis helt opp til 80°C. Ved denne temperaturøkningen kan det antas at eventuelle forurensninger i plast, glass, metall og tekstiler mobiliseres. I de fleste komposteringsanlegg vendes komposten ved hjelp av vendemaskiner eller tilsvarende innretninger. Denne omrøringen kan ha to effekter. For det første innebærer kontakten mellom avfallet og metallet i vendemaskinen at ulike fremmedlegemer rives opp til mindre biter. Dette kan tenkes å øke utlekking fra fremmedlegemer i en viss grad. Videre fører den mekaniske slitasjen og de lave pH-verdiene i avfallet til muligheter for slitasje av metaller fra vendemaskinen. Slitasjen på vendemaskinene er i likhet med slitasjen på kvernen mulig å kartlegge. Den lave pH i matavfallet³ gjør også at komponenter i lukkede anlegg utsettes for korrosjon. Dette gjelder ikke bare vendemaskin og transportsystemer, men også selve reaktorkonstruksjonen. Denne kan være laget av stål, aluminium, betong og trematerialer. Det er kjent at norske anlegg har konstatert at betongen i kompostbingene har blitt korrodert bort. Betong kan inneholde rester av maling hvor det kan finnes tungmetaller og betong med Borvibet (produsert i 1960-72) kan inneholde PCB.

(Flere kompostanlegg produserer prosessvann. Dette er overskuddsvann som særlig oppstår i begynnelsen av prosessen, før komposten tørker opp, men det kan også oppstå som følge av nedbør eller for mye vanning. Som følge av den lave pH er det sannsynlig at dette prosessvannet kan inneholde høyere konsentrasjoner av tungmetaller enn komposten målt i

³ Vi har i norske anlegg erfaring med at pH gjennom hele komposteringsanlegget kan ligge i området 4,0-5,5

forhold til tørrstoffet. I de anlegg som benytter seg av resirkulering av prosessvannet vil dette kunne føre til en noe høyere konsentrasjon av tungmetaller enn i de som ikke resirkulerer prosessvannet.

Etter avsluttet kompostering blir komposten normalt siktet. Tidspunktet for sikting er litt forskjellig på anleggene, men denne forskjellen er trolig av mindre betydning. Sikting foregår ved forskjellig maskevidde, normalt fra 10-20 mm. Sikteresten består av strukturmateriale som ikke er nedbrutt og størstedelen av gjenværende plast. Etter sikting består komposten normalt av mindre enn 0,5 TS-% fremmedlegmer. Dette er maksimumsgrensen i gjødselvereforskriften. I en undersøkelse av usiktet og siktet kompost (n=5) utgjorde andelen fremmedlegemer i usiktet kompost i snitt 3,2% (1,6-5,4%), plast utgjorde 62% (41-93%) av dette. I siktet kompost var andelen fremmedlegemer 0,30% (0,17-0,50%), plast utgjorde her 34% (14-48%) av fremmedlegemene. (Aasen, 2001).

8. Oppsummerende vurdering

8.1. Naturlig bakgrunnsnivå i kompost

Det beregnede gjennomsnittlige bakgrunnsnivået for tungmetaller i kompost er beheftet med betydelig usikkerhet. Innholdet av tungmetaller i strukturmateriale er generelt høyere enn i vegetabilsk og animalsk avfall og vil derfor være bestemmende for innholdet i komposten. Mengden strukturmateriale er også vanligvis høyere enn mengden organisk avfall i komposteringsprosessen. Bruk av rent strukturmateriale som spon og flis av ubrukt trevirke vil gi de laveste bakgrunnsnivåene, mens bruk av for eksempel bark vil gi høyere bakgrunnsverdier. De beregnede bakgrunnsnivåene i bioavfallskompost med spon og bark som strukturmateriale og hageavfallskompost, viser at bakgrunnsverdiene kan variere med en faktor 2-4.

For Cd og Hg er det relativt liten margin mellom beregnet bakgrunnsnivå i komposten og kvalitetskriteriene i klasse 0. For Cd, Hg og Zn utgjør bakgrunnskonsentrasjonen i kompost 50-100% av kvalitetskravene til klasse 0, mens bakgrunnsnivået for Pb, Ni, Cu og Cr utgjør inntil hhv. 30%, 24%, 46% og 13% av kvalitetskravene til kl.0. Dette illustrerer at det for Cd, Hg, Zn og Cu vil være vanskeligere å tilfredsstille klasse 0-kvalitet og at renheten av strukturmateriale har større betydning for disse metallene enn for andre metaller.

Regionale forskjeller i bakgrunnsnivåer i strukturmateriale bestemmes bl.a. av innholdet i berggrunnen og det atmosfæriske nedfallet (lokalt og langtransportert). Innholdet av tungmetaller i berggrunnen varierer med en faktor 5-10. Det atmosfæriske nedfallet av Cd og Pb er ca. 5 ganger høyere på Sørlandet enn i Midt-Norge, men forskjellene er mindre for andre tungmetaller. I tillegg til disse variasjonene er det som vist naturlige variasjoner i innholdet av metaller i ved og bark. Disse variasjonene, sammen med et begrenset datamateriale, gjør det ikke mulig å si noe spesifikt om regionale forskjeller i bakgrunnsnivåer i kompost.

For å få sikrere analysedata for bakgrunnsnivået av miljøgifter i kompost, må flere analyser av ulike typer strukturmateriale gjennomføres. Det er på dette området kunnskapsmangelen er størst. En slik undersøkelse vil også gi en indikasjon på hvilke avfallsfraksjoner som ikke bør brukes som strukturmateriale.

8.2. Miljøgifter i ulike komposttyper

Det er i dette prosjektet arbeidet med husholdningskompost og hageavfallskompost. Eksisterende datamateriale for innholdet av miljøgifter i norsk kompost er ikke tilstrekkelig for å kunne si noe om forskjellene på disse komposttypene. På bakgrunn av det vi vet om innholdet av miljøgifter i produkter (fremmedlegemer i kompost – plast, metall, glass), er det imidlertid grunn til å tro at kompost av bioavfall fra husholdningene vil inneholde flere typer og høyere konsentrasjoner av miljøgifter enn hageavfallskompost. Hageavfall blandes ofte inn i matavfall fra husholdninger og vil utgjøre en del av bakgrunnsnivået som finnes i denne komposten.

Kompost av hage- og parkavfall vil inneholde mer jord enn annen kompost. Dette vil som vist gjøre utslag i første rekke for metaller som Pb, Ni og Cr som finnes i større mengder i jord relativt til plantemateriale. Innhold av jord i kompost vil derfor kunne medføre høye bakgrunnsverdier for Ni og Cr i kompost som følge av et naturlig høyt innhold i jord. Dette kan for eksempel være tilfelle i en del områder i Oslofeltet, i Trøndelag og i andre områder hvor olivin og grunnstein utgjør en del av jordmineralene.

Mange av de produkter som er laget de siste 10-20 årene vil etterhvert havne i avfall. Dette kan gjelde produkter som brukes i husholdningene (termometre, plast, batterier, gummi etc) eller det kan være produkter som finnes i bygningsmasse (for eksempel impregnert og malt trevirke). Dette betyr også at selv om nivåene av uønskede forbindelser i dagens produkter er lave, finnes en betydelig mengde "stående masse" av miljøgifter i produkter som nå etter hvert kastes. En fortsatt forbedring av kildesorteringen vil derfor fortsatt være ønskelig.

8.3. Avfallsstrøm og miljøgifter i kompost

Kildesorteringen i husholdningene, utsortering av fremmedlegemer før kompostering og innblanding av strukturmateriale er de prosessene i produksjonsprosessen av kompost hvor det trolig er mest å hente for å kunne redusere innholdet av miljøgifter.

Forbedret kildesortering for å luke ut mest mulig fremmedlegemer fra det organiske husholdningsavfallet vil fortsatt være viktig. Andelen fremmedlegemer er ikke stor (i dag ca. 1,6-5,4%), men en reduksjon vil trolig likevel ha betydelig effekt på dagens miljøgiftinnhold i kompost.

Utsortering av fremmedlegemer bør gjøres så tidlig i produksjonsprosessen som mulig. Lav pH og mye løste organiske syrer i komposten vil kunne mobilisere betydelige mengder miljøgifter gjennom komposteringsprosessen. Oppmaling og oppdeling av fremmedlegemer i komposteringsprosessen vil også bidra til dette.

8.4. Oppfølgende undersøkelser

- Det bør utføres flere analyser av sortert organisk husholdningsavfall, strukturmateriale og ferdig kompost i Norge. Slike undersøkelser bør planlegges og gjennomføres på en slik måte at betydningen av sorteringsrutiner i husholdningene og ved komposteringsanleggene for innholdet av miljøgifter kan avdekkes.
- Analyser av strukturmateriale bør ta sikte på å dokumentere innholdet i ulike typer materiale og regionale forskjeller i disse. Analyser av hage- og parkavfall (strukturmateriale) som er samlet inn langs vei vil kunne vise om dette er et potensielt problem ved norske komposteringsanlegg.
- Undersøkelser av utlekking av enkelte miljøgifter fra fremmedlegemer som plast, metall og glass vil kunne gi en indikasjon på mengde miljøgifter som ulike fremmedlegemer kan bidra med i en kompost. Dette vil også gi en klar indikasjon på betydningen av en tidlig utsortering av fremmedlegemer fra produksjonsprosessen.
- Analyser av norsk kompost bør samles i en sentral database. Informasjon om kildesortering, strukturmateriale og komposteringsprosessen må inngå i databasen.

9. Referanser

- Aamot, E., Steinnes, E. and Schmid, R. 1996. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Norwegian forest soils: impact of long range atmospheric transport. 92, 3, 275-280.
- Aas, W., Tørseth, K., Solberg, S., Bergm T., Manø, S. og Yttri, K. E., 2002. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosferisk tilførsel, 2001. Rapport TA-1882/2002. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100, Dep, 0032 Oslo.
- Aasen, R., 2001. Fremmedlegemer i kompost. Vurdering av metoder for påvisning av fremmedlegemer. Jordforsk-rapport nr. 104/01, 22s. Jordforsk, Frederik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.
- Aasen, R. og Lystad, H., 2002. Bruk av strukturmateriale i kompostering av våtorganisk avfall. Jordforsk-rapport 26/02, 45s. Jordforsk, Frederik A. Dahlsvei 20, 1432 Ås.
- Alne, J.I. og Gjerstad, K.O. 1998. Bly og kadmium i poteter og grønnsaker. SNT-rapport 7:98. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo.
- Amundsen, C. E., Almås, Å. og Singh, B. R., 2000. Cadmium in soil, soil solution, and plants. Data as basis for risk assessment of Cd in mineral fertilisers. Jordforsk-rapport nr. 1/2000. Jordforsk, Frederik A Dahlsvei 20, N-1430 Ås.
- Amundsen, C. E., Andersen, S., Vethe, Ø. og Esser, K., 1997. Organic Contaminants in Some Norwegian Sludge Amended Soils. Konferanse: "Management and Fate of Toxic Organics in Sludge Applied to Land". København, April-mai 1997.
- Amundsen, C. E., Eggen, T. og Lystad, H., 2001. Stabilitet og nedbrytning av organiske forurensninger i avløpsslam ved stor-skala kompostering. Resultater fra rankekompostering ved Lindum Ressurs og Gjenvinning. TEMA-NORD rapport nr. 2001:588. Nordisk Ministerråd.
- Amundsen, C. E. og Grønlund, A., 1997. Balansebergninger for tungmetaller i dyrket jord i Norge. Jordforsk-rapport nr. 92/97, 30s. Jordforsk, Fredrik A Dahlsvei 20, N-1430 Ås.
- Amundsen, C. E., Hartnik, T. og Linjordet, R., 1997. Forekomst og stabilitet av organiske miljøgifter i jord tilført avløpsslam. Kjemiske og mikrobiologiske endringer etter slamtilførsel. Jordforsk-rapport nr. 139/97, 29s. Jordforsk, Frederik A Dahlsvei 20, N-1432 Ås.
- Amundsen, C. E., Lombnes, P. og Vigerust, E., 1995. Tungmetaller i jord. SFT-rapport 95:18. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.
- Barland, K. 1998. Kartlegging av innhold av tungmetaller i reker. SNT-rapport 2:98. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo.
- Eitzer, B. D., Lannucci-Berger, W. A., Mark, G. og Zito, C., 1997. Fate of toxic compounds during composting. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 58: 953-960.
- Eriksen, G.S. 1993. Miljøgifter i næringsmidler. Innsamling av data og prioriterte analyser. SNT-rapport 7/1993. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo.
- Erstad, K-J. 1992. Heavy metal and accessory element contents in liming materials of carbonate origin markedet in Norway. Rapport 6/1992, 73s. Statens forskningsstasjoner i landbruk, Fureneset Forskningsstasjon, N-6994 Furre.
- Esser, Kjell B., 1996. Reference concentrations for heavy metals in mineral soils, oat and orchard grass (*Dactylis Glomerata*) from three agricultural regions in Norway. *Water, Air and Soil Pollution.* 89: 375-397.
- Frydenlund, J. og Øvrevoll, B. 2002. Miljøgifter i hval og enkelte arter av marin fisk. SNT Arbeidsrapport 4/2002. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo.
- Genevini, P. L., Adani, F., Borio, D. og Tambone, F., 1997. Heavy metal content in selected European commercial composts. *Compost Science & Utilization.* 5(4): 31-39.
- Gjengedal, E. 1992. Uptake and mobility of metals in naturally growing plant species in catchments subjected to long-term experimental changes in soil acidification. Dr.scient avhandling 1992. Kjemisk institutt, AVH, Norges teknisk naturvitenskapelige universitet.
- Gjerstad, K.O. 2002. Tungmetaller i næringsmidler. Undersøkelser av bly og kadmium i produktene sjampinjong, øl, te, soyabønner og solsikkeolje i perioden 2001/2002. SNT Arbeidsrapport 6/2002. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo.
- Haraldsen, T.H. og Aastveit, A.H. 1997. Dyrkingsforsøk med slam fra Fritzo Fiber AS. Jordforsk-rapport 18/97. Jordforsk, Frederik A ahlsvai 20, 1432 Ås.

<http://www.orio.no/norsas/orioprk1.nsf/75b570013b03c3d94125675e0073391f78e33524f8e4d82dec1256c3a0038826b?OpenDocument>

Huse, A., 2002. Miljøgifter i produkter 2000. SFT-rapport TA-1894/2002. 53s + vedlegg. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.

Johansen, K., Holen, B., Christiansen, A., Blom, C. og Tomtun, M., 2002. Rester av plantevernmidler i vegetabiliske næringsmidler 2001. SNT-Rapport 7 2002, 27s. Statens Næringsmiddeltilsyn, Oslo.

Kirchmann, H. og Widen, P., 1994b. Separately Collected Organic Household Wastes - Chemical-Composition and Composting Characteristics. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 24(1): 3-12.

Lead, W. A., Steinnes, E., Bacon, J. R. og Jones, K. C., 1997. Polychlorinated biphenyls in UK and Norwegian soils: spatial and temporal trends. 193(3):229-236.

Lemmon, C. R. og Pylypiw, H. M. Jr., 1992. Degradation of diazinon, chlorpyrifos, isofenpos, and pendimetalin in grass and compost. *Bulletin of Env. Contamination and Toxicology*. 48: 409-415.

Løbersli, E. og Steinnes, E., 1988. Metal uptake in plants from a birch forest area near a copper smelter i Norway. *Water, Air, and Soil Pollution*. 37: 25-39.

Lystad, H. 2002. Upubliserte data. Jordforsk, Frederik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.

Lystad, H., Putnam, Z. og Andresen, L., 1999. Plukkanalyse av rejekten fra komposteringsanlegget på Lindum. Jordforsk-rapport nr. 52/99. Jordforsk, Frederik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.

Låg, J. og Steinnes, E. 1977. Contents of some trace elements in barley and wheat grown in Norway. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole vol.57, nr.10, 1-11.

Michel, Jr. F. C., Graeber, L. J., Forney, L. J. og Reddy, C. A., 1996. The fate of lawn care pesticides during composting. *Biocycle*. 37(3): 64-66.

Miller, T. L., Swager, R. R., Wood, S. G. og Adkins, A. D., 1992. Selected metal and pesticide content of raw and mature compost samples from eleven Illinois facilities. Results of Illinois' compost study. Rapport ILENR/RR-92/09, 27p. Illinois Department of Natural Resources.

Nilsson, M.-L. Occurrence and fate of organic contaminants in wastes. Dr.avhandling 2000, Agraria 249. SLU, Swedish university of agricultural sciences.

Paulsrud, B., Nedland, K. T. og Wien, A., 1997a. Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. SFT-rapport 97:25, 39sider + vedlegg. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100, Dep, 0032 Oslo.

Paulsrud, B., Wien, A. og Nedland, K. T., 1997b. Miljøgifter i norsk kompost og husdyrgjødsel. SFT-rapport 97:26, 47s + vedlegg. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.

SFT 2001. Verifisering av stoffer, produkttyper og mengder i maling og lakk. SFT-rapport TA 1784. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.

Solberg, T., Øvrevoll, B., Berg, V., Biseth, Aa. og Eriksen, G.S. 1999. Kartlegging av tungmetaller og klororganiske miljøgifter i marin fisk fanget i Sør-Norge. SNT-rapport 4:99. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo.

Strom, P. F., 2000. Pesticides in yard waste compost. *Compost Science & Utilization*. 8(1): 54-60.

Vigerust, E. og Selmer-Olsen, A. R., 1985. Tungmetalloptak i planter ved bruk av kloakkslam. Serie B 2/85. Institutt for jord- og vannfag, Norges landbrukshøgskole, 1432 Ås.

Wågman, N., Strandberg, B., van Bavel, B., Bergqvist, P. A., Oberg, L. og Rappe, C., 1999. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in household composts and earthworms (*Eisenia Foetida*). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 18(6): 1157-1163.

Waalder, T. 1996. Tungmetaller i korn. SNT-rapport 12:96. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo.