

4.4 Jordmiljøet (Jordkvalitet)

Indledning

Der er i dag stigende opmærksomhed på at beskytte jordmiljøet og de dyr, planter og mennesker, der er afhængige af en god jordkvalitet. God jordkvalitet er ikke let at definere entydigt. Først og fremmest danner jorden et fysisk fundament for de fleste af vores aktiviteter, ligesom den er grundlaget for en stor del af vores føde- og råstofproduktion. Jorden fungerer som naturligt filter og transportmedie for mange stoffer. Forurening af jorden kan derfor på kort eller langt sigt føre til forurening af ferskvandsområder eller udgøre en trussel for vores grundvandsressource. Det kan være relevant at diskutere hvorvidt det skal være en målsætning at al jord skal have en kvalitet, der sikre mangesidigt anvendelse, eller om man skal opstille forskellige kvalitetsmål for forskellige arealanvendelser.

Uanset hvilke kriterier og målsætninger, der fokuseres på i forbindelse med jordkvalitet, er det ofte svært at præcisere og kvantificere jordens nedbrydning og medfølgende kvalitetsforringelse. I det følgende opsummeres nogle af de belastningsfaktorer, der på kort eller langt sigt kan udgøre en trussel for dyr, planter eller mennesker. Der gives desuden et kortfattet indblik i, hvorledes det står til med jordmiljøet ved at beskrive udvalgte miljøindikatorer. Endelig skitseres den nuværende danske miljøindsats på områder, der berører jordforurening.

Miljøgifte i det terrestriske miljø

I et samfund som Danmark anvendes en lang række kemiske stoffer, der ingen naturlig oprindelse har. Derudover vil menneskelige aktiviteter ofte medføre, at naturligt forekommende stoffer, som fx tungmetaller og tjærestoffer, udledes til miljøet i koncentrationer, der ligger langt over det naturlige baggrundsniveau. Endelig vil en lang række stoffer som ikke anvendes i Danmark kunne finde vej til miljøet via langtransporteret forurening. En del af dette samlede kemikalieforbrug vil ende i det terrestriske miljø. Det kan ske via luftforurening, brug af pesticider, gødning, kalk eller andre jordforbedringsmidler som fx slam og gylle. Hvis stofferne ender i jordmiljøet, kan de enten nedbrydes, bindes til jorden, optages i dyr og planter eller udvaskes til grund- og overfladevand.

Landbruget beslaglægger langt den største andel af arealet i Danmark. De væsentligste kilder til forurening af de danske landbrugsjorder: Atmosfærisk nedfald, handelsgødning og jordbrugskalk, husdyrgødning og spildevandsslam, er derfor gennemgået separat med hovedvægt på den tidsmæssige udvikling, samt en sammenligning af de relative kildestørrelser. Endelig er problematikken med forurenede jord uden for landbrugsarealerne kort beskrevet.

Kilder til tungmetaller i jordmiljøet

Bly. Blyforbruget i Danmark har været markant faldende og udgjorde i 1994 15.500-19.800 tons (Miljøstyrelsen 1996a). De største anvendelsesområder var akkumulatorer, tagplader, inddækning i byggeriet, kabelkapper og glas. Der er siden 1945 skønsmæssigt lagt 150.000-200.000 tons bly ud i jorden med kabler. Der findes ikke nogen samlet opgørelse over, hvor stor en andel, der tages op efter driftsophør. Afvaskning af bly fra kablerne formodes dog at være relativt lav. Affaldsdeponering og skrot vurderes også at være andre, omend mindre kilder til bly i det terrestriske miljø. Benzin som kilde til blyforurening er effektivt stoppet ved forbudet mod at anvende bly som katalysator.

Cadmium. Der er anslået et samlet cadmiumforbrug i 1996 på 43-71 tons, hvoraf et utilsigtet forbrug på 5,4-9,5 tons skyldes at cadmium er følgestof i bl.a. kul, olie, cement, handelsgødning og jordbrugskalk (Miljøstyrelsen 2000a). Der blev endvidere deponeret 12-25 tons sammen med slagge og flyveaske bl.a. som opfyldning i veje, dæmninger og lignende. Forbruget af cadmium vurderes at være stagnerende. Den primære kilde til cadmium i det danske samfund var i 1996 stadig cadmium-nikkel batterier. Folketinget vedtog i 1995 en afgift på cadmium-nikkel batterier og en lov om godtgørelse i forbindelse med indsamling heraf. På sigt vil afgiften formodentlig fremme salget af mindre skadelige batterityper.

Kobber. Opgørelsen over massestrømmene for kobber i det danske samfund bygger på ældre data. I 1992 blev det samlede forbrug således vurderet til at være 35.000-43.000 tons, hvoraf 20-30% stammede fra genanvendelse (Miljøstyrelsen 1996b). De vigtigste forbrugsområder var elektriske ledere og andet strømførende udstyr, ventiler, armaturer, kobbervarer og byggematerialer. Andre kilder til at kobber tabes til jordmiljøet kan være udsivning fra trykimprægneret træ samt deponering af affald og skrot. I perioden 1960-1992 er det således skønnet at der er tabt i størrelsesordenen 350 tons kobber til miljøet fra trykimprægneret træ (Miljøstyrelsen 1997a). Hvor stor en andel af dette, der er tabt til jordmiljøet er uvist, men det må formodes at kobber, der bortskaffes med imprægneret træ i dag overvejende vil ende i lossepladspærkoler eller affaldsforbrændingsprodukter. Dog ender en ukendt mængde i privat afbrænding og genbrug. Tabet af kobber fra trykimprægneret træ fortsætter og stiger måske endda, eftersom anvendelsen af krom og arsen til træimprægnering er blevet forbudt efter 1992. Husdyrgødning er en anden stor kilde til kobber i jordmiljøet. En stor andel af det kobber, som enten findes naturligt i foderet eller er tilsat som vækstfremmer, vil ende i dyrenes afføring og urin. Tal fra 1995-1996 viser således, at der dengang samlet blev tilført landbrugsjorden i størrelsesordenen 450-600 tons kobber årligt via husdyrgødning (personlige beregninger). Skærpet kontrol og ændret praksis i landmændenes brug af foderblandinger, inddragelse af fodrets basisindhold af kobber og en større fokus på problemstillingen i erhvervet har formodentlig ført til en mindre udledning i dag.

Kviksølv. Den seneste opgørelse over massestrømmene for kviksølv i det danske samfund er desværre af ældre dato. I 1992/93 var forbruget af kviksølv i Danmark mellem 0.64 og 0.95 tons (Miljøstyrelsen 1996c). Det er rundt regnet en halvering siden 1982/1983. Nyere miljøpolitiske tiltag må desuden forventes at understøtte denne udvikling. De vigtigste anvendelser var elektroder i elektrolyseanlæg, kviksølvamalgam til tandfyldning samt batterier.

Nikkel. Forbruget af nikkel var i 1992 ca. 5.400-7.800 tons (Miljøstyrelsen 1996d). Produkter af rustfrit stål tegnede sig for 80% af det samlede forbrug, hvoraf rør og tanke var de vigtigste produkter. Mere end 250 tons nikkel fulgte med som følgestof i kul, olie, gødning, kalk og foderstoffer.

Atmosfærisk nedfald

Luftens koncentration af tungmetaller har været fulgt gennem de sidste 10 år på syv udvalgte lokaliteter (jvf. afsnit 2.4, figur 2.4.6). Specielt er koncentrationen- og dermed deponeringer af bly faldet markant (Danmarks Miljøundersøgelser 2000). En stor del nedfaldet stammer fra langtransporteret forurening. Således er nedfaldet af cadmium i Danmark mange gange større end det danske udslip til atmosfæren (Miljøstyrelsen 2000a). På trods af det konstant faldende bidrag udgør atmosfærisk nedfald dog stadig en væsentlig andel af den samlede mængde af tungmetaller, som tilføres de danske agerjorder (Tabel 4.4.1).

Handelsgødning og kalk

Specielt indholdet af cadmium i handelsgødning har de seneste år været underlagt politisk bevågenhed. Cadmium findes naturligt i det fosforrige udgangsmateriale i størrelsesordenen fra 1 til mere end 600 mg Cd kg⁻¹ P. Alt i alt blev der i 1996 udbragt ca. 50 kg cadmium med handelsgødning og 890 kg med jordbrugskalk (Kjølholt et. al, 1998). Arealbelastningen er

relativ lille på grund af udbringningens omfang. (Tabel 4.4.2). Tilførslen er formodentlig faldet siden, idet der bruges stadig mindre og mindre handelsgødning. Forbruget af handelsgødning er over seks år faldet med næsten 200.000 tons og nåede i 2000 ca. 1.177.000 tons, hvilket var 2% mindre end året før (Plantedirektoratet 2000). Forbruget af jordbrugskalk er ligeledes faldet jævnt gennem de sidste mange år. Salget af kalkningsmidler faldt således til ca. 621.000 tons i 2000, hvilket er et fald på 11 % i forhold til året før (Plantedirektoratet 2000).

I 1994 blev det anslået, at der blev bragt 135-140 tons kobber ud på markerne med handelsgødning og ca. 2 tons med jordbrugskalk. Beregninger fra 1997 viser, at kobbertilførslen til marker fra handelsgødning er 86 tons og fra jordbrugskalk 3,6 tons. (Kjølholt et al, 1998). Der må på baggrund af det stadig faldende forbrug af handelsgødning og jordbrugskalk formodes at være endnu lavere i dag. Kobberet stammer dels som urenhed i fosfor og dels som mikronæringsstof tilsat af hensyn til afgrødevæksten. For de andre tungmetaller udgør handelsgødning og kalk mindre kilder.

Husdyrgødning og spildevandsslam

Ud fra et ønske om en bæredygtig udvikling recirkuleres næringsstoffer til landbrugsjorden via organisk affald fra dyr og mennesker. Begge affaldsprodukter indeholder tungmetaller og kan derfor ved for store tilførsler udgøre en potentiel risiko for miljø og sundhed. Den overvejende tilførsel af kobber til jordmiljøet vurderes at ske gennem husdyrgødning, idet størstedelen af det kobber, som tilsættes foderblandinger som fx vækstfremmere, ender i gødningen. Der foreligger ingen nye data for kobberindholdet i svinegylle. De seneste data ligger tilbage til 1995/1996 (Knudsen og Nørgaard 1995 og Birkmose og Hvid 1997). Begge disse undersøgelser er foretaget af Landbrugets Rådgivningscenter i Skejby og finder kobber og zink koncentrationer på mellem 17,5 og 33 g Cu og 48 og 68 g Zn pr tons svinegylle og omtrent 8 g kobber pr tons kvæggylle. I tørstof var indholdet omtrent 520-650 g Cu og 900-2060 g Zn pr ton svinegylle. Der tilføres herved landbrugsarealerne i størrelsesordenen 450-600 tons kobber og 1.200 tons zink om året alene via husdyrgødning (personlige beregninger). En del af dette er dog tilbageførsler fra foderafgrøder. Landbrugsarealer fuldgødet med svinegylle tilføres årligt omtrent 750 gram kobber pr hektar. Afgrøderne fjerner kun 50-100 gram om året. Dette giver en årlig nettotilførsel på minimum 600 gram kobber pr hektar. Da indholdet i kvæggylle er væsentlig lavere er landsgennemsnittet for husdyrgødsket arealer betydeligt mindre (Tabel 4.4.1).

Husdyrgødning formodes også at udgøre en væsentlig kilde til nikkel i det terrestriske miljø. Nikkel stammer fra kraft- og grovfoder samt foderfedt. Landbrugsjorden blev tilført ca. 32-99 tons nikkel via husdyrgødning i starten af halvfemserne (Miljøstyrelsen 1996d). I 1995 udsendte plantedirektoratet et direktiv, som påbød et maksimalt nikkelindhold i foderfedt. Alene på den baggrund må den årlige nikkeltilførslen fra husdyrgødning i dag formodes at være på under 25 tons. Dette er dog væsentligt over de 1.8 tons nikkel, der i 1999 blev udbragt på landbrugsjorder med spildevandsslam (Miljøstyrelsen, 2001).

Tabel 4.4.1. Det årlige total og arealbaserede input af tungmetaller på danske landbrugsjorde ved forskellige kilder. Data for atmosfærisk nedfald er fra Danmarks Miljøundersøgelser (2000)¹ og bygger på arealbaseret nedfald, der til denne tabel desuden er skaleret op til et totalt landbrugsareal på 2,3 millioner ha, idet vedvarende græsarealer og brakmarker er udtaget. De resterende tal bygger på data fra Kjølholt et al, (1998)² eller personlige beregninger³ af data fra bl.a. Miljøstyrelsen 2001, Knudsen og Nørgaard 1995 og Birkmose og Hvid 1997.

Kilde	Bly		Cadmium		Kobber		Krom		Nikkel		Zink	
	t år ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹	t år ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹	t år ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹	t år ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹	t år ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹	t år ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹
Atmosfærisk nedfald ¹	23,0	10	0,7	0,3	18,5	8	3,0	1,3	4,6	2	184	80
Handelsgødning og kalk ²	4,5	4	0,9	0,8	90	40	3	2,1	6	4,7	23,5	18,5
Husdyrgødning ^{2,3}	2,7	3	1,4	1,5	520	575	7,5	8,2	15	16	1165	1290
Spildevandsslam ³	4	51	0,12	1,5	18,9	220	2,1	25	1,8	22	55,7	650

Kortlægning af tungmetaller

Tungmetallindholdet i danske jorde blev analyseret med henblik på at kortlægge baggrunds-niveauet af tungmetaller (Danmarks Miljøundersøgelser, 1996), (Tabel 4.4.2). Byområder og forurenede grunde er ikke med i undersøgelsen, da disse områder udgør en helt speciel problemstilling. De højeste koncentrationer blev generelt fundet på lerede og humusrige jorde og skyldes primært naturlige forhold. Det lavere indhold af tungmetaller på naturarealer i sammenligning med landbrugs- og skovarealer kan bedst forklares ved, at i et land som Danmark, med et meget intensiveret land- og skovbrug, er det primært på sandede og mindre udbytterige jorder man finder naturtyper som heder, marsk m.m.

Tabel 4.4.2. Indholdet af tungmetaller i danske natur-, skov- og landbrugsjorder. Indholdet er angivet som medianværdier og i mg/kg. (Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser 1996).

	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
5% fraktil	0,9	4,5	0,036	0,8	2,7	<0,01	0,9	5,8
Median (n=393)	3,3	11,3	0,16	7,0	9,9	0,04	5,0	26,8
95% fraktil	8,4	19,2	0,45	15,9	30,4	0,12	15,1	59,7
Sandjorder (n= 226)	2,6	10,5	0,13	5,6	6,4	0,03	2,9	18,4
Lerjorder (n=167)	4,1	12,1	0,22	9,0	17,1	0,05	9,6	43,3
Agerjorder (n=311)	3,6	11,3	0,18	7,8	10,7	0,04	5,7	29,1
Skovjorder (n=68)	2,3	12,1	0,09	2,8	7,0	0,04	2,9	18,9
Naturjorder (n=14)	1,3	8,7	0,07	0,9	3,8	0,01	1,5	7,7

sammenholdes de gennemsnitlige baggrundskoncentrationer i agerjorderne med de estimate tilførsler (Tabel 4.4.1 og 4.4.2) viser beregninger, at i tilfælde hvor gylle og slam anvendes som fuldgødning vil den årlige tilførsel af kobber og zink, sammen med den atmosfæriske deposition, udgøre mere end 1% af det gennemsnitlige baggrundsindhold i pløjelaget. Alle andre kilder udgør væsentligt mindre end 1% af baggrunds-niveauet. Da der samtidig forsvinder en ukendt mængde af tungmetaller fra jorden ved udsivning og planteoptag vil det dog være en del år før en eventuel stigning kan måles.

Hvis indholdet af kobber i svinegylle forbliver på niveau med de sidste målinger fra 1995/96 vil det på de jorde med de højeste baggrunds-niveauer (Tabel 4.4.2) tage mellem 70 og 120 år, at nå et indhold af kobber på niveau med de kvalitetskriterier, der er opstillet for at beskytte miljøet og landbrugsproduktion (30-40 mg kg⁻¹ TS). På den gennemsnitlige jordtype vil det tage ca. 50 år længere. Disse beregninger bygger på en antagelse om en årlig fraførsel på op til 150 gram kobber per hektar med afgrøder og foder. På den baggrund kan det frygtes, at det kun vil tage et par generationer af svineavlere før der er en reel risiko for at jordens indhold af kobber vil nå et niveau, der kan være kritisk for de mest følsomme afgrøder. Til gengæld er det sikkert, at såfremt kritiske niveauer af tungmetaller overskrides på landbrugsarealerne vil det tage mange århundreder ja endda årtusinder før indholdet atter falder til et

acceptabelt niveau (Magid, 1997). Landmænd og foderstoffirmaer er selv opmærksom på problemstillingen (Birkmose og Hvid, 1997). Hvor de fleste slagtesvin i praksis tidligere blev fodret hele livet med ungsvinefoder, hvor grænseværdien for kobber er 5 gange højere end i foder til slagtesvin, er denne praksis i dag bortfaldet for en stadig større del af svineproduktionen. Plantedirektoratet fandt i første kvartal af 2001 overskridelser af den gældende grænseværdierne på 35 og 175 mg kobber per kilo svinefoder i 13% og 6% af fuldfoderblandinger til slagtesvin og smågrise (Plantedirektoratet 2001). Grænseværdien for zink på 250 mg per kg var overskredet i 12% af fuldfoderblandingerne til smågrise.

Organisk affald og jordbrug

Der er i Danmark en bred politisk opbakning til at recirkulere så store mængder af næringsstoffer som muligt. Handlingsplanen *Affald 21*, omhandler således en målsætning for udnyttelse af spildevandsslam og organisk dagrenovation. Det forventes at målet med at genbruge halvdelen af al spildevandsslam samt minimum 150.000 tons organisk dagrenovation i 2004 kan nås.

I fremtidens byer kan affaldshåndteringen indrettes, så en sammenblanding af affaldsstrømmene undgås. Herved er der ikke behov for at fjerne næringsstofferne fra spildevandet, og det kan renses ved fx lokal nedsivning. Foreløbige undersøgelser tyder på at affaldsprodukter, frembragt ved alternativ men sundhedsmæssig forsvarlig håndtering af toiletaffald og organisk husholdningsaffald, vil være velegnede som gødningsmidler. Men blandt andet på grund af de store investeringer, der er bundet til det nuværende affaldssystem, vil det tage lang tid at ændre byens infrastruktur, således at stoffernes kredsløb genoprettes. Der er derfor tale om en proces, som vil løbe over mindst 50-100 år. I andre dele af verden, hvor der endnu ikke er investeret i fungerende løsninger, kan det gå hurtigere. Før håndteringen af vores affald kan ændres radikalt, skal de samfundsmæssige konsekvenser for sundhed, teknik, miljø og jordbrug undersøges grundigt. Der ligger et potentiale i udnyttelsen af næringsstoffer fra husholdninger (Tabel 4.4.3). Jordbrugets nuværende forbrug af handelsgødning er dog så stort, at byaffaldets tilførsel af næringsstoffer vil være beskedent, dvs. ca. 10% af kvælstofforbruget og 20% af fosforforbruget. Da mængden af husdyrgødning kan være begrænsende for en udvikling mod en større andel af økologisk produktion vil byens affaldsprodukter kunne dække en større andel af landbrugets behov for næringsstoffer – idet spildevandsslam i dag ikke må anvendes til økologisk produktion. Inden da er der dog, som allerede nævnt, en lang række tekniske og holdningsmæssige problemer, der skal løses.

Tabel 4.4.3. Affalds- og gødningsmængder i Danmark (1996) samt potentialet for udnyttelsen af fast organisk husholdningsaffald, haveaffald, fæces og urin. Fjernes urin og fæces fra slammet vil nytteværdien af denne kilde falde. (Kilde: Eilersen m.fl., 2001).

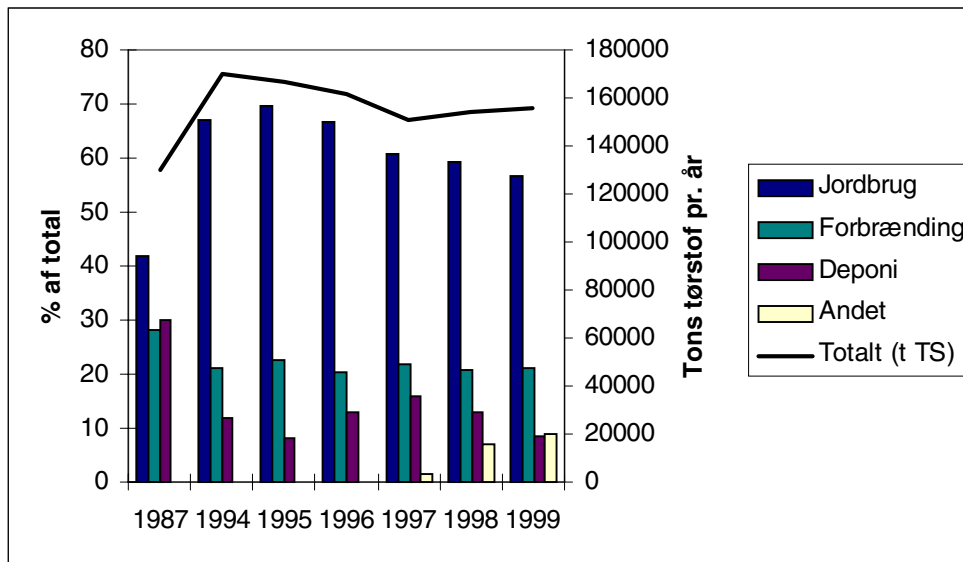
	Tørstof	Kulstof	Kvælstof	Fosfor	Kalium	Svovl
	Tons tørstof					
Handelsgødning			300.000	22.000	83.000	
Spildevandsslam	162.000	45.000	7.000	5.100	500	1.200
Kompost	190.000	-	1.700	400	700	450
Svinegødning	930.000	500.000	125.000	25.000	45.000	7.000
Kvæggødning	2.500.000	1.000.000	155.000	18.000	130.000	17.000
Org. husholdningsaffald	160.000	69.000	3.000	600	750	400
Haveaffald	270.000	133.000	1.500	300	1.500	150
Fæces	63.000	45.000	1.800	900	1.800	400
Urin	110.000	15.000	20.000	2.700	4.500	1.800
Byaffald i % af handelsgødning			8,8	20,5	10,3	
Byaffald i % af husdyrgødning			9,3	10,5	4,9	

På trods af, eller måske netop på grund af, en effektiv slambehandling på de mere end 1.500 danske rensningsanlæg finder man rester af de fleste af de kemiske stoffer, som anvendes af industrien og husholdninger. Ca. 40% af slammet behandles efter forklaring anaerobt i biogasreaktorer (rådnetanke) på renseanlæggene. En række miljøfremmede stoffer nedbrydes

kun i begrænset omfang ved denne behandling. Det er udover tungmetaller de store mængder af detergenter og plastblødgørere (phthalater) i slam, der har givet anledning til bekymring.

Som et led i en sikker udnyttelse af spildevandsslam som gødning blev der derfor pr. 1.7. 1997 i bekendtgørelsen om anvendelsen af affaldsprodukter på landbrugsjorder fastsat afskæringsværdier for disse stofgrupper samt de polyaromatiske tjærestoffer (PAH). Disse grænseværdier er siden indførelsen skærpet, således at de i dag er 1.300 mg kg⁻¹ tørstof (TS) for detergenten LAS, 50 mg kg⁻¹ TS for plastblødgøren DEHP, 3 mg kg⁻¹ TS for de polyaromatiske tjærestoffer (PAH) samt 30 mg kg⁻¹ TS for nonylphenol.

Hovedområderne for anvendelsen af slam fra renseanlæg er beskrevet for perioden 1987-1999 i *Figur 4.4.1*. Vandmiljøplanens krav til udbygningen af de danske renseanlæg medførte en stor stigning i produktionen af spildevandsslam fra perioden i midten af firserne til midt i halvfemserne. Blandt andet som følge af de nye grænseværdier for miljøfremmede stoffer er andelen af spildevandsslam, der anvendes til jordbrugsmæssige formål faldet i perioden 1995 til 1999. Alt i alt blev der bragt 25% mindre slam ud på markerne i 1999 end i 1995. Skærpelsen af grænseværdierne pr. 1.7. 2000 medfører sandsynligvis endnu en reduktion i andelen af slam, der udbringes på landbrugsjorder. Såfremt den frivillige udfasning af nonylphenol ikke har den ønskede effekt vil andelen af slam brugt i jordbruget falde yderligere når grænseværdien for nonylphenol sænkes til 10 mg kg⁻¹ TS i juli 2002. Et forsigtigt skøn vil være, at de øgede kvalitetskrav medfører, at cirka halvdelen af det danske slam i fremtiden kan anvendes til jordbrugsformål. Dette vil være i overensstemmelse med målsætningerne i handlingsplanen *Affald 21*. Andelen af slam, der afbrændes eller deponeres forbliver sandsynligvis uændret eftersom nye anvendelsesområder har taget fart siden 1997. Dette dækker blandt andet udlægning af slam i mineraliseringsanlæg og en udnyttelse af det uorganiske indhold i slammet til fx cement og sandblæsningsmidler.



Figur 4.4.1. Produktion af spildevandsslam i perioden 1987-1999 samt andel af forskellige disponeringer (Kilde: Miljøstyrelsen – diverse notater og rapporter).

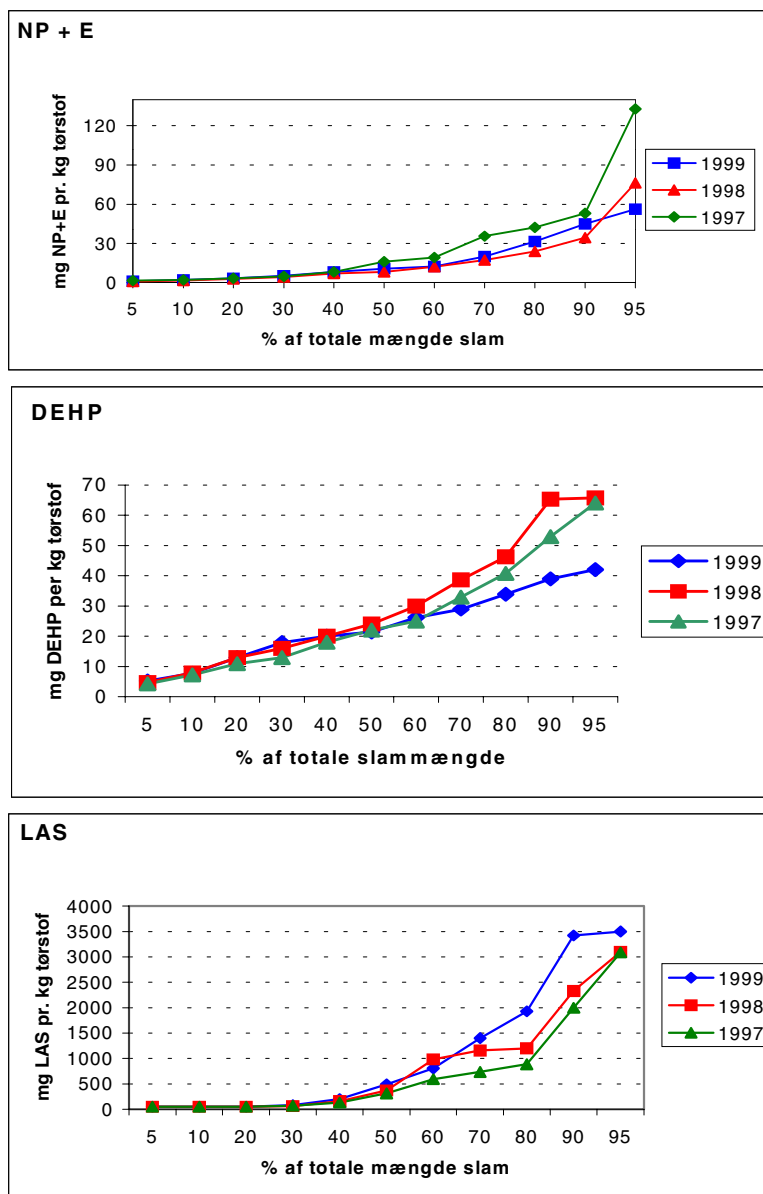
Kvaliteten af dansk slam er løbende blevet forbedret. Indholdet af tungmetaller er, som en følge af en overordnet udfasningspolitik og en bedre kildeopsporing i kommunerne, faldet markant gennem de sidste årtier. Omvendt er der ikke sket noget væsentligt fald i metalindholdet i perioden 1994-1999 (Tabel 4.4.4). Mere end 90% af slammet overholder de gældende grænseværdier for tungmetaller.

For de fire grupper af miljøfremmede stoffer, hvor der siden 1997 er foretaget rutinemålinger, ses der ikke de store forskydninger i PAHer. Indholdet af DEHP samt nonylphenol og dets etoxylater er faldet, hvorimod indholdet af LAS er steget i perioden 1997-1999 (Figur 4.4.2). Kampagner mod LAS i vaskemidler og miljømærker til LAS-frie vaskemidler vil formentlig på linie med, hvad der er set i Sverige med tiden, føre til et fald i forbruget af LAS. De største vaskemiddelproducenter har således i foråret 2001 besluttet at fjerne LAS fra deres produkter. En frivillig aftale indgået med brancheforeningen om stop af brugen af nonylphenol i en lang række sammenhænge burde også føre til et fortsat fald i indholdet af nonylphenol i det danske spildevandsslam.

Tabel 4.4.4. Koncentrationen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i dansk slam (mg kg^{-1} TS). Tallene er gengivet som medianværdier med 5% og 95% fraktiler i []. (Kilde: Miljøstyrelsen /diverse notater og rapporter). For bly, cadmium, kviksølv og nikkel findes desuden fosfor-relaterede grænseværdier. Slamproducenterne skal overholde enten den tørstof- eller den fosfor-relaterede grænseværdi.

	Grænseværdi	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Arsen		-	5,1	6,5	3,9	10,10	8,0
Bly	120	71	72	52	58	57	56
		[25-123]	[26-155]	[20-107]	[20-183]	[14-2111]	[21-256]
Cadmium	0,8	1,5	1,5	1,2	1,4	1,3	1,4
		[0,8-2,3]	[0,8-6,0]	[0,7-2,1]	[0,7-5,4]	[0,8-7,4]	[0,7-6,4]
Kobber	1000	260	298	275	247	270	255
		[85-500]	[100-512]	[93-515]	[100-492]	[84-464]	[81-487]
Krom	100	26	34	25	28	29	29
		[8-55]	[10-108]	[10-65]	[10-60]	[10-85]	[8,5-76]
Kviksølv	0,8	1,2	1,4	1,2	1,2	1,1	1,0
		[0,4-2,7]	[0,3-3,1]	[0,3-2,6]	[0,4-3,0]	[0,3-3,1]	[0,3-2,9]
Nikkel	30	21	25,7	18	19	19	21,8
		[8-42]	[10-141]	[9-55]	[8-44]	[8-53]	[10-58]
Zink	4000	760	878	767	783	720	758
		[300-1360]	[312-1610]	[297-1303]	[336-1078]	[280-1204]	[342-1201]
DEHP	50	-	24,5	-	22	24	21,4
			[9-151]*		[4,3-64]	[4,7-65,7]	[5,2-42]
LAS	1300	-	420	-	310	374	490
			[13-13725]*		[50-3100]	[50-3100]	[50-3500]
Nonylphenol	30	-	8	-	16	8,1	10,4
			[0,3-61]*		[1,5-133]	[0,8-76,2]	[1,1-56,3]
PAH	3	-	0,7	-	1,8	1,8	2,0
			[0,1-4,9]*		[0,4-5,1]	[0,4-5,0]	[0,4-4,9]

* Ikke landsdækkende data, da de kun dækker over analyser fra 19 danske renselanlæg (Miljøstyrelsen, 1996e)



Figur 4.4.2 Koncentrationer af DEHP, LAS og nonylphenol (+ ethoxylatere) som fraktiler af alt i slam i perioden 1997-1999. (Miljøstyrelsen, 2001, 2000, 1999)

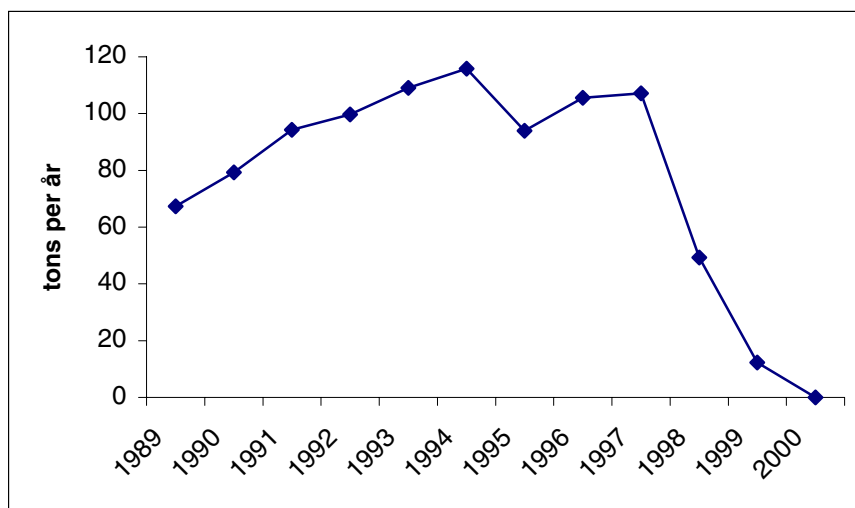
Husdyrgødning

Husdyrgødning udbringes på landbrugets arealer i mængder, der klart overstiger mængden af fx spildevandsslam. Der produceres årligt små 35 millioner tons husdyrgødning fra danske grise og køer (3-4 millioner tons TS). Der findes en lang række mulige kilder til miljøfremmede stoffer i husdyrgødning. De vigtigste er rengørings- og desinfektionsmidler, yverplejemidler og midler til skadedyrsbekæmpelser i stalde. Luftforurenende stoffer som fx PAHer og tungmetaller findes i mindre mængder i fodret og vil derfor også genfindes i gylle og møg. Endelig foregår der en medicinering af husdyr, der kan føre til medicinrester i husdyrgødningen.

Der findes kun få gode undersøgelser af miljøfremmede stoffer i husdyrgødning. En større dansk undersøgelse med analyser fra mere end 30 jyske brug viste at indholdet af LAS, DEHP, nonylphenol og PAHer generelt var lavt i gylle fra både svine- og kvægbrug (Miljøstyrelsen 1999b). Gennemsnitskoncentrationerne var under 50 mg LAS kg⁻¹ TS, 1 mg DEHP kg⁻¹ og 0,1 mg PAH kg⁻¹, mens nonylphenol ikke blev fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen. Alt i alt er arealbelastningen med de fire miljøfremmede stoffer derfor langt lavere for gylle end for spildevandsslam. Producenterne af de rengøringsmidler til landbruget, der indeholdt LAS i 1997, har oplyst, at de efter prøvetagningerne har erstattet LAS med andre tensider i deres produkter. Indholdet af LAS i gylle må derfor forventes at være meget lavt.

Der findes ingen omfattende undersøgelser af indholdet af lægemidler og vækstfremmere i husdyrgødning. Det terapeutiske forbrug af antibiotika var i 1997 på mere end 40 tons, samtidig med at der blev anvendt mere end 14 tons medicin til dyr med metabolistiske forstyrrelser eller fordøjelsesproblemer (Danmarks Miljøundersøgelser, 1998). Herudover anvendes der medicin mod andre typer af sygdomme, men forbruget af disse er generelt lave. Visse typer af vækstfremmede midler anvendes stadig, omend forbruget af antibiotiske vækstfremmere ved frivillige aftaler er kraftigt reduceret. Således er faldt anvendelsen af vækstfremmere fra mere end 105 tons i 1996 til mindre end 12 tons i 1999, hvoraf antibiotika kun udgjorde 2,6 tons. I år 2000 var forbruget af antimikrobielle vækstfremmere stort set ophørt (Figur 4.4.3). Forbruget af coccidiostatika, der primært anvendes som parasitmiddel til slagtekyllinger, var i 2000 på 16 tons, hvilket er et fald i forhold til 25,5 tons året forinden (Plantedirektoratet, 2000). Det bratte fald i brugen af antibiotiske vækstfremmere har tilsyneladende kun ført til en svag stigning i forbruget af antibiotika til sygdomsbekæmpelse. Fra 1997 til 1999 steg forbruget af dyrlægeordineret medicin således kun fra 55.7 tons til 61.9 tons (Lægemiddelstyrelsen 2000).

Den videre skæbne af medicin og vækstfremmere i gyllebeholdere og i jorden kendes kun i meget begrænset omfang. Men eftersom ikke al medicin nedbrydes i husdyrene, vil det være muligt at genfinde medicinrester i gylletanken. Her vil der sker nogen omsætning, men på linie med forholdene på renseanlæggene er det usandsynligt, at alle stoffer nedbrydes fuldstændigt. Derfor vil noget havne på landbrugsarealerne i forbindelse med gødskning.



Figur 4.4.3. Forbruget af vækstfremmere i Danmark i perioden 1989-2000 (Kilde: Plantedirektoratet)

Ovenstående afsnit har vist, at der med de nuværende reguleringer og kvalitetskrav, generelt ikke er grund til de store bekymringer med hensyn til genanvendelse af organisk affald. Det bør dog overvejes, om forbruget af kobber og zink i foderblandinger til svin kan nedsættes, ligesom videngrundlaget for hvad der sker med veterinært medicin efter dyrene er medicineret bør udbygges. Endelig bør det stadig være et langsigtet mål at få nedsat samfundets forbrug af potentielt farlige stoffer, således at indholdet i spildevandsslam reduceres og brugen af slam som gødning i landbruget forbliver acceptabelt.

Svært nedbrydelige stoffer i marken

Fælles for stofgrupper som dioxiner, polychlorerede biphenyler (PCB) og bromerede flammehæmmere er, at de alle er svært nedbrydelige, og kan ophobes i organismer. Dette, sammen med uheldige toksikologiske egenskaber, gør dem til problemstoffer selv i meget lave koncentrationer. De er derfor stofgrupper som generelt er uønskede i for store mængder på vores landbrugsarealer.

Visse dioxiner og PCB'er er yderst kræftfremkaldende og bromerede flammehæmmere er mistænkt for at have hormonforstyrrende effekter. De bromerede flammehæmmere har mange af de samme sundhedsskadelige effekter som de mere kendte PCB, DDT og dioxiner. Men i modsætning til DDT og PCB, der forlængst er forbudt i EU-landene, og dioxiner, der kun opstår utilsigtet ved afbrænding af fossile brændstoffer eller anden brand, så tilsættes bromerede flammehæmmere bevidst til elektronikprodukter. Man har således kunnet måle stofferne i blodet hos PC-brugerne. Stofferne er fosterskadende og mistænkt for hormonlignende effekt. Desuden danner de dioxiner ved brand. Bromerede flammehæmmere produceres ikke i Danmark, men vi importerer årligt 320-660 tons, hovedsageligt i form af plastråvarer eller som laminaer til printkort (Miljøstyrelsen 1999c). Massestrømsanalyserne for bromerede flammehæmmere bygger på yderst spinkelt datamateriale, og kun få danske data. Bromerede flammehæmmere vil kunne fordampe fra de materialer, hvori de anvendes. De emitterede forbindelser vil hurtigt hæfte sig til partikler, hvorefter de kan spredes til miljøet, enten med det samme eller ved senere demontering eller deponering af apparaterne. Den videre skæbne i miljøet kendes kun dårligt, og der findes ingen beregninger af det atmosfæriske nedfald på jorden.

Det årligt atmosfæriske bidrag af dioxiner til jordmiljøet er vurderet til at være i størrelsesordenen 120 g I-TEQ (Miljøstyrelsen, 1997b). Nye danske målinger viser at bromerede flammehæmmere, på linie med fx dioxiner, også kan findes i meget små mængder i spildevandsslam. Alt i alt er tilførslen af dioxiner og bromerede flammehæmmere til landbrugsjorden via spildevandsslam dog beskedent, dvs. i størrelsesordenen 1.7 g I-TEQ for dioxiner og 30-300 kg

BF om året (Miljøstyrelsen, 1997b, 1999c). Dette kan fx sammenlignes med tilførslen af tjærestoffer, hvor der i 1999 samlet blev tilført jordmiljøet ca. 140 kg PAH med slam (Miljøstyrelsen, 2001). For dioxiner og bromerede flammehæmmere er atmosfærisk nedfald derfor den primære kilde. Tjærestoffer vil også kunne findes i store mængder i forbindelse med forurenede jord, fx i forbindelse med gamle gasværksgrunde, lossepladser, tankstationer m.m.

Forurenede jord i byer og på naturarealer

Foruden den overfladebelastning, der sker via landbrugets anvendelse af gødningsmaterialer, som er beskrevet ovenfor, og brugen af pesticider (jf. afsnit 4.5) findes der en lang række kilder til forurening af jord i byer og bynære områder. Også på naturarealer kan der forekomme punktkilde forurening fra fx nedlagte træimprægneringsgrunde. Problematikken med forurenede jord i byerne er nærmere beskrevet i kapitel 5, afsnit 5.3 *Bymiljø*.

Jordforurening har hidtil været reguleret via en lang række love og regulativer, fx affaldsdepotloven og miljøbeskyttelsesloven samt visse andre love og regler indenfor miljø-, landbrug- og energisektoren. I 2000 trådte en ny jordforureningslov i kraft. Loven inddrager for første gang diffus forurening fra såkaldte fladekilder. Det vil dog fortsat være gennem andre lovområder, at eventuelle problemer med den normale brug af fx pesticider og spildevandsslam skal løses, idet diffus forurening i relation til jordforureningsloven typisk vil stamme fra trafik, skorstensrøg eller fyldmaterialer.

Med jordforureningsloven prioriteres den offentlige indsats til de områder, hvor forureningen vurderes at udgøre en trussel for grundvandet eller en aktuel trussel for sundheden, dvs. tilfælde, hvor jorden på arealer, hvor der i dag er bolig, børneinstitution eller offentlig legeplads kan have en skadelig virkning på mennesker. Loven rummer dog mulighed for en offentlig indsats i forhold til forureninger, som kan have skadelig virkning på miljøet i øvrigt. Det er dog forudsat i loven at disse hensyn kun sjældent vil medføre en offentlig oprydning. Det er amternes ansvar at prioritere indsatsen.

Der findes et sæt af økotoxikologiske jordkvalitetskriterier og to sæt kvalitetskriterier, som tager udgangspunkt i at beskytte mennesker for risici ved forurenede jord (Tabel 4.4.5).

Tabel 4.4.5. Danske jordkvalitetskriterier (mg kg⁻¹ TS).

	Sundhedsbaserede jordkvalitetskriterier	Sundhedsbaserede afskæringskriterier	Økotoxikologiske jordkvalitetskriterier
Arsen	20	20	10
Bly	40	400	50
Cadmium	0,5	5	0,3
Kobber	500	500	30
Krom (III)	500	1000	50
Krom (VI)	20	-	2
Kviksølv	1	3	0,1
Nikkel	30	30	10
Molybdæn	5	-	2
Zink	500	1000	100
PAH (sum)	1,5	5	1,0
Benz(a)pyren	0,1	1	0,1
Dibenz(a,h)antracen	0,1	1	-
Chlorphenoler (sum)	3	-	0,01
Pentachlorphenol	0,15	-	0,005
DEHP	25	-	1,0

Amternes Videntcenter for jordforurening har i samarbejde med Miljøstyrelsen samlet eksisterende data fra undersøgelser af diffuse jordforureninger i databasen *Dif-Jord*. Data stammer fra mere end 50 rapporter fra 12 Amter eller hovedstadskommuner og indeholder mere end 3.000 analyserede jordprøver. Den diffuse forurening stammer typisk fra luftforurening i forbindelse med trafik eller større industrivirksomheder eller fra en forurening af overfladejorden som følge af, at området er beliggende på ikke afgrænsede fyldaflejringer som fx gamle bykerne-områder. Det vil sige, at lokaliteter, der er omfattet af loven om affaldsdepoter eller tilsvarende lokaliteter ikke er medtaget. Det samme gælder lokaliteter forurenede af punktkilder. Disse er i stedet registreret i Miljøstyrelsens register over affaldsdepoter (ROKA). En nærmere beskrivelse af de sundhedsmæssige og byplanmæssige aspekter af forurenede jord i byerne er beskrevet i *afsnit 5.3, Bymiljø*.

Lovgivning og regulering

Jordmiljøet reguleres direkte eller indirekte af en lang række lovkomplekser med underliggende bekendtgørelser, cirkulærer og vejledninger, fx Miljøbeskyttelsesloven (1998), Jordforureningsloven (1999), Naturbeskyttelsesloven (1998), Loven om kemiske stoffer og produkter (1997), Landbrugsloven (1999), Skovloven (1996), Loven om landbrugets anvendelse af gødning og plantedække (1998), Økologiloven (1999) samt Loven om jordbrugets strukturudvikling og økologisk jordbrug m.v. (1996). Hertil kommer, at der i alle lovforslag, redegørelser og beslutningsforslag skal redegøres for de miljømæssige konsekvenser. Dette gælder også de årlige finanslovforslag.

Loven af 2. juni 1999 om forurenede jord har som sit direkte formål at medvirke til at forebygge, fjerne eller begrænse jordforurening, og forhindre eller forebygge jordforurenings skadelige virkninger på grundvand, menneskers sundhed og miljøet iøvrigt. Loven indeholder bestemmelser om forurenere som ansvarlig for at foretage de nødvendige foranstaltninger til at afværge følgerne af en jordforurening, og genoprette den hidtidige tilstand. Forurenings-tilfælde hvor det ikke er muligt at fastholde forurenere på sit ansvar, indgår i den offentlige indsats mod forurenede jord. Loven indeholder endvidere bestemmelser som regulerer forureningen af miljøet i forbindelse med anvendelse og bortskaffelse af jord.

Miljøstyrelsen administrerer lovgivningen om jordforurening, udarbejder vejledninger og kriterier og står for afprøvning og udvikling af ny teknologi. Indsatsen mod jordforurening sker som allerede nævnt primært i områder med følsom arealanvendelse og i de særlige drikkevandsområder. Den diffuse forurening af jorden håndteres præventivt ved blandt andet at fastsætte grænser for indholdet af problemstoffer i handelsgødning, spildevandsslam og kompost anvendt til jordbrugsformål.

Bekæmpelsesmidler skal godkendes af Miljøstyrelsen, før de importeres, sælges eller bruges. Foruden grundvands- og arbejdsmiljøbeskyttelse er miljørisici en vigtig faktor i godkendelsesproceduren. Pesticider er i sagens natur giftige overfor udvalgte organismer. Det er derfor primært uacceptable sideeffekter på andre organismer, der fokuseres på i godkendelsen.

Miljøstyrelsen laver regler for klassificering og mærkning af farlige kemiske stoffer og produkter samt offentliggør lister over uønskede stoffer for at tilskynde industrien til at anvende miljøvenlige alternativer og igangsætter offentlige kampagner for at få forbrugerne til at vælge miljøvenlige produkter. Alt dette for at medvirke til at belaste miljøet mindst muligt og/eller sikre så god en kvalitet af fx spildevandsslam, at det uden begrænsninger kan anvendes i landbruget.

På EU plan arbejdes der med et kommende direktiv om biologisk behandling af organisk affald. I de tidlige udkast til dette direktiv er det signaleret at der på sigt vil blive indført tvungen kildesortering af organisk dagrenovation.

Miljøstyrelsen og andre offentlige myndigheder administrerer flere programpakker med midler til beskyttelse af jordmiljøet. Miljøstyrelsens "Program for renere produkter m.v." er et tilskudsprogram, der skal styrke udvikling og afsætning af renere produkter og herunder nedsætte miljøbelastningen i forbindelse med håndtering af det affald, der opstår i hele produktets livscyklus. Teknologipuljen er en tilskudsordning, der skal afprøve og udvikle ny rensnings- og afværgeteknologi på jord- og grundvandsforureningsområdet for at skabe grundlag for at foretage mere effektive oprydninger af forurenede lokaliteter. Programmet vedr. forskning og udvikling omkring bekæmpelsesmidler administreres af Miljøstyrelsen med bistand fra en række institutioner og brancheforeninger. Ordningen finansieres af afgiften på bekæmpelsesmidler og har som overordnet formål at skaffe mere viden om bekæmpelsesmidler, for derved at have et bedre grundlag for at nedbringe belastningen på mennesker og miljø. Fødevareministeriet administrerer en del støtteordninger, der er med til at støtte miljøvenlige produktionsmetoder i landbruget herunder projekter, der fremmer udviklingen af økologisk jordbrugsproduktion.

En række internationale konventioner, som ikke specifikt omhandler jordmiljøet, medvirker til at nedsætte belastningen af det terrestriske miljø ved at begrænse anvendelsen og udslippet af visse tungmetaller og miljøfremmede stoffer. I Århus underskrev 32 lande således i 1998 to FN-protokoller for reduktion af langtransporteret forurening. Disse lande, som inkluderer EU, USA, Canada og mange østeuropæiske lande, har fremover forpligtet sig til at reducere forbruget og udslippet af bly, cadmium og kvikksølv samt 16 persistente organiske forbindelser, fx PAH, PCB, dioxiner og en række ældre pesticider som DDT, aldrin, dieldrin og lindan. Dette kan ske ved forbud, substitution eller indførelse af renere teknologi.

Referencer

Danmarks Miljøundersøgelser. 1996. Tungmetaller i danske jorder. Tema-Rapport nr. 4.

Danmarks Miljøundersøgelser. 1998. Kemiske stoffer i landbruget. Tema-rapport nr. 19.

Danmarks Miljøundersøgelser. 2000. Tungmetalledfald i Danmark 1999. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 331.

Eilersen A.M., Tjell, J.C., Henze, M. 2001. Muligheder for jordbrugsanvendelse af affald fra husholdninger. Tilgængelig fra www.agsci.kvl.dk/nutrap.

Kjølholt, J., Poulsen T.S., Hansen, J. H. 1998. Kilder til tungmetaller og miljøfremmede stoffer i landbrugsjord. Rapport til Miljøstyrelsen. Tilgængelig på skov og naturstyrelsens hjemmeside www.sns.dk/natur/netpub/tungmetal/

Knudsen, L., Nørgaard, E. 1995. Sammensætning af svinegylle. Rapport fra Landbrugets Rådgivningscenter, Århus.

Lægemiddelstyrelsen. 2000. Notat fra Per Henriksen, Lægemiddelstyrelsen, til Linda Bakke Miljøstyrelsen.

Magid, J. 1997. Tungmetaller og jordkvalitet. Tidsskrift for Landøkonomi Nr. 2 side 77-80

Miljøstyrelsen. 1996a. Massestrømsanalyse for bly. Miljøprojekt nr. 327. Miljø- og Energiministeriet

Miljøstyrelsen. 1996b. Massestrømsanalyse for kobber. Miljøprojekt nr. 323. Miljø- og Energiministeriet

Miljøstyrelsen. 1996c. Massestrømsanalyse for kviksølv. Miljøprojekt nr. 344. Miljø- og Energiministeriet

Miljøstyrelsen. 1996d. Massestrømsanalyse for nikkel. Miljøprojekt nr. 318. Miljø- og Energiministeriet

Miljøstyrelsen. 1996e. Anvendelsen af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Miljøprojekt nr. 328. Miljø- og Energiministeriet

Miljøstyrelsen. 1997a. Træbeskyttelsesmidler og imprægneret træ. Arbejdsrapport nr. 57. Miljø- og Energiministeriet

Miljøstyrelsen. 1997b. Dioxins. Arbejdsrapport nr. 50. Miljø- og Energiministeriet

Miljøstyrelsen 1999a. Spildevandsslam fra kommunale og private renseanlæg i 1999. Miljøprojekt Nr. 473. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen. 1999b. Miljøfremmede stoffer i husholdningsgødning. Miljøprojekt Nr. 485. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen 1999c. Brominated Flame Retardants. Miljøprojekt Nr. 494. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen. 2000a. Massestrømsanalyse for cadmium. Miljøprojekt Nr. 557. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen. 2000b. Statusredegørelse om genanvendelse af organisk dagrenovation og slam. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 7. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen. 2001. Spildevandsslam fra kommunale og private renseanlæg i 1999. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 3. Miljø- og Energiministeriet.

Plantedirektoratet 2000. Plantedirektoratets beretning 2000 med statistikbilag. Tilgængelig fra www.plantedir.dk

Plantedirektoratet 2001. Resultater af foderstofkontrollen, 1. kvartal 2001. Tilgængelig fra www.plantedir.dk

]