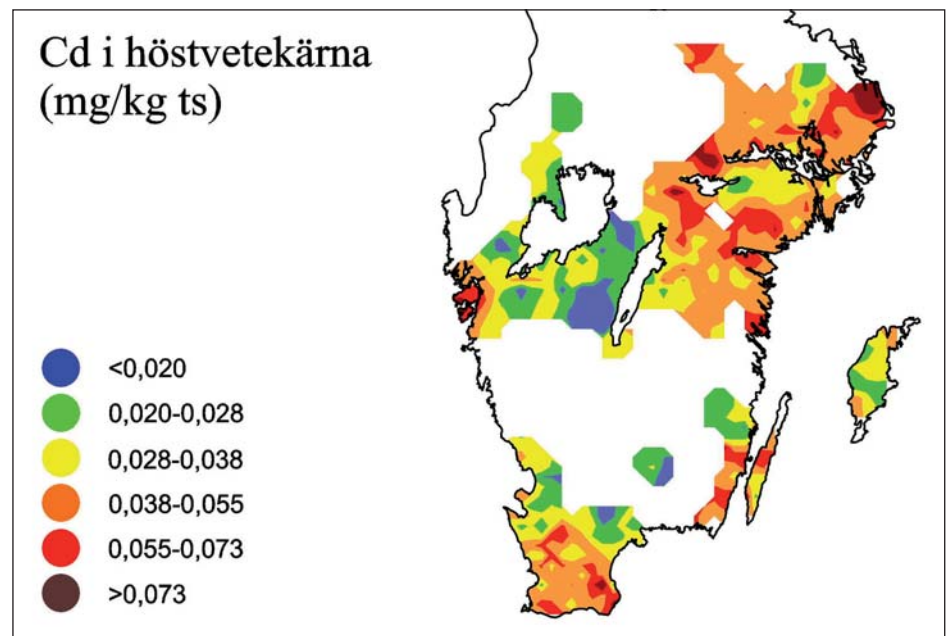


Strategi för att minska kadmium- belastningen i kedjan mark-livsmedel-människa



Rapport MAT21 nr 1/2009

Författare: Jan Eriksson



Strategi för att minska kadmiumbelastningen i kedjan mark-livsmedel-människa

Jan Eriksson

**Institutionen för mark och miljö. Sveriges lantbruksuniversitet,
Box 7014, 750 07 Uppsala**

Förord

MAT 21 har under den egentliga forskningsfasen (1997-2005) genomfört ett flertal projekt där syftet varit att kvantifiera anrikningen av kadmium i svin som funktion av foderkvalitet och val av uppfödningssystem och att här utifrån bedöma hälsorisker för människan vid konsumtion av sådana animalier. Studier har även gjorts av kadmiumflödena i systemet mark-växt. Detta tillsammans med andra studier i ämnet av bl.a. professor emeritus Arne Andersson vid SLU har visat att svensk jordbruksmark inom vissa geologiska områden naturligt innehåller besvärande höga halter av kadmium. Till detta har sedan lagts tillskott via användning av kadmiumförorenade fosforgödselmedel och via luftföroreningar. Problemet har i Sverige uppmärksammats sedan flera decennier och åtgärder har vidtagits för att minska tillförseln. Dessa åtgärder har lett till att kvoten mellan tillfört och bortfört kadmium från åkern idag i stort sett är i balans; den tidigare fortlöpande anrikningen har således kunnat i det närmaste hejdas.

Det svenska agerandet har visat sig vara framsynt då hälsoeffekterna av den exponering vi utsätts för via maten idag snarare framstår som allvarligare än som en överdriven oro. Under våren 2009 sänkte nämligen EU:s organ för livsmedelssäkerhet, EFSA, nivån för det rekommenderade tolerabla veckointaget av kadmium från 7 till 2,5 µg per kg kroppsvikt.

Som en uppföljning av de mer kvantitativa studierna inom MAT 21 startades 2005 ett syn-testema om kadmium i livsmedelskedjan. En viktig uppgift var att utveckla en strategi för hur kadmiumupptaget i våra viktigaste matgrödor vete och potatis och ytterst vårt dagliga intag via maten ytterligare skulle kunna minskas eller säkras.

Ett förslag till en sådan möjlig strategi redovisas i föreliggande rapport med en uppdelning på åtgärder i lantbruket respektive på nationell nivå via utformning av nya gränsvärden och internationellt arbete för att minska luftföroreningarna. I rapporten diskuteras även vad den enskilde konsumenten kan göra.

De förväntade konsekvenserna av mer eller mindre kraftfulla åtgärdsstrategier redovisas i rapporten.

Rapporten bör kunna ge viktigt kunskapsunderlag för t.ex. beslut om återföring av samhällets avfall till jordbruksmark liksom vid analys av vad som krävs för att långsiktigt trygga produktionen av säkra och hälsosamma livsmedel på svensk jordbruksmark.

Docent Jan Eriksson vid Institutionen för mark och miljö på SLU har analyserat kunskapsläget och format de redovisade alternativa strategierna i nära samarbete med Kadmiumforum; ett nätverk av forskare, handläggare i myndigheter och personer verksamma i jordbruks- och livsmedelssektorn. Ordföranden Ingmar Börjesson, Lantmännen, och Kjell Ivarsson, LRF, har initierat arbetet. Stiftelsen lantbruksforskning har tillsammans med MISTRA/MAT 21 varit viktiga finansärer.

Rune Andersson
Programchef MAT 21

Innehållsförteckning

Sammanfattning	7
1. Kadmium i mark, gröda och livsmedel	11
Kadmium i åkermark.....	11
Kadmium i grödor, djurfoder och livsmedel.....	15
2. Hälsorisker	25
3. Pågående och genomförda åtgärder mot kadmium	27
Nationella riktvärden/gränsvärden.....	28
Jordbruksnäringens egna riktvärden.....	30
4. Åtgärder att minska exponering för Cd	32
Minimering av tillförseln.....	32
Cd-ackumulerande växter.....	34
Marksanering.....	36
Reducera löslighet/växttillgänglighet.....	36
Förädling och sortval.....	37
Välja andra grödor än matgrödor.....	38
Andra åtgärder inom jordbruket för att påverka upptaget.....	39
5. Strategi för att minska Cd-belastningen	41
En nationell strategi.....	43
En gårdsstrategi.....	45
Konsumentperspektivet.....	47
6. Konsekvensanalys	50
7. Styrmedel, ansvarsfördelning	52
8. Erkännande	54
9. Referenser	55

Sammanfattning

Syftet med projektet var att sammanställa kunskaper om kadmium (Cd) i mark, gröda och livsmedel och om olika metoder för att minska vår exponering för kadmium, värdera hur säkra och praktiskt genomförbara dessa metoder är och att slutligen väga samman de olika delarna till ett förslag till en samlad strategi för att minimera kadmium i mark, gröda och livsmedel. Fokus är på åtgärder i svenskt jordbruk och i arbetet ingick också att diskutera konsekvenser i form av ökade kostnader och andra olägenheter om strategin genomförs och vilka styrmedel som finns och hur ansvaret för genomförandet kan fördelas.

Kadmium har sedan länge setts som ett problematiskt ämne i jordbruket och vi har i Sverige vidtagit flera åtgärder för att minska kadmiumexponeringen. För stor exponering för kadmium utgör en hälsorisk eftersom den upplagring som sker i njurarna kan leda till att deras funktion störs. Man har också påvisat ett samband mellan måttlig exponering för Cd och benskrighet. Nyligen sänkte EU:s organ för livsmedelsäkerhet rekommenderat veckointag av Cd från 7 till 2,5 µg per kg kroppsvikt. För en person som väger 70 kg innebär detta ett intag på 25 µg per dag. Detta kan jämföras med det genomsnittliga dagliga intaget av kadmium via kosten som beräknats till 12-14 µg per person och dag. Variationen är dock stor så hos en liten del av befolkningen kan det vara mer än 50 µg/dag. Marginalen till de nivåer som ger skadliga effekter är således mycket liten eller helt obefintlig.

Runt 80 % av det kadmium en icke-rökare får i sig kommer från vegetabilier. Kött och mjölk bidrar i liten grad eftersom halterna i dessa produkter är låga. Den höga kadmiumexponeringen via födan blir därför i första hand en angelägenhet i växtodlingen. Hur mycket kadmium det finns i mark och gröda beror i hög grad på det geologiska modermaterialiet, men medelhalterna i matjorden beräknas också ha ökat med drygt 30 % under 1900-talet på grund av gödsling med Cd-rika fosforgödselmedel och nedfall av luftföroreningar. Internationellt samarbete för att minska luftföroreningar och den i Sverige tillämpade praktiken att använda nästan Cd-fria fosforgödselmedel har lett till att vi idag i det närmaste uppnått balans mellan tillförsel och bortförsel av Cd för matjorden. I detta avseende innebär i dagsläget en eventuellt mer omfattande användning av avloppsslam som fosforkälla istället för mineralfosfor ett steg tillbaka. Bland grödorna är fokus i hög grad på vete eftersom det innehåller lite högre halter än många andra grödor och är en viktig bas för många livsmedelsprodukter. Medelhalten i årsskördarna av vete varierar mellan 0,040 och 0,050 mg/kg färskvikt. Datasammanställningen tyder inte på att halterna i svenskt vete är högre än i andra europeiska länder (underlaget är dock litet) och halterna är sällan ens i närheten av WHO:s gränsvärde på 0,2 mg/kg färskvikt. Det gränsvärdet kan dock ifrågasättas, speciellt med tanke på den just genomförda kraftiga sänkningen av rekommenderat maximalt veckointag av Cd. Om man vill sänka det totala intaget till en nivå som ger större säkerhetsmarginal vore det mycket vunnet om man kunde få ner halterna i vete och potatis. Rapportens strategidel handlar till stor del om hur man skulle kunna uppnå detta.

Förslaget till strategi baseras på en ganska noggrann genomgång av olika tänkbara åtgärder för att minska Cd-exponeringen och en kritisk granskning av hur effektiva och praktiskt genomförbara de är. Förslaget till strategi för att minska Cd-exponeringen via livsmedel diskuteras utifrån från två olika scenarier; ett där gränsvärdet för spannmål till humankonsumtion satts till 0,08 mg/kg färskvikt och ett annat där det satts till 0,05 mg/kg. Det första ligger i linje med vad som hittills tillämpats inom Sigillodlingen och vad som idag är en målsättning när det gäller spannmål för humankonsumtion hos de ledande kvarnföretagen.

Det andra är ett ganska skarpt gränsvärde som skulle bli aktuellt om man, med hänsyn till den sänkta nivån för rekommenderat veckointag av Cd eller eventuell ny kunskap om hälso-risker med Cd, vill öka marginalen mellan faktiskt intag och de lägsta nivåer där skadliga effekter kunnat konstateras. Eftersom potatis också signifikant bidrar till Cd-intaget ingår också gränsvärden på motsvarande nivåer för denna gröda i scenarierna.

I rapporten diskuteras strategin från både ett nationellt perspektiv, ett gårdsperspektiv och ett konsumentperspektiv. Följande åtgärder kan ingå i en nationell strategi:

- Riktvärden/gränsvärden för kadmium i spannmål och potatis för humankonsumtion införs.
- Miljöstöd till gårdsvis kartering av kadmiumtillståndet i åkermark införs
- Gränsvärdet för tillförsel av kadmium via avloppsslam sänks till 0,35 mg/ha och år. Samma gränsvärde tillämpas också för andra jordförbättringsmedel som används i jordbruket
- Sverige fortsätter att arbeta för strängare utsläppskrav inom EU avseende kadmium till luften
- Nya sorter av de känsliga grödorna som tar upp mindre kadmium tas fram inom växtförädlingen
- Informationen och rådgivningen till lantbruket förstärks t.ex. via Greppa näringen (Greppa kadmium)

Den nationella strategin handlar i hög grad om att på ett övergripande plan driva på och understödja arbetet för att uppnå de mål man vill uppnå. Aktörer är regering, riksdag, myndigheter, jordbruksnäringen, livsmedelsföretag och detaljhandeln. I 0,08-scenariet handlar det i hög grad om att arbeta vidare efter de riktlinjer man sedan länge arbetar efter. I de fall där Sverige, som EU-medlem, kan sätta upp egna nationella gränsvärden, som för avloppsslam och andra jordförbättringsmedel, kan man fortsätta arbetet med att skärpa dessa. I övrigt måste det i hög grad handla om frivilliga åtaganden i form av målsättningar, handlingsprogram, kvalitetskrav på livsmedelsråvarorna från livsmedelsindustri och handel mm. För att uppnå 0,05-scenariet krävs ganska kraftfulla åtgärder som det tar tid att uppnå. Förmodligen krävs att växtförädlingen bidrar med nya sorter som tar upp mindre Cd än dagens. Det krävs förmodligen också att gränsvärdet för Cd i spannmål sänks till 0,05 mg/kg, vilket innebär att det behövs en konsensus åtminstone inom EU att detta är nödvändigt. För att ge ordentligt genomslag på det totala Cd-intaget är det viktigt med en internationell överenskommelse, eftersom uppskattningsvis en tredjedel av konsumtionen av spannmålsbaserade livsmedel importeras. De nationella aktörerna måste också driva på genom att på olika sätt ge stöd till arbetet mot Cd.

Konsekvenserna av en strategi för att minska kadmiumexponeringen via livsmedel måste i hög grad hanteras på gårdsnivå. Följande åtgärder kan ingå i en strategi på gårdsnivå:

- Alla lantbruk genomför en kartering av kadmiumtillståndet på enskilda fält
- På fält vars kadmiumhalt överskrider det i strategin uppsatta gränsvärdet krävs en kadmiumanalys på grödan för att vete och havre skall få saluföras till humankonsumtion
- För gårdar där kadmiumhalten i åkerjorden överskrider angivet värde på något av fälten skall en åtgärdsplan upprättas och kunna förevisas vid kontroll om vete, havre eller potatis odlas för humankonsumtion. Verksamma åtgärder är:
 - Odlar utpekade grödor på fält med låga halter
 - Odlar foder eller energigrödor på fält med förhöjda halter

- Odla salix för att rena marken
- Välja sorter av utpekade grödor som har lägre upptag
- Vid behov justera upp markens pH värde och mullhalt
- Vidta åtgärder så att total tillförsel balanserar total bortförsel på gårdsnivå

En skärpt gräns för högsta acceptabla Cd-halter i matgrödor skulle medföra problem framförallt på gårdar med marker som innehåller för mycket växttillgängligt Cd. Tyvärr finns det få medel att snabbt sänka halten i de matgrödor (oftast vete) som får för höga halter på sådana gårdar. Kalkning kan ha effekt om jorden är sur. Annars är det kortsiktiga alternativet oftast att välja alternativa grödor såsom matgrödor som inte tar upp så mycket Cd eller foder- eller energigrödor. Om energigrödan är salix kan den också ha en långsiktigt markerande effekt eftersom den tar upp mycket Cd som förs bort med biobrännslut. Innan man vidtar mer långsiktiga åtgärder kan det vara motiverat att skaffa sig en överblick över situationen genom att kartera gården eftersom det sällan är alla fält som är problematiska. En av de långsiktiga åtgärder som brukaren själv styr över är att öka mullhalten om jorden är mullfattig (organiskt material binder Cd) och att se till att gödselmedel och andra jordförbättringsmedel är så rena från kadmium som möjligt så att halterna i marken håller sig konstanta eller i bästa fall minskar. Tillförsel av avloppsslam med dagens Cd-innehåll är inte tillrådligt. En viktig tillförsel faktor som ligger utanför brukarens kontroll är nedfallet. Här krävs insatser på nationell och internationell nivå för att ytterligare minska utsläppen av luftföroreningar. Ett alternativ som kanske också är lite mer långsiktigt är att lägga om till animalieproduktion, helst med egen foderproduktion, om det handlar om en växtodlingsgård. Väldigt lite av det Cd som djuren får i sig förs över till kött och mjölk så i dessa produkter blir halterna acceptabla även om fodret har en aning förhöjda halter. Problem på gårdsnivå skulle kunna hanteras lättare om nya sorter tillhandahålls som kombinerar litet upptag av Cd med bra avkastning och bra odlingsvärde i övrigt.

0,08-scenariet innebär för de flesta gårdar inga ytterligare åtgärder än de som redan görs (användning av Cd-fattiga fosforgödsel, sparsam eller ingen användning av slam etc.). Det är ett mindre antal gårdar i de mest belastade områdena som kan få problem och kanske på kort sikt måste välja alternativa grödor. I 0,05-scenariet blir problemen betydligt större. Data från miljöövervakningen visar att runt 30 % av en årsskörd av höstvetete kan ha Cd-halter över 0,05 mg/kg. Genomförandet av en strategi med detta mål kräver stora åtgärder på många gårdar och därmed också att det finns en genomtänkt strategi på den nationella nivån för att utveckla metoder för att hantera problemen och stöd med rådgivning, bidrag för omläggning av produktionen etc.

Konsumenterna har ganska begränsade möjligheter att själva påverka sitt intag av Cd. Om man är rökare kan man dock oftast mer än halvera intaget genom att sluta röka. Tobak innehåller relativt mycket Cd och det tas vid rökningen ganska effektivt upp i lungorna. Man kan också marginellt påverka sitt intag genom att undvika inälvsmat, skaldjur och andra produkter som har höga halter. Man kan också välja livsmedel som är certifierade med avseende på Cd-innehåll, men ännu så länge är sådana produkter ovanliga. Att göra riktiga val när det gäller mat är svårt och kräver stort engagemang och stor kunskap. Därför påverkas befolkningens intag av Cd och andra toxiska ämnen i hög grad genom åtgärder på nationell nivå inom ramen för samhällets övergripande mål att konsumenterna ska kunna äta alla livsmedel enligt kostrekommendationerna utan risk för ohälsa. I detta sammanhang är det viktigt att konsumenterna och deras organisationer driver och kräver fortsatt arbete för att så långt möjligt minska Cd-exponeringen.

De negativa konsekvenserna av skärpt hållning mot Cd kan framförallt förväntas drabba gårdsnivån. Om man tvingas välja bort vissa grödor kan det påverka driftsekonomi negativt. Om en gård får negativ stämpel kopplad till förväntade höga Cd-halter i dess produkter kan det också påverka fastighetens värde negativt. Om kostnaden för att ta fram certifierade produkter blir för stor, med åtföljande högre priser på produkterna, kan det hända att konsumenterna väljer bort dessa.

1. Kadmium i mark, gröda och livsmedel

Kadmium i åkermark

Eftersom en stor del av det kadmium (Cd) vi får i oss härrör från jordbruksprodukter är det viktigt att ha en god kunskap om olika kadmiumkällor i livsmedelskedjan och om möjligt minimera kadmiumhalterna i produktionsmedel, mark och gröda.

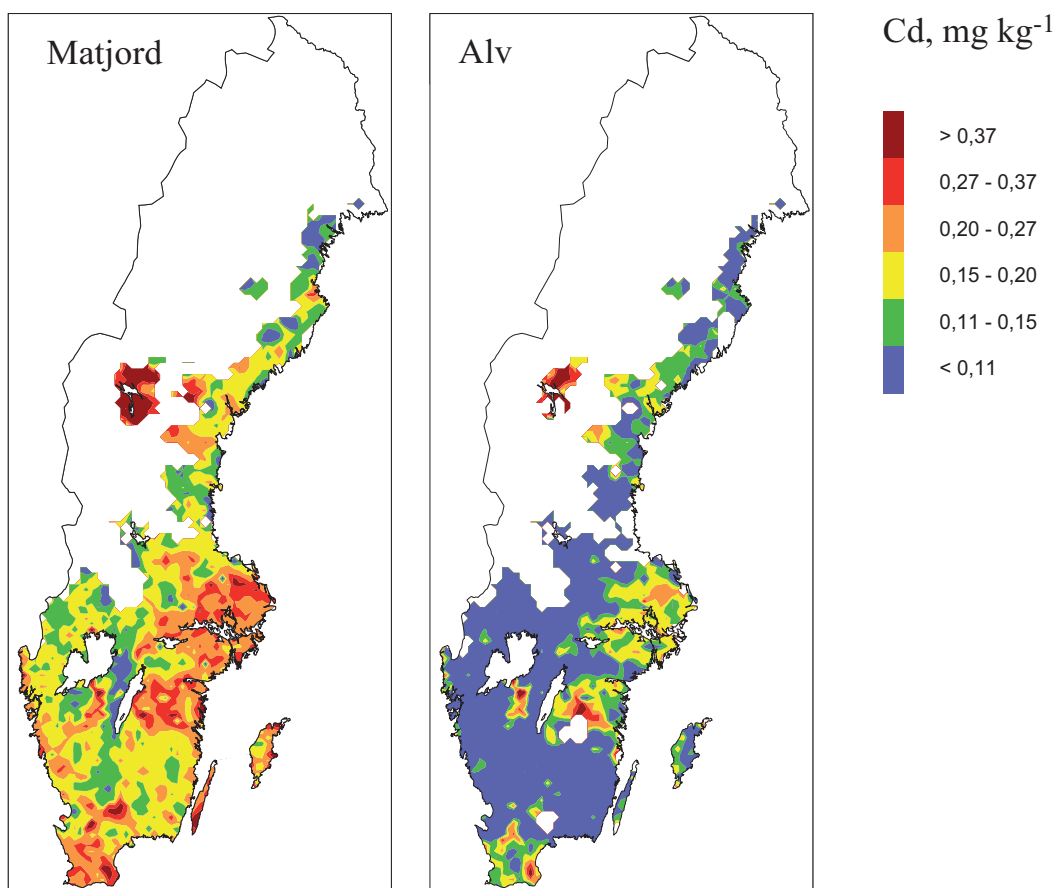
Kadmiumhalter över genomsnittet i matjorden (det plöjda skiktet) är vanligast i Skåne, speciellt på Österlen, i lerjordsområdena i Östergötland och Mälardalen samt i Jämtland (fig. 1). I skogs- och mellanbygder i inlandet och längs Norrlandskusten är halterna oftast lägre än genomsnittet. Höga halter i matjorden är ofta korrelerade till höga halter i alven (jordskiktet under matjorden) (fig. 1). Eftersom alven är relativt opåverkad av Cd-tillförsel utifrån speglar dess halter det ursprungliga tillståndet i matjorden. Den tydliga samvariationen mellan matjordens och alvens halter visar att merparten av matjordens kadmiuminnehåll beror på den naturliga halten i modermaterialet. De högsta halterna i matjord är ofta kopplade till förekomst av alunskiffer i modermaterialet. Exempel på detta är de förhöjda halterna i Jämtland, kring Västgötabergsen och på Österlen. Alunskiffer har höga halter av kadmium och andra tungmetaller på grund av att de innehåller sulfider som bundit upp kadmium och andra tungmetaller när de bildades för hundratals miljoner år sedan. Andra markegenskaper som ofta innebär högre halter av kadmium än genomsnittet, är hög ler- och humushalt.

Av fig. 1 framgår också att kadmiumhalten är påtagligt högre i matjorden än i alven. Jämförelse av medelhalterna, 0,23 respektive 0,14 mg/kg, visar att halterna i matjorden i genomsnitt är ca 60 % högre än de i alven. Denna siffra ger ett mått på den totala upplagringen av kadmium i matjorden sedan istiden eller sedan landet höjde sig ur havet. En del av denna upplagring beror på naturliga processer, t.ex. att rötter tar upp kadmium från djupare jordlager och att detta sedan återförs till markytan via växtrester. En stor del av den förhöjda halten i matjorden beror dock på mänsklig påverkan.

Beräkningar utförda vid SLU Andersson (1992) visar en ökning av matjordens medelhalter med mer än 30 % under 1900-talet (tabell 1). Beräkningarna är korrigerade för att en del av det Cd som tillförs (skattat till 30 %) lakats ut eller bortförts med grödorna. Den beräknade totala tillförseln från olika källor är därför större än den som anges i tabell 1. Den största externa kadmiumkällan under denna tid har varit fosforgödselmedlen som står för mer än hälften av den totala nettoackumuleringen. De andra viktiga källorna är nedfall av luftföroreningar samt fodertillsatser och kalk. Fodertillsatser handlar om importerad spannmål, sojabönor etc. samt mineralämnestillsatser som ingår i s.k. kraftfoder. Kadmiumtillskottet från avloppsslam ansåg sig Andersson inte kunna beräkna på grund av bristfällig statistik.

Enligt en överslagsberäkning av Peter Balmér, f.d. VD i Gryaab och professor emeritus i vattenförsörjnings- och avloppsteknik (pers. medd.) kan bidraget från avloppsslam under 1900-talet i genomsnitt uppgå till ca 4 g/ha vilket utgör ca 2,5 % av den enligt tabell 1 beräknade totala tillförseln. Balmérs beräkning baseras på följande antaganden: Total slammängd ökar från ca 60 000 ton år 1960 till ca 200 000 ton år 1980. Därefter konstant 200 000 ton ts/år. Fram till 1985 går 50 % av slammet till jordbruksmark, därefter 20 %. Kadmiuminnehåll 1960-80 – 7 mg Cd/kg ts, 1980-1990 – 3 mg Cd/kg ts och 1990-2000 – 1,8 mg Cd/kg ts. I Andersson (1977) beräknades avloppsslamslam tillföra 500 kg Cd per år

till hela åkerarealen, vilket ansågs motsvara 5,3 % av den totala den dåvarande tillförseln av Cd. Den beräkningen baserades på en antagen tillförsel av 84 000 ton ts avloppsslam med en genomsnittshalt på 6 mg Cd/kg ts. För en tioårsperiod innebär detta en tillförsel på ca 1,5 g Cd/ha. Med tanke på att både tillförsel av slam och dess halt av Cd minskade under 1900-talets sista decennier verkar det finnas en överensstämmelse mellan Andersons och Balmérs beräkningar. För åren kring 1975 stämmer de båda skattningarna väl överens. Resultaten av beräkningarna antyder att sett över åkermarken som helhet är slammets totala bidrag inte så stort. På enskilda åkrar kan tillskottet däremot ha varit betydande.



Figur 1. Kadmiumhalter (lösligt i 7M HNO₃) i matjord (0-20 cm och alv (40-60 cm) (Eriksson m.fl., 1997).

Tabell 1. Beräknad genomsnittlig nettoackumulering av kadmium i svensk åkermark 1900-1990. Mängden kadmium i matjorden antogs vara 600 g/ha (Andersson, 1992).

Gödselmedel	82	g ha ⁻¹
Nedfall från luften (deposition)	43	“
Fodertillsatser	14	“
Kalk	11	“
Avloppsslam	?	“
Totalt	150	“
Ökning, % av nivån år 1900	33	

Tabell 2 visar några beräkningar av hur balansen mellan tillförsel och bortförsel från marken ungefär ser ut idag. För en växtodlingsgård med fosfortillförsel med mineralgödsel indikerar beräkningen att bortförseln är något större än tillförseln för matjorden. En fosforgiva på 10 kg/ha har antagits vilket motsvarar ungefär den genomsnittliga givan i Uppsala län. En del av det som lakas ut från matjorden fångas dock upp längre ner i markprofilen, så inom hela jordvolymen ned till dräneringsrören ökar mängden kadmium en aning (budget nr 2). Om man tänker sig att man skulle ersätta fosforgödselmedel med avloppsslam och tillföra samma fosformängd som i budget nr 1 blir Cd-tillförseln större (budget nr 3). I verkligheten tillförs dock troligen mer Cd med slam än så eftersom man ofta tillför den mängd som är maximalt tillåten med hänsyn till maximalt tillåten tillförsel av fosfor och tungmetaller. Oftast begränsas givan av innehållet av P, Cu eller Cd. Om slammet har sådan sammansättning att det är Cd som är begränsande kommer man upp i en Cd-tillförsel som motsvarar den max tillåtna (se vidare kapitel 3) enligt budget nr 4. Kadmiumtillförseln via slam torde i de flesta fall ligga närmare denna siffra än den i budget nr 3 med nuvarande Cd-innehåll i slam.

I budgetarna för husdjursgårdarna har antagits att tillförseln av stallgödsel motsvarat den maximalt tillåtna tillförseln på 22 kg P/ha. Vidare har hela Cd-innehållet i grödorna betraktats som bortförsel. I själva verket återförs en stor del av det Cd som tas ut med grödan när den används som foder. Det Cd som på detta sätt återförs ingår som tillförsel i stallgödselposten. Att tillförseln med stallgödseln är större än bortförseln med grödan beror på att inköpt foder och mineral tillsatser ger ett nettoinflöde till marken via stallgödseln. Samtidigt blir den verkliga bortförseln (redovisas ej i tabellen) via grödan betydligt mindre än på en växtodlingsgård eftersom fodergrödorna används i djurproduktionen. En husdjursgård (budget nr 5 och 6) har därför i genomsnitt lite sämre balans än en mineralgödslad växtodlingsgård (budget nr 1) trots att man där inte har något större fosforgödselnsbehov.

I budgeten för svinproduktion har ett intervall angivits för tillförseln med stallgödsel. Dataunderlaget för stallgödselns Cd-halt kommer från Steineck m.fl. (1999). Där finns data för fastgödsel, som provtagits på gårdar med smågrisproduktion (suggor), och för flytgödsel som provtagits på gårdar med slaktsvinsproduktion. Kadmiuminnehållet är betydligt högre i fastgödseln från smågrisproduktionen än i flytgödseln från slaktsvinsproduktionen, även när man tar hänsyn till Cd/P-kvoten. Detta beror troligen på tillskottet av Zn i fodret i smågrisproduktionen. Tillförsel av Zn innebär ofta också ett tillskott av Cd eftersom ämnen följs åt i naturen. För mjölkkor var det ingen större skillnad i Cd-innehåll mellan flytgödsel och fastgödsel i Steinecks m.fl. (1999) data. För mjölkkor redovisade de data både för konventionell och för ekologisk produktion. Det var ingen skillnad mellan dessa produktionsformer för fastgödsel. För flytgödseln var däremot Cd-innehållet (räknat per mängd fosfor) i gödseln från ekologisk mjölkproduktion i genomsnitt 65 % av det i gödsel från konventionell mjölkproduktion. Varför det var en skillnad för flytgödsel men ej för fastgödsel mellan konventionell och ekologisk produktion är svårt att förstå. Värdet i budget nr 6 avser fastgödsel och flytgödsel från konventionell produktion.

När Cd-belastningen var som störst under 1970-talet var nettoackumuleringen av Cd i åkermarken i storleksordningen 3 g/ha, år (egen beräkning). Sedan dess har tillförseln via nedfall från luften (deposition) minskat med mer än 70 %. Tillförseln via fosforgödselmedlen har dock minskat ännu mer, varför depositionen idag generellt är den största externa källan av kadmium till åkermarken. På slamgödslade åkrar visar dock budgetberäkningen att

Tabell 2. Ungefärliga kadmiumbudgetar för åkermark vid olika driftsriktningar och fosforgödslingsstrategier. Beräkningarna avser förhållandena i Uppsalastrakten. Egna beräkningar baserade på tillgängliga data över Cd-koncentrationer i insatsmedel, skördeprodukter och lakning, statistik över skördar mm. från Jordbruksstatistisk årsbok och depositionsdata från mosskarteringen (IVL:s hemsida). Beräkningarna avser växtföljder som är typiska för respektive produktionsriktning i området. Mängden kadmium i matjorden antogs vara 840 g/ha.

	Växtodlingsgård						Husdjursgård		
	1	2	3	4	5	6	Svin	Mjölkkor	
Fosforkälla:	Mineralgödsel 10 kg P	Mineralgödsel 10 kg P	Avloppsslam 10 kg P	Avloppsslam max Cd	Stallgödsel 22 kg P	Stallgödsel 22 kg P			Stallgödsel 22 kg P
Balans för:	Matjorden	Dränerings- djup	Matjorden	Matjorden	Matjorden	Matjorden			Matjorden
<i>a) Tillförsel, g ha⁻¹ år⁻¹</i>									
	0,06	0,06	-	-	-	-			
Mineralgödsel	-	-	0,30	0,75	-	-			
Avloppsslam	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45			0,45
Deposition	-	-	-	-	0,17 - 0,30	0,34			0,34
Stallgödsel	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
Kalk									
Totalt	0,52	0,52	0,76	1,21	0,63 - 0,76	0,80			
<i>b) Bortförsel, g ha⁻¹ år⁻¹</i>									
	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27			
Skördeprodukter	0,40	0,06	0,40	0,40	0,40	0,40			0,40
Utlakning	0,62	0,29	0,62	0,62	0,62	0,67			
Totalt	-0,10	0,23	0,14	0,59	0,01 - 0,14	0,13			
a) - b)	-0,012	-	0,015	0,069	0,005 - 0,015	0,015			
Haltändring (%)									

tillförseln via slammet kan vara större än den via nedfall. Den minskade tillförseln via fosforgödselmedel beror på en kombination av minskade gödselgivor och låg kadmiumhalt i de mest använda fosforgödselmedlen.

Även om man skulle kunna eliminera alla externa källor till Cd i slam, går det ej att få samma låga halter som i de fosforgödselmedel vi just nu använder i Sverige. Skälet för att man vill återcirkulera avloppsslam till åkermarken är att återföra fosfor (och andra näringsämnen) som tagits ut med den skördade matgrödan. Riksdagen beslutade 2005 (med modifierad ordalydelse 2008) att senast år 2015 ska minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp utnyttjas som växtnäring, varav minst hälften återförs till åkermark. Återcirkulation av fosfor innebär dock också återcirkulation av Cd. Det finns lite olika uppgifter om vilken Cd-halt ett avloppsslam som inte innehåller något Cd utöver det som vi människor utsöndrar skulle ha ("klosettattenkvalitet"). Svensson (2006) uppmätte Cd/P-kvoter på 13 och 19 mg/kg i slutna avloppstankar i Lund. Jönsson m.fl. (2005) redovisar kvoter på 11 respektive 12 mg/kg i prov från två undersökningar. Som jämförelse kan nämnas att vetekärna har en Cd/P-kvot på 12 mg/kg (Eriksson m.fl., 2000). Medelhalten i slam i dagsläget är ca 30 mg Cd/kg P enligt Jordbruksstatistisk årsbok 2008. Det är den siffran som använts i budget nr 3 i tabell 2.

För P-gödselmedlen har en genomsnittshalt på 6 mg Cd/kg P, enligt SCB (2004) använts. När det gäller fosforgödselmedlen är frågan hur länge vi kan behålla de låga halterna eftersom tillgången på Cd-fattig fosforråvara är begränsad. På sikt krävs en rening i tillverkningsprocessen.

Även om det finns många osäkra poster antyder budgetberäkningarna att de åtgärder som redan vidtagits medfört att vi mer eller mindre uppnått en balans mellan tillförsel och bortförsel där man gödslar med fosforgödselmedel. Större tillförsel med avloppsslam och andra jordförbättringsmedel, även om de inte förorenats av externa källor, och eventuell risk för högre framtida halter i fosforgödselmedel visar dock att det är nödvändigt att minska nedfallet av kadmium ytterligare för att vi ska kunna vidmakthålla denna balans.

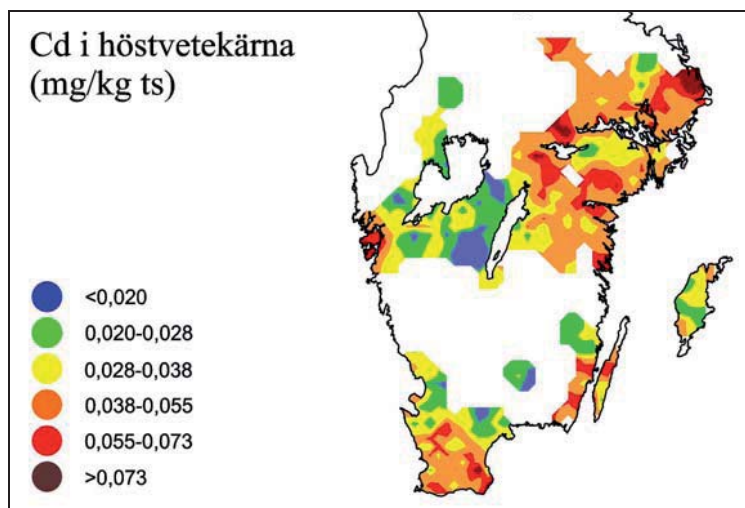
Kadmium i grödor, djurfoder och livsmedel

Mellan 10 och 30 % av totalmängden kadmium i matjorden är i s.k. utbytbar form vilket gör att den kan överföras till upptagbar form genom enkelt jonbyte (Eriksson, 1989). Kadmium tas därför till skillnad från många andra tungmetaller lätt upp av grödorna och eftersom dessa inte är särskilt känsliga för de halter vi normalt har i åkermarken, förs kadmium lätt vidare in i livsmedelskedjan via avsalugrödor.

Höga kadmiumhalter i höstvetete är vanligast i de områden som har höga halter i marken (jämför fig. 2 och fig. 1). Detta visar att det finns ett samband mellan kadmiumhalten i gröda och halten i marken. Det är dock inte så att en hög halt i marken alltid ger en hög halt i grödan eller tvärtom. Ibland kan exempelvis innehållet i marken vara högt, men växterna tar ändå inte upp särskilt mycket kadmium. Det innebär att man tyvärr inte kan förutsäga halten i grödan genom en jordanalys med någon större precision. Generellt innebär dock hög halt i marken en större risk att halterna i grödan blir höga.

Att det är mycket svårt att förutsäga kadmiumhalten i en gröda på en viss plats beror på att det är många andra faktorer än mängden kadmium i marken som påverkar växternas upptag. För det första är det inte totalhalten kadmium i marken i sig som styr grödornas upptag

utan snarare hur stor andel som är löslig/växttillgänglig. Lösligheten beror bland annat på jordart och vilka mineral jorden innehåller. Organiskt material och lerpartiklar har förmåga binda Cd i mindre växttillgänglig form. Ökande halter av dessa markkomponenter innebär ofta lägre halter i grödan. En annan viktig faktor som påverkar kadmiums löslighet i marken och därmed dess växttillgänglighet är pH. Kadmiums löslighet och därmed i de flesta fall också grödornas upptag ökar med sjunkande pH. Detta är tydligt för havre, morot och potatis (Öborn m.fl., 1995). Vete avviker dock. I denna gröda har halterna i kärna i olika undersökningar ofta visat sig vara starkare korrelerade till markens totalhalt än till pH (Eriksson, 1990; Öborn m.fl., 1995). Varför vet vi inte riktigt.



Figur 2. Geografisk variation i kadmiumhalt i höstvetekärna (egen karta baserad på miljöövervakningsdata).

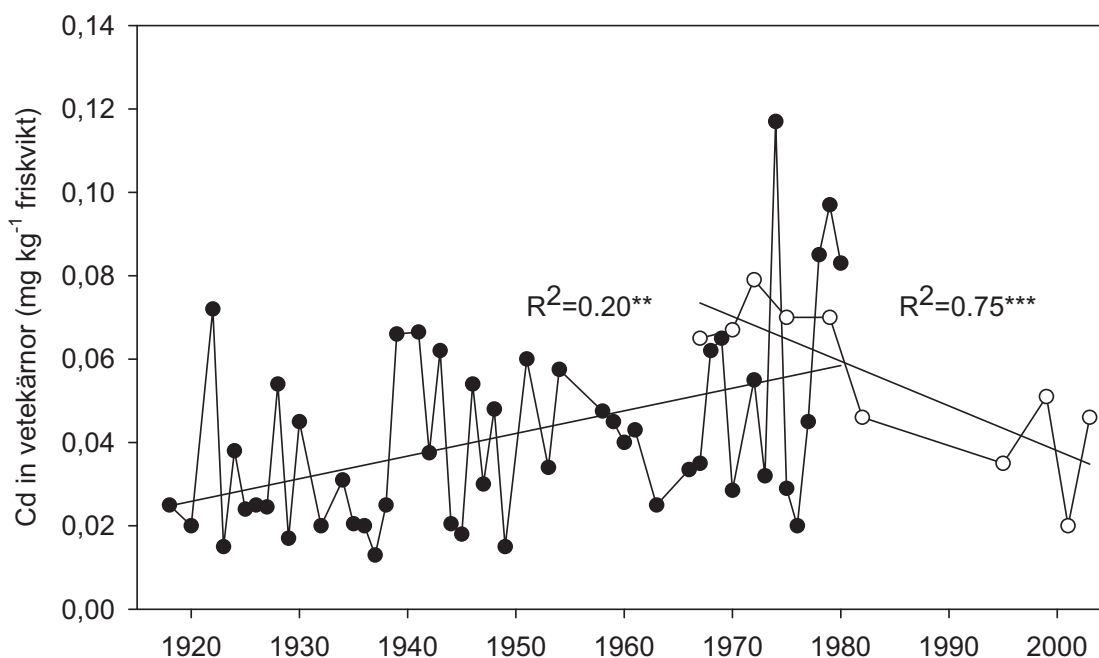
Växten själv styr också sitt upptag av kadmium och andra ämnen. Genom utsöndringar från rötterna kan växten påverka kadmiums och andra ämnens löslighet i marken. Olika växtarter och även olika sorter av samma växtart har också olika förmåga att ta upp kadmium från marken. Inne i växten finns olika barriärer och andra mekanismer som kan göra att det mesta av det kadmium som tas upp stannar i roten eller att det som transporteras upp i de ovanjordiska delarna inte hamnar i fröna. Beroende på vilken del av växten som används kan detta ha stor betydelse för hur mycket kadmium som hamnar i de delar som används som livsmedel. Även här finns skillnader mellan växtarter och sorter.

Även väderleksförhållanden och olika bruksåtgärder kan förklara skillnader i grödornas upptag mellan marker som har ungefär samma kadmiumhalt.

I vilken grad haltökningen i marken kan ha påverkat upptaget i grödorna vet vi ganska lite om. En intressant tidsserie framtagen genom analys av arkiverade höstveteprover antyder att halterna i vete kan ha ökat under de 60 år studien gällde (fig. 3; kurvan med fyllda cirkular). Diagrammet visar hur halterna varierat i en lantvetesort som under lång tid funnits med i Svalöfs sortförsök på Ultuna. Trots att variationen mellan olika år är avsevärd finns en signifikant trend som pekar mot en fördubbling av halterna under den aktuella perioden. Andersson & Bingefors fann också att årsvariationerna i Cd-halter var starkt korrelerade mellan sorterna Ultuna lantvete, Starke I/Starke II och Odin. Detta indikerar att den stora variationen mellan år främst beror på att kadmiumupptaget varierar med årsmånen (variationer i tillväxtbetingelser mellan år som styrs av väderleksförhållandena). Halterna är van-

ligen lägst under nederbördsfattiga år (Eriksson m.fl., 1990). Av de jämförda sorterna hade Ultuna generellt lite lägre halter än Odin och Starke.

Tio år före Andersson & Bingefors gjorde Kjellström m.fl. (1975) en studie av samma material. De fann en signifikant trend även i sitt material där de sist analyserade proverna var från 1972. Lutningskoefficienten för trendlinjen, dvs. den årliga ökningen i kadmiumhalt, var dock mindre (0,0036 mg/kg, år) än den i fig. 3 (0,0051mg/kg, år). Sort anges inte men det var en och samma sort och rimligtvis Ultuna lantvete. Kjellström analyserade också 8 höstveteprov odlade i olika delar av Sverige under perioden 1880-1900 som hämtades från Nordiska museets arkiv. Kadmiumhalterna i dessa prov var i nivå med vad proverna från 1920-1972 hade de första decennierna. Samma författare analyserade också en vårvetesort (vilken framgår ej) från perioden 1916-1972. Även i detta fall fanns en trend till ökande halter, men den var ej signifikant för hela perioden. Fram till ungefär 1960 var det en tydligt ökande trend, men därefter varierade halterna mycket kraftigt mellan åren och de lägsta halterna var lägre än de som uppmätts decennierna innan.



Figur 3. Kurva med fyllda cirklar: Kadmiumhalter i Ultuna lantvete under perioden 1918-1980 (Andersson & Bingefors, 1985). Kurva med ofyllda cirklar: Förändring av Cd-halt i höstvete i långliggande försök. Medelvärden och standardavvikelser för data från 10 försök, två i Uppland, två i Östergötland, ett Västergötland och fem i Skåne. Data är från ledet med högsta gödselgivan (125-150 kg N/ha, 30 kg P/ha och 80 kg K/ha). Vetesorter har varierat över tiden, men principen har varit att använda för respektive område aktuella och moderna sorter (Kirchmann m.fl., 2009).

En annan tidsserie redovisas av Kirchmann m.fl. (2009) (fig. 3; kurvan med ofyllda cirklar). Den bygger på analys av arkiverade prov av vetekärna från SLU:s långliggande försök. De tar vid ungefär där Andersson & Bingefors (1985) serie slutar. Intressant nog ligger halterna i slutet av Andersson & Bingefors serie och i början av Kirchmanns m.fl. på samma nivå. Den sammanlagda bilden pekar på att halterna i vete kan ha legat som högst

under 1970-talet för att därefter avta. Perioden med de högsta halterna sammanfaller med den period då nedfallet från luften och tillförseln av Cd med fosforgödselmedlen var som störst. Det finns ganska få andra data som bekräftar att halterna i vete skulle ha nått en högsta nivå under 1970-talet. Andersson och Pettersson (1981) jämförde dock halterna i höstvete i Uppland och Västmanland med dem i Skåne. De uppmätte ett medelvärde på 0,066 mg/kg ts (58 prov) i Uppland-Västmanland och 0,096 mg/kg ts (49 prov) i Skåne. Även om det kanske inte var ett arealrepresentativt urval, i den skånska delen var det t.ex. en viss överrepresentation för Österlen med höga halter, antyder siffrorna att nivåerna kring 1980 var högre än dagens. Ur miljöövervakningens data kan utläsas medelhalter på 0,048 mg/kg ts (28 prov) i Uppsala och Västmanlands län och 0,059 mg/kg i Skåne län (89 prov) under åren 2001, 2003, 2005 och 2007.

I programmet för yttäckande miljöövervakning går det också att följa halterna i några spannmålsgrödor från 1988 och framåt (Tabell 3). I dessa data ses dock ingen trend. Jorhem m.fl. (2001) undersökte Cd-halter under åren 1983-1997 i vetemjölförpackningar i livsmedelsaffärer i tre städer och från två av de största svenska kvarnföretagen (3 x 2 = 6 prov per år). De fann en tendens till ökande halter under första halvan av perioden och avtagande under den andra halvan. Även vetemjöl från ekologiskt odlat vete fanns med i undersökningen, men det innefattade bara ett prov per år och visade ingen tidstrend. Prover (15 st) tas fortfarande årligen, men inga data är publicerade. Halterna varierar mellan åren, men nivån har inte förändrats nämnvärt från 1997 och framåt (Lars Jorhem, Livsmedelsverket, pers. medd.)

Tabell 3. Medelhalter av Cd i kärna av höstvete, vårkorn och havre 1988-2007. Data från yttäckande miljöövervakning på åkermark (Eriksson m.fl. (2000) samt nya data från databasen). Fullständiga uppgifter om sorter saknas, men det handlar om ett mer eller mindre representativt urval av de sorter som odlades de aktuella åren.

År	Höstvete		Vårkorn		Havre	
	Antal	Medelvärde (mg/kg ts)	Antal	Medelvärde (mg/kg ts)	Antal	Medelvärde (mg/kg ts)
1988	125	0,051	-	-	206	0,036
1995	278	0,044	283	0,019	-	-
2001	78	0,048	92	0,022	67	0,041
2003	89	0,043	69	0,012	79	0,024
2005	80	0,046	95	0,013	45	0,022
2007	53	0,057	46	0,019	40	0,029

Om bilden att Cd-halterna i vete var som högst under 1970-talet stämmer indikerar det att ökningen i upptag i Andersson & Bingefors (1985) data kanske mer beror på ett mer eller mindre direkt upptag av en del av det Cd som tillförs från luften och med fosforgödselmedlen, än på den fortgående upplagringen av Cd i matjorden. Det Cd som tillförs i denna form kan förmodas vara relativt lätt växttillgängligt till att börja med. En del av nedfallet kan också ha tagits upp direkt via bladen. När nedfallet och tillförseln via fosforgödselmedlen minskat igen har också upptaget minskat. En faktor som också kan bidra till minskat upptag är att tillfört Cd binds upp hårdare i marken med tiden. Enligt Hamon m.fl. (1998) kan en tillsatt mängd av lösligt Cd fixeras i ej biotillgänglig form i en hastighet av 1-1,5 %

per år. Även den skördeökning som skett under den aktuella perioden kan ha medfört minskande halter om upptaget av Cd inte ökat i samma takt som biomassaökningen ("utspädningseffekten"). Minskande Cd-halt i vete kan också tänkas bero på lägre halter i nya sorter. Både för undersökningarna som redovisas i fig. 3 (kurvan med ofyllda cirklar) och i tabell 3 speglar sorturvalet det som är aktuellt i jordbruket som helhet. Hur Cd-halterna förändrats i de sorter som varit aktuella under de senaste 30-40 åren finns det lite information om. Det har gjorts en del sortjämförelser vid olika tillfällen (ex. Pettersson, 1977; Andersson & Pettersson, 1981, Eriksson, 1990), men där jämfördes i huvudsak de sorter som var mest aktuella just då. Det går inte att jämföra data från sortförsök som utförts vid olika tillfällen, för då påverkas resultatet sannolikt av de stora variationer mellan år som syns i fig. 3. Det som behövs är några försök där alla de intressanta sorterna från tidsperioden från 1970-talet (eller varför inte ännu tidigare) och framåt jämförs vid samma tillfälle.

Om vi idag är tillbaka till nivån i början av 1900-talet går dock ej att uttala sig om. Därtill är underlaget för litet och osäkerhetsfaktorerna för många. Rimligtvis borde ökningen av halterna i matjorden generellt ha påverkat upptaget. Det finns dock en mängd faktorer som kan både försvaga och förstärka en sådan trend. Andersson och Bingefors diskuterade hurvida deras konstaterade ökande trend delvis kunde bero på att man med avseende på växtnäringstillförsel har gått ifrån ett stallgödselbaserat till ett mineralgödselbaserat jordbruk under den tidsperiod de undersökte. Stallgödsel tillför organiska ämnen som binder kadmium i marken. Mineralgödselmedel är ofta försurande och består av mer eller mindre lösliga salter. Kadmiums löslighet ökar med sjunkande pH. Även salttillförsel kan göra kadmium mer växttillgängligt genom att kadmium som binds på markpartiklarnas ytor förträngs genom jonbyte. En ökande N-gödselgiva tenderar också att leda till ökat Cd-upptag (Wångstrand m.fl., 2007). Om sådana faktorer har någon betydelse borde effekten på upptaget vara ungefär densamma idag som på 1970-talet.

Tabell 4 visar kadmiumhalter i Lantmännens analyser av siloprov från spannmålspartier de handlar med. Dessa data ger framförallt en bild av skillnaden i nivå mellan de olika spannmålsslagen. Vete är den spannmålsgröda som har högst kadmiumhalter. Vårvete har i genomsnitt något högre halter än höstvete. Korn och råg har oftast påtagligt lägre halter än vete, medan havre intar en mellanställning.

I tabell 5 anges halter i olika grödor från andra källor än de som refereras ovan. Data för spannmål är från miljöövervakningen och för höstvete, korn och havre är data representativa för den areal där respektive gröda odlas i Sverige. Potatis har lägre halter än vete och

Tabell 4. Kadmiumhalter (mg/kg färskvikt) i siloprov av spannmål från Sverige (Eva Nerbrink, Lantmännen, pers. medd.).

Gröda	År	Antal prov	Median-halt	Medelhalt ±standardav.	Min-max
Höstvete	2001-2007	130	0,049	0,049 ± 0,015	0,016 – 0,113
Vårvete	2002-2007	68	0,057	0,058 ± 0,017	0,017 – 0,105
Råg	2002-2007	94	0,013	0,014 ± 0,006	<0,005 – 0,031
Havre	2002-2007	110	0,038	0,040 ± 0,018	0,005 – 0,145
Korn	2003-2007	13	0,023	0,024 ± 0,007	0,013 – 0,032

Tabell 5. Kadmiumhalter i olika grödor (mg/kg ts för spannmålsgrödor, mg/kg friskvikt för potatis och morötter).

Gröda	År	Antal prov	Median-halt	Medelhalt \pm stdav.	Min-max	Provtaget område
Höstvete ¹	2001-2007	301	0,041	0,047 \pm 0,029	<0,003 – 0,239	Riket
Vårvete ²	1993	69	0,056	0,069 \pm 0,041	0,014 – 0,163	Örebro län
Havre ¹	2001-2005	191	0,022	0,029 \pm 0,030	<0,003 – 0,288	Riket
Korn ¹	2001-2005	253	0,012	0,016 \pm 0,014	<0,003 – 0,076	Riket
Slättervall ¹	2007	97	0,038	0,081 \pm 0,096	<0,003 – 0,472	Utvalda områden i olika delar av landet
Morot ²	1993	69	0,024	0,030 \pm 0,023	0,007– 0,096	Örebro län
Morot ³	1993, 1994	76	0,027	0,033 \pm ?	0,007 – 0,087	Riket (ca 90 % av produktionen)
Matpotatis ²	1993	69	0,009	0,011 \pm 0,007	0,001 – 0,039	Örebro län
Matpotatis ⁴	2000	75	0,008	0,010 \pm 0,006	0,001 – 0,028	Riket

¹ Miljöövervakning på åkermark

(<http://www-jordbruksmark.slu.se/AkerWebb/MgiPub/Index.jsp?PageType=0&PageID=0>)

² Öborn m.fl., 1995

³ Jansson & Öborn, 2000

⁴ Öborn m.fl., 2003

havre, men ger ändå ett påtagligt tillskott till kadmiumintaget eftersom den konsumerade mängden är relativt stor (Petersson Grawé, 1996; se vidare fig. 4). Som jämförelse anges halter som uppmätts i vete och i ett fall korn i några andra länder (tabell 6). I Kumpulainen & Tahvonen (1989) finns också en sammanställning där Cd-halterna i vetekärna i olika Västeuropeiska länder varierar mellan 0,054 och 0,076 mg Cd/kg. Halterna i Sverige tycks ligga i nivå med eller ibland något lägre än i andra länder.

I tabell 7 visas några data över Cd-halter i foder och i de ingående foderkomponenterna. Lindén m.fl. (2003) analyserade Cd-halter i foderblandningar till svin och i foderkomponenterna på ett antal gårdar i Skåne. I denna undersökning bidrog koncentratet (mineral, vitaminer och protein) påtagligt till att höja Cd-halten i foderblandningen. De högsta Cd-halterna uppmättes i fabrikspremixer (innehåller mineralämnena, vitaminer och andra mikrokomponenter) som blandades in i fodret på några gårdar. Att mineralämnestillskott innehåller Cd beror förmodligen på att Zn är en viktig komponent. Eftersom Zn och Cd har liknade egenskaper följs de åt i naturen och det är svårt skilja dem åt.

Tabell 6. Kadmiumhalter i vete och korn (mg/kg ts) i några andra länder. Med brödvete menas arten *Triticum aestivum* L. Om det handlar om höstvete eller vårvete framgår sällan.

Land	Gröda	Antal prov	Medelhalt	Min-max	Källa
Finland	Brödvete	?	0,055	-	Kumpulainen & Tahvonen, 1989
Italien	Brödvete	35	0,040	0,013 – 0,094	Conti m.fl., 2000
Italien	Durumvete	38	0,042	-	Conti m.fl., 2000
Frankrike	Brödvete	16	0,058	0,015 – 0,146	Mench m.fl., 1997
Storbritannien	Brödvete	?	0,044	0,004 – 0,310	Chaudri m.fl., 1995
Storbritannien	Brödvete	162	0,072	0,010 – 0,620	Adams m.fl., 2001
Storbritannien	Korn	233	0,022	-	Adams m.fl., 2001
Storbritannien	Brödvete	250	0,063	-	Adams m.fl., 2001
USA	Vete, ospecificerat	288	0,049	<0,002 – 0,235	Wolnik m.fl., 1983
Tyskland	Vete, ospecificerat	?	0,051	-	Brüggemann & Kumpulainen, 1995

Tabell 7. Kadmiumhalter (mg/kg ts) i foderblandningar till slaktsvin och i foderkomponenterna (Lindén m.fl., 2003).

	Antal prov	Medelhalt	Medianhalt	Min-max
Foderblandning	49	0,049	0,049	0,013 – 0,084
Korn	44	0,014	0,013	0,004 – 0,035
Vete	26	0,041	0,044	0,018 – 0,069
Havre	10	0,014	0,012	0,006 – 0,028
Blandsäd	4	0,019	0,018	0,013 – 0,027
Sojamjöl	6	0,025	0,019	0,014 – 0,044
Ärtor	2	0,004	0,004	0,003 – 0,005
Rågvete	5	0,039	0,038	0,027 – 0,055
Koncentrat	34	0,176	0,150	0,042 – 0,630
Fabrikspremix 1	1	1,000	-	-
Fabrikspremix 2	1	0,930	-	-
Fabrikspremix 3	1	0,070	-	-

Tabell 8. Kadmium i foderblandningar. **A:** Kadmiumhalter (mg/kg ts) i foderkomponenterna i foderblandningar till slaktsvin (Lindén m.fl. 1999). **B och C:** Som i A samt andel av varje komponent i fodret (%) och varje komponents bidrag till fodrets Cd-innehåll (%) i ekologiskt respektive konventionellt slaktsvinsfoderfoder (Lindén m.fl. 2001).

	A		B		C		
	Cd-konc.	Andel i fodret	Cd-konc.	Andel av Cd i fodret	Andel i fodret	Cd-konc.	Andel av Cd i fodret
Antal prov	1 ¹	1			1		
Vete	0,041	41	0,040	38,6	3,0	0,030	1,63
Korn	0,018	-	-	-	-	-	-
Havre	-	30	0,031	22,2	-	-	-
Blandsäd	-	-	-	-	20	0,020	7,19
Rågvete	-	-	-	-	17,5	0,035	11,1
Vetekli	-	-	-	-	10	0,079	14,4
Vete, fodermjöl	-	-	-	-	12	0,041	8,96
Blandsäd, mjöl	-	-	-	-	4,0	0,049	3,64
Havre, flingor	-	-	-	-	3,0	0,012	0,646
Sojamjöl	0,176	7,4	0,024	4,27	1,0	0,035	0,625
Rapsmjöl	0,137	3,8	0,040	3,57	9,4	0,050	8,08
Ärtor	-	12	0,013	3,63	10	0,008	1,34
Köttmjöl	-	0,5	0,009	0,119	-	-	-
Potatisprotein	-	2,0	0,346	16,8	-	-	-
Vitamin+mineraltillskott	0,571	0,2	1,008	10,7	0,15	0,614	1,80
Monokalسيومfosfat		0,9	0,025	0,563	0,3	0,209	1,24
Dikalسيومfosfat	0,153						
Kalk	0,204	1,2	0,154	4,86	1,41	0,040	1,14
Salt	0,006	0,4	0,006	0,061	0,31	0,004	0,024
Fett	-	0,3	0,007	0,054	2,7	0,003	0,140
Melass	-	0,3	0,014	0,083			
Betfibrer	-	-	-	-	5,0	0,410	38,0
Smågrisfoder	0,074	-	-	-	-	-	-
Foderblandning 1 ²	0,046	-	-	-	-	-	-
Foderblandning 2 ²	0,029	-	-	-	-	-	-
Kontrollfoder ²	0,041	-	-	-	-	-	-
Foderblandning (B och C)	-	-	0,044	-	-	0,059	-
Halm	0,180	-	0,006	-	-	0,007	-

¹ Medelvärde av tre analyser på varje prov

² Foderblandning 1 och 2 användes i olika proportioner i försök med foderstat där proteinhalten reglerades exakt efter djurens behov. Kontrollfoder var konventionellt referensfoder.

Lindén m.fl. (1999 & 2001) analyserade också enstaka prov av svinfoder i några andra undersökningar (Tabell 8). Även i dessa är Cd-koncentrationerna höga i de komponenter som bidrar med mineralämnen och andra mikrokomponenter. Data över hur mycket varje foderkomponent bidrar till foderblandningarnas totala Cd-innehåll (B och C i tabellen) visar att bidraget från mineralämnen och andra mikrokomponenter ändå i detta fall inte är så stort eftersom de ingår i liten andel i fodret (Lindén m.fl., 2001). Det mesta av Cd i fodret härrör ofta från spannmålsdelen. Proteinkomponenten kan också bidra en del till fodrets Cd-innehåll. I foderblandning A i tabell 8 har sojamjöl och rapsmjöl höga halter; foderblandning 2 som inte innehåller dessa proteinkomponenter har relativt låg Cd-halt. Foderblandning B i samma tabell är det potatisprotein som har stor påverkan. I C i tabell 8 bidrar betfibrer i hög grad till foderblandningens Cd-innehåll.

Tabell 9. Kadmiumhalter (mg/kg ts) ensilage, koncentrat och betför till mjölkkor. Prover togs med jämna mellanrum under en odlingssäsong. Bakgrundsdata (Ingrid Öborn, SLU, pers. medd.) till de ämnesbalanser som gjordes i Öjebyn i Mat 21-projektet (Bengtsson, 2005).

Foderkomponent	Antal	Medelvärde ± standardavvikelse	Medianvärde
Ensilage, konventionellt odlat	6	0,058 ± 0,038	0,045
Ensilage, ekologiskt odlat	11	0,038 ± 0,004	0,036
Koncentrat	24	0,109 ± 0,016	0,118
Betför	19	0,224 ± 0,042	0,226

Tabell 9 visar Cd-halter i foder/foderkomponenter till mjölkkor. Även i detta fall är halterna relativt höga i koncentratet som innehåller mineralämnen och protein och i foderkomponenten som härrör från sockerbeter.

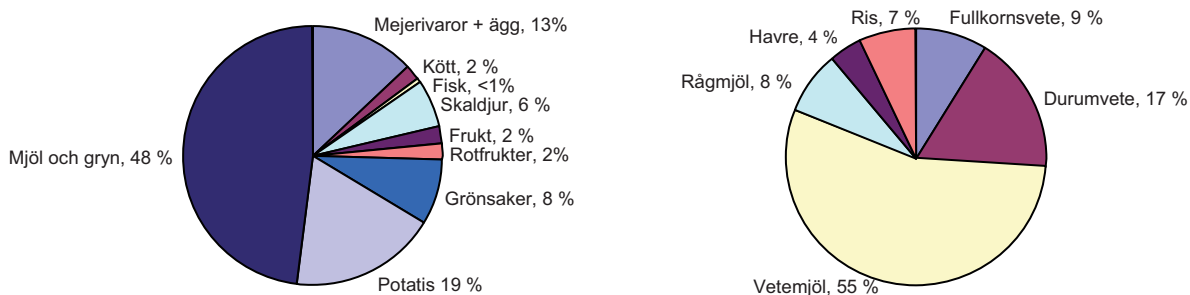
I Lindén m.fl. (2001) framhålls att Cd-innehållet i foder är ett miljöproblem snarare än ett djurhälso- eller foderkvalitetsproblem. De foderkomponenter som köps in (framförallt mineraltillskott och ofta även proteinkomponenterna) hamnar via stallgödseln i marken vilket kan leda till en oönskad ackumulation av Cd i matjorden.

Tabell 10 visar halter i några livsmedel enligt uppgifter från Livsmedelsverket. Vetemjöl har lägre halter än kärna på grund av att en hel del av kadmiuminnehållet sitter i skalet. Liksom hos människor tas bara några procent av det kadmium som husdjuren får i sig via födan upp i kroppen. Inlagringen i muskelmassan blir inte så stor under djurens korta livstid. Inte heller förs särskilt mycket av det Cd som passerar korna över till mjölken. Mjolkprodukter har låga halter liksom kött. Lever och njure har mycket höga halter eftersom det är i dessa organ som en stor del av det kadmium som djuren tar upp ansamlas. För dessa produkter ger Livsmedelsverket råd om hur ofta de maximalt bör konsumeras. Detsamma gäller för övrigt också vildväxande snöbolls- och kungschampinjoner som också kan ha mycket höga halter. När man jämför halter i livsmedel bör man alltid ha i minnet att intaget av kadmium via födan är en kombination av halt och mängd. För sådant som man äter mycket av är det viktigt att halterna är låga, medan ganska höga halter inte är något stort problem i sådant som man äter sällan. Inälvsmat t.ex. utgör en ganska liten del av det totala intaget för de flesta människor

Tabell 10. Kadmiumhalter (mg/kg) i några livsmedel som analyserats vid Livsmedelsverket. Källor: Livsmedelsverkets hemsida (2008), Jorhem och Sundström (1993).

Livsmedel	År	Antal prov	Medelhalt	Min-max
Vetemjöl	1983-90	55	0,025	0,014 – 0,047
Rågmjöl	1983-90	48	0,017	0,008 – 0,036
Mjök	1998	20	<0,001	
Ost	1995	23	0,002	0,001 – 0,003
Nötkött	1983-90	34	0,001	<0,001 – 0,003
Griskött	1983-90	426	0,001	<0,001 – 0,049
Lever och njure	1994-99	460	3	0,002 – 36
Ägg	1998	5	<0,007	

Merparten av det kadmium människan får i sig med födan intas via vegetabilier (fig. 4). Enligt Petersson Grawé (1996) står dessa för 79 % av det totala intaget. Beräkningarna baserades på jordbruksverkets konsumtionsstatistik och analyser av livsmedlens halter vid Livsmedelsverket. Bland vegetabilierna står mjöl och gryn för nästan hälften av intaget och potatis för nästan en femtedel. I gruppen mjöl och gryn står vanligt vete, durumvete och fullkornsvete för ca 80 % av intaget. I en undersökning av Cd-intag hos 105 personer på gårdar i Skåne fann Lindén m.fl. (2003) liknade siffror. I den undersökningen stod bröd och andra spannmålsprodukter samt ris för 43 % av Cd-intaget och potatis för 24 %. Intaget via animalieprodukter var 12 %.



Figur 4. Vänster diagram: Kadmiumkällor i vår föda. Höger diagram: Kadmiumkällor i livsmedelsgruppen mjöl och gryn. Efter Petersson Grawé (1996).

2. Hälsorisker

Det är sedan länge känt att en stor del av det kadmium som tas upp i kroppen lagras i njurarna och att en för stor upplagring kan leda till att njurarnas funktion störs. Senare tids forskning indikerar att känsliga individer även i Sverige kan ha störd njurfunktion redan vid den vardagliga exponering som vi utsätts för genom intag via maten och via eventuell tobaksrökning (Åkesson m.fl., 2005). Kadmium som en gång bundits i njurarna frigörs väldigt långsamt. Halveringstiden är 10-30 år. Om man skulle kunna nollställa en människas intag av kadmium helt skulle det ta så lång tid att halvera halten i njurarna. Den långa halveringstiden innebär att kadmium lagras upp i njurarna under större delen av vår livstid. Eftersom halveringstiden är så lång är det viktigt att denna haltökning inte är för snabb och att man har god säkerhetsmarginal till de halter som kan ge skadliga effekter.

Tidigt uppmärksammades också att stort intag av kadmium leder till benskörhet och frakturer. Den mest kända incidenten skedde i Japan där ett industriutsläpp i en flod ledde till mycket höga kadmiumhalter i ris som odlades nedströms och som bevattades med flodvatten. Det stora intaget av kadmium via riset ledde både till njurskada och allvarliga effekter på skelettet hos de drabbade människorna. På grund av de stora smärtor det förorsakade kallades tillståndet för aj-aj-sjukan. Nyligen utförda studier, bl.a. i Sverige (Åkesson m.fl., 2006), tyder på att det också kan finnas en koppling mellan benskörhet och kadmiumintag vid den måttliga exponering som de flesta människor utsätts för.

Under de allra senaste åren har det kommit flera rapporter som visar att kadmium stör kroppens hormoner, framförallt östrogen, och en svensk epidemiologisk studie som tyder på samband mellan lång tids exponering för kadmium via kosten och livmodercancer stöder detta (Åkesson m.fl., 2008). I den riskbedömning gällande kadmium som gjorts av EU (EU, 2007) diskuteras också kadmiums eventuella mutagena effekt. Man kommer fram till att Cd har en potentiellt mutagen effekt, men att det inte går att dra några definitiva slutsatser om detta.

Man har visat att det finns en koppling mellan kadmiumhalt i blod och urin och kroppens järnstatus (Berglund m.fl. 1994). Låga järndepåer innebär att upptaget av järn i tarmen uppregleras genom ökning av antalet transportörer. Även kadmium binder hårt till dessa järntransportörer, vilket leder till högre upptag av kadmium. Detta drabbar framför allt kvinnor i barnafödande ålder som ofta har låga järndepåer eftersom de förlorar järn i samband med menstruationen. Upptaget av kadmium ökar även under graviditet. I EU:s riskbedömningsrapport (EU, 2007) baserades beräkningarna av kritiskt intag på en genomsnittlig adsorption i mag-tarmkanalen på 3 % för vuxna med normala järndepåer i blodet och på 6 % för motsvarande grupp med låga depåer.

För den del av befolkningen som inte exponeras för kadmium yrkesmässigt är intag via maten den största källan. 75-80 % av det kadmium vi får i oss kommer från vegetabiliska livsmedel (Pettersson Grawé, 1996), framförallt fiberhaltiga sådana. Även skaldjur och inälvsmat kan bidra med mycket kadmium hos befolkningsgrupper med högt intag av sådana livsmedel. Eftersom tobak är en växt som tar upp relativt mycket kadmium samtidigt som kadmium lätt tas upp i lungorna är rökare speciellt utsatta. Rökare har 4-5 gånger högre kadmiumhalt i blod än icke-rökare och 1,5-3 gånger högre kadmiumhalter i njurbark.

Nyligen har EFSA (European Food Safety Authority) fastställt ett högsta tolerabla veckointaget av kadmium 2,5 µg per kg kroppsvikt (EFSA, 2009). Detta innebär en avsevärd skärpning eftersom det sedan 1970-talet gällande av WHO och FAO tolerabla veckointaget var 7 µg per kg kroppsvikt och vecka. För en vuxen person som väger 70 kg motsvarar det nya gränsvärdet ett intag på 25 µg per dag. Grawé m.fl. (2000) anger, baserat på tre olika undersökningar, ett genomsnittligt dagligt intag av kadmium via kosten på 12-14 µg. Variationen kring detta värde är förmodligen stor. Rökare får också ett tillskott utöver detta, som kan mer än fördubbla det totala Cd-upptaget i kroppen. Grawé m.fl. (2000) försöker också skatta intaget hos personer som konsumerar mycket av livsmedel med hög Cd-halt, ex. skaldjur och inälvsmat, (se tabell 10). De kommer fram till att sådana personer kan ha ett intag på mer än 50 µg/dag.

För hälsoskadliga ämnen vill man ha en god marginal mellan den faktiska nivån och den lägsta nivån som har konstaterats ge skadliga effekter. Hur stor marginal som behövs för att vara på den säkra sidan är väldigt beroende på vilket dataunderlag man har för bedömningen. Om man baserar den på djurförsök är osäkerheten större och man måste ha större säkerhetsmarginal. Om den baseras på studier på människa kan man ha mindre marginal (Helena Parkman, Kemikalieinspektionen, pers medd.). I EU:s riskbedömningsrapport föreslås en säkerhetsmarginal med en faktor 3 som tillräcklig för Cd eftersom man utgår från humandata. Resonemangen ovan tyder på att säkerhetsmarginalen för Cd är troligen liten eller obefintlig och under alla förhållanden betydligt lägre än i andra liknande sammanhang.

3. Pågående och genomförda åtgärder mot kadmium

Kännedom om kadmiums toxiska effekter har medfört restriktioner för dess användande för industriella ändamål och krav på åtgärder för att minska människans exponering. Detta gäller de flesta länder, men i Sverige har vi sedan länge en mer restriktiv attityd än i många andra länder. Sverige har till exempel ett av regeringen beslutat nationellt miljömål 'Giftfri Miljö' som lyder: "Miljön skall vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden." Under huvudmålet finns ett delmål för kadmium specificerat: "År 2015 skall exponeringen av kadmium till befolkningen via föda och arbete vara på en sådan nivå att den är säker ur ett långsiktigt folkhälsoperspektiv." I Sverige har myndigheter och jordbruksnäringen, ofta i samarbete, vidtagit mer omfattande åtgärder för att minska kadmiumbelastningen än man gjort i många andra länder.

På den mer övergripande nivån handlar det i hög grad om att fasa ut kadmium i olika produkter och att minska utsläpp till luft. Exempel på produkter där kadmium ersatts med andra ämnen är färgad plast, konstnärsfärger, glas, keramik. En annan viktig produkt som innehåller kadmium är nickel/kadmiumbatterier. EU har nyligen utfärdat ett batteridirektiv (Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/66/E) som bland annat innebär begränsning av användning av batterier som innehåller kadmium (och kvicksilver) och krav på insamling av batterier. Naturvårdsverket har också gjort en utredning om vilka åtgärder som behövs för att Sverige ska uppnå EU-direktivets krav (Naturvårdsverket, 2007). I denna utredning finns också förslag om att sätta högre mål för insamling än vad direktivet föreskriver och andra nationella stödåtgärder för att ytterligare minska belastningen. Minskningen av utsläppen till luft av kadmium och andra föroreningar har i hög grad åstadkommit genom internationella överenskommelser. Detta är naturligt när det gäller så tydligt gränsöverskridande föroreningar.

Även i andra frågor som rör Cd har Sverige med viss framgång spelat en pådrivande roll i internationella organ för skärpta regler när det gäller kadmium (och andra ämnen). Bland annat har Sverige varit pådrivande i EU:s existerande ämnesprogram (Rådets förordning (EEG) 793/93) där en riskbedömning av kadmium tagits fram. Där föreslås EU-gemensamma riskminskande åtgärder relevanta för kadmium i livsmedel. Det handlar om bästa tillgängliga teknik för att undvika utsläpp etc. från anläggningar och begränsningar av lokala utsläpp i miljön. Man säger också att man bör överväga att ändra gränsvärden för kadmium i livsmedel, att fastställa gränsvärden för blandningar/blad av tobak och att fastställa högsta tillåtna halter av kadmium i gödselmedel, med beaktande av de olika förutsättningarna i olika delar av gemenskapen. Arbetet med att ta fram gemensamma högsta tillåtna halter av kadmium i mineralgödsel pågår sedan ett par år.

Kadmium i batterier är kanske inte kortsiktigt något större hot mot jordbrukmarken, speciellt inte om insamlingen fungerar bra. Myndigheterna har dock också vidtagit åtgärder som är mer direkt riktade mot att minimera Cd-belastningen i jordbruket framförallt genom att sätta upp gränsvärden både för produktionsmedel (fosforgödsel, avloppsslam och fodermedel) och produkter (livsmedelsråvarorna). I och med att vi blev medlemmar i EU tillämpar vi numera i många fall dess gränsvärden, vilket i viss mån kan hämma vår handlingsfrihet när vi vill gå längre än vad som går att komma överens om inom EU. Vi har dock kunnat behålla och skärpa våra strängare regler för tungmetaller i avloppsslam. Det finns också ett nationellt gränsvärde för Cd i fosforgödselmedel (se vidare nedan). När det gäller de föräd-

lade produkterna (livsmedlen) finns det inga gränsvärden för Cd, men Livsmedelverket följer upp halterna genom stickprovsundersökningar och matkorgsundersökningar. Man har också ett provtagningsprogram för animalieprodukter från tamdjur från vilket resultaten regelbundet rapporteras till EU enligt gällande EU-lagstiftning. Naturvårdsverket sätter upp gränsvärdena för slam och har också tagit fram bedömningsgrunder för miljö kvalitet i odlingslandskapet där också Cd ingår (Naturvårdsverket, 1999). Kemikalieinspektionen (KemI) deltar i sin roll som central tillsynsmyndighet med ansvar för kemikaliekontrollen också i arbetet med att minska exponeringen för kadmium. KemI är ansvarig myndighet för miljö kvalitetsmålet ”Giftfri miljö” och arbetar i Sverige och inom EU för att driva fram lagstiftning och regler som bidrar till att Sverige uppnår målet. Jordbruksverket deltar i arbetet för att minska Cd-exponering, t.ex. när det gäller att sätta miljö kvalitetsmål som ”Ett rikt odlingslandskap” och ”Giftfri miljö” och när det handlar om att driva frågor som gränsvärden för mineralgödselmedel i EU.

Inom jordbruksnäringen har man också sedan länge på olika sätt arbetat med åtgärder för att försöka minimera kadmiumbelastningen på mark och gröda. Den ledande tillverkaren införde 1988 en s.k. kadmiumgaranti för de mest använda gödselmedlen som innehåller fosfor. Detta har medfört att det mesta av de fosforgödselmedel som numera används i Sverige har låga halter. När det gäller avloppsslam har jordbruksnäringen intagit en ganska restriktiv hållning och under en lång period avrådde Lantbrukskooperationen från att använda slam på mark där matgrödor samtidigt produceras. För att möjliggöra en återcirkulation av växtnäring har man nu utarbetat ett frivilligt system för certifiering av reningsverkens verksamhet och kvaliteten hos enskilda slampartier, REVAQ. Systemet ägs och administreras av Svenskt Vatten, branschorganisation för Sveriges VA-verk, och har tagits fram i nära samråd med aktörer inom jordbruks- och livsmedelsbranschen, dagligvaruhandeln, konsumentorganisationer, miljö rörelsen och myndigheter. Inom detta system har man satt upp etappmål för gradvis minskande Cd/P-kvot i slammet och beslutat att kvoten ska vara nere i 17 mg/kg senast 2025 (Svenskt Vattens hemsida, protokoll från REVAQ:s styrgrupp 2008-09-19)

Andra exempel på åtgärder inom jordbruks- och livsmedelsbranschen för att minimera Cd-belastningen är de regler för tillåtna nivåer i mark, gröda och/eller produktionsmedel som finns i miljö- och kvalitetscertifierade odlingen för Svenskt Sigill- eller KRAV-märkning samt de krav på maximalt tillåtna kadmiumhalter i livsmedelsråvaran som t.ex. barnmatsindustrin ställer på sina leverantörer.

Nationella riktvärden/gränsvärden

I många fall tillämpar vi EU:s gränsvärden, men i vissa fall har vi egna nationella gränsvärden och riktvärden.

Det senare gäller t.ex. för spridning av avloppsslam på åkermark. Avloppsslam för jordbruksändamål får saluhållas och överlåtas endast om metallhalten inte överstiger 2 mg Cd/kg ts (SFS, 1998). Motsvarande gränsvärde i EU är 20-40 mg/kg (Rådets direktiv 86/278/EEG). Den maximalt tillåtna tillförseln är 0,75 g Cd/ha, år räknat på en sjuårsgiva (SNFS, 1994) dvs. man får tillföra max $7 \times 0,75 = 5,25$ g/ha som en engångsgiva vart 7:e år. Detta gränsvärde är det som i de flesta fall i praktiken begränsar tillförseln av slam med avseende på Cd. Om ett slam har halter nära 2 mg/kg blir den giva som kan spridas så liten att slamspridning blir mindre intressant. Ofta begränsas mängden slam som kan tillföras och därmed tillförseln av Cd också av innehållet av andra ämnen som Cu och P. EU:s

gränsvärde för maximalt tillåten tillförsel av Cd är 150 g/ha, år. Det finns också ett gränsvärde för hur mycket Cd marken får innehålla för att spridning ska vara tillåten. Om halten i marken är mer än 0,4 mg/kg (analys efter uppslutning i 7M salpetersyra) får slam inte spridas (SNFS, 1994, 1998). Motsvarande gränsvärde i EU är 1-3 mg/kg om pH är 6-7; om pH är lägre ska ett lägre gränsvärde tillämpas. I en rapport från Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2002) föreslås att tillåten Cd-halt i avloppsfraktioner sänks till 1,7 mg/kg och att maximalt tillåten tillförd mängd successivt trappas ned till 0,35 g/ha, år från och med 2020. Härvid skulle Cd-tillförseln med en slamgiva bli ungefär lika stor som vid en normal stallgödselgiva.

För mineralgödselmedel finns också restriktioner. Produkter som innehåller mer än 100 mg Cd/kg P får ej saluföras i Sverige (SFS, 1998). Det tas också ut en skatt på mineralgödselmedel på 30 kr för varje helt gram kadmium i gödselmedlet, till den del kadmiuminnehållet överstiger 5 g per ton fosfor (SKV, 2007).

För livsmedel och livsmedelsråvaror gäller EU:s gränsvärden enligt tabell 11. Det kan tyckas anmärkningsvärt att vete och ris, som generellt har högre Cd-halter än genomsnittet i gruppen spannmålsprodukter och som vi äter mest av, är de produkter som har högst gränsvärden. Detta beror på kompromisser i de internationella förhandlingarna på grund av att vissa länder inte klarar gränsvärdet 0,1 mg kg för en stor del av produktionen.

Tabell 11. Gränsvärden för kadmium i jordbruksrelaterade produkter. (Kommissionens förordning (EG) nr 629/2008). Alla värden anges per våtvikt. Våtvikt avser den vattenhalt vid vilken respektive produkt vanligen hanteras. Förordningen innehåller också gränsvärden för fisk, skaldjur, musslor och bläckfisk samt kosttillskott.

Produkt	Gränsvärde, mg/kg
Kött (utom slaktbiprodukter) från nötkreatur, får svin och fjäderfä	0,050
Hästkött utom slaktbiprodukter	0,20
Lever från nötkreatur, får svin, fjäderfä och häst	0,50
Njure från nötkreatur, får svin, fjäderfä och häst	1,0
Spannmål med undantag av kli, groddar, vete och ris	0,10
Kli, groddar, vete och ris	0,20
Sojaböner	0,20
Grönsaker och frukt, utom bladgrönsaker, färska örtekryddor, svamp, stjälkgrönsaker, pinjenötter, rotfrukter och potatis	0,050
Stjälkgrönsaker, rotfrukter och potatis, utom rotselleri. I fråga om potatis gäller gränsvärdet skalad potatis	0,10
Bladgrönsaker, färska örter, rotselleri och följande svampar: <i>Agaricus bisporus</i> (trädgårdschampinjon), <i>Pleurotus ostreatus</i> (ostronmussling, ostron-skipling), <i>Lentinula edodes</i> (shiitake)	0,20
Svampar, utom de som förtecknas ovan	1,0

För kadmium i fodermedel gäller EU:s gränsvärden enligt tabell 12.

Utsläpp till atmosfären regleras inom Konventionen om långväga gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP-konventionen) som förhandlats fram inom ramen för FN:s ekonomiska kommission för Europa. Konventionen omfattar Europa utom Ryssland och Nordamerika. Ett nytt avtal är under ratificering. Man räknar med att det när det genomförs kommer att medföra en minskning av utsläppen av Cd med ca 30 % inom det område konventionen innefattar. Risk finns dock att detta motverkas av ökande utsläpp på andra håll i världen. (<http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1998.Heavy.Metals.e.pdf>)

Tabell 12. Gränsvärden för kadmium i foder (Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/32/EG). Alla halter avser 12 % vattenhalt.

Produkt	Gränsvärde, mg/kg
Foderråvaror av vegetabiliskt ursprung	1
Foderråvaror av animaliskt ursprung, med undantag av: – foder för sällskapsdjur	2
Fosfater	10
Helfoder för nötkreatur, får och getter, med undantag av: – helfoder för kalvar, lamm och killingar	1
Andra helfoder, med undantag av: – foder för sällskapsdjur	0,5
Mineralfoder	5
Andra tilläggsfoder för nötkreatur, får och getter	0,5

Jordbruksnäringens egna riktvärden

Inom de dominerande kvarnföretagen finns målsättningen att kadmiumkoncentrationen i spannmålspartier, utom vårvete, som ska användas för humankonsumtion inte ska överstiga 0,08 mg/kg. För vårvete är riktvärdet idag 0,1 mg/kg. Värdena gäller vid färskvikt, den vattenhalt spannmålen har efter torkning (ca 12 %). Som framgår av data i tabellerna 3-5 är det en relativt liten andel av svenskproducerad spannmål som har halter över dessa värden.

Inom den miljö- och kvalitetscertifierade odlingen för Svenskt Sigill-märkning finns också restriktioner för kadmium. Spannmålsodlare som är anslutna till Svenskt Sigill måste kunna uppvisa godkänd analys antingen av jord eller av kärna. Godkänd kadmiumhalt i jorden är 0,30 mg/kg lufttorr jord (extraktion med 7M HNO₃) där en analys får representera högst 15 ha. Om halten i jorden är högre måste kadmiumhalten i kärna analyseras. Den får inte vara högre än 0,08 mg/kg i höstvetete och havre och 0,1 mg/kg i vårvete. Ett analyserat kärnprov får representera högst 25 ha växande gröda eller 250 ton tröskad vara. Dispens från kärnanalys kan ges om halterna under flera år legat under det godkända värdet. Man har också en gräns för högsta tillåtna innehåll av Cd i mineralgödsel på 12 mg/kg P i NP- och NPK-produkter och 30 mg Cd/kg P i P- och PK-produkter. Produktionen av Sigill-märkt vete är dock för närvarande ganska liten.

Barnmatsindustrin och en del andra livsmedelsindustrier har också egna riktvärden för acceptabla Cd-halter i de råvaror de använder i sina produkter. Något specifikt EU-gränsvärde för Cd i barnmat finns inte, men man verkar i många fall för vete tillämpa ett värde som motsvarar det generella gränsvärdet enligt tabell 11 med en säkerhetsmarginal på en faktor 10, alltså ett värde kring 0,020 mg/kg.

Inom KRAV-certifierad odling är högsta tillåtna sammanlagda tillförsel av Cd med gödselmedel, kalker, jordförbättringsmedel, växtskyddsmedel samt foder och fodermineraler 0,75 g/ha, år (KRAV, 2009). Detta är samma värde som generellt gäller för tillförsel av avloppsslam till jordbruksmark och som enligt budget 4 i tabell 2 ger en ökande halt i marken. Produktionsmedlet ska analyseras före användning när det finns anledning att anta att tungmetallinnehållet kan vara högt. Produktionshjälpmedel som marknadsförs som så- och planteringsjordar skall ha ett kadmiuminnehåll som understiger 0,4 mg/kg.

Lantmännen Lantbruk tillämpar ett koncept för spannmål med tre klasser med olika kvalitetssäkringsgrad. Standard, Premium och Eko (Lars Sjösvärd, Lantmännen, pers. medd.). Standard är utvecklad med tanke på internationell handel och där ska produkten uppfylla krav enligt svensk lag, EU:s direktiv och Lantmännens egna interna regler som att endast använda REVAQ-slam om det är aktuellt. Premium innebär att kunden själv kan skraddarsy sitt eget koncept utifrån sina egna kvalitetssäkringskriterier (Cd-halt i vete, Cd-låga gödselmedel etc.). Här ingår Sigill som ett möjligt koncept. Barnmatsindustrins krav på en spannmålsråvaras kvalitet kan också hamna i denna kategori. Eko innebär idag KRAV-certifierad spannmål och att Lantmännens regler för kvalitetssäkring enligt Premium uppfylls. Med de gränsvärden som gäller för KRAV märkning innebär detta sortiment dock ingen kvalitetshöjning med avseende på Cd relativt Premium och Sigill.

Under senare år har de ledande gödselmedelsföretagen haft en s.k. kadmiumgaranti på de mest använda produkterna (NPK och NP-gödselmedel), som innebär att halterna är högst 5 mg Cd/kg P. Att denna nivå valdes beror på att skatt utgår för Cd-innehåll över denna nivå (se ovan om gränsvärden). Nu signalerar dock Yara att man åtminstone tillfälligt måste höja kadmiumgarantinivån till 12 mg Cd/kg P på grund av brist på råvara (Yara, 2008). Lantmännen Lantbruk anger kadmiumklass på de gödselmedel de saluför som innehåller fosfor. Klasserna är A* = 0-5 mg Cd/kg P, A = 5-12 mg Cd/kg P, B = 12-25 mg Cd/kg P, C >25 mg Cd/kg P. För närvarande klassas NPK- och NP-gödselmedlen genomgående som A*, medan superfosfat (P20) och PK-gödselmedlen klassas som C (Lantmännen, 2007). Även detta torde komma att påverkas av Yaras ändrade kadmiumgarantinivåer. Merparten av gödslingen idag sker med NPK-gödselmedel, medan tillförseln med PK-gödselmedel är liten och den med P20 nästan försumbar (SCB, 2008).

4. Åtgärder att minska exponering för Cd

Det finns olika typer av åtgärder att vidta för att minska vår exponering för Cd. De flesta handlar om att minska överföringen till grödor och livsmedel. Vi kan dock också göra en del i vår egen vardag. Här tas de flesta metoder som föreslagits i olika sammanhang upp till diskussion även om en del kanske inte är så realistiska att genomföra, åtminstone inte i dagsläget.

- att minimera tillförseln av Cd-föreningar till marken
- att sanera marken med hjälp av Cd-ackumulerande växter
- att sanera marken med andra metoder
- att reducera kadmiums löslighet och potentiella växttillgänglighet
- att minimera upptaget av kadmium genom förädling och val av Cd-låga sorter
- att välja andra grödor än matgrödor på mark som ger höga Cd-halter
- att avstå från odling av matgrödor på mark som ger höga Cd-halter
- att sortera spannmålspartier efter tilltänkt användning, barnmat, ”premium vuxna”, standards vuxna, foder, energi
- att påverka upptag i grödorna genom anpassad kvävegödsling, zinkgödsling, val av växtföljd m.m.
- att minimera eller undvika annan exponering ex. rökning

Minimering av tillförseln

Även om det inte finns något enkelt samband mellan halten i marken och upptaget i växten medför en ökad upplagring av Cd i marken att halterna i grödorna generellt ökar. Kadmium tillförs i form deposition av luftföreningar och via gödselmedel, kalkningsmedel, avloppsslam och annat som tillförs marken i odlingen. Sedan problemet uppmärksammades på 1970-talet har ackumuleringen minskat i takt med att åtgärder vidtagits och det mesta tyder på att vi idag för åkermarken som helhet har uppnått en situation där vi är nära balans mellan tillförsel och bortförsel av Cd för matjorden. För enskilda åkrar i områden med stort nedfall från luften eller slamtilleförsel är vi dock längre från balans.

Åtgärder för att minimera tillförseln av Cd föreningar till marken har framförallt ett långsiktigt perspektiv. De restriktioner som införts för användning av Cd i samhället, tillförsel med avloppsslam m.m. och de ansträngningar som genomförts för att minska utsläppen till luft handlar om att på lång sikt undvika ackumulering av metaller i marken för att därigenom bevara dess långsiktiga produktionsförmåga. Med de gränsvärden som gäller i Sverige har enstaka givor av slam eller fosforgödselmedel med maximalt tillåten mängd Cd ingen påvisbar effekt på markens halter. Möjligen kan upptaget i grödan direkt påverkas eftersom det Cd som tillförs till att börja med är mer lösligt än det som redan finns i marken (Hamon m.fl., 1998). I tidigare försök med ganska Cd-rika fosforgödselmedel kunde man konstatera sådana effekter (Andersson & Hahlin, 1981). Med avloppsslam och andra organiska restprodukter kan man också få effekten att upptaget av spårelement i grödan minskar åren efter tillförseln på grund av att det organiska materialet binder upp en del av den lösliga mängd som redan finns (Andersson 1975/76). Kadmium bildar svagare organiska komplex än många andra spårelement, men det verkar som om små slamgivor med relativt låga Cd-koncentrationer vi idag inte har någon påvisbar kortsiktig effekt på grödornas Cd-upptag (Baize, 2009; Casova, m.fl. 2006). Det är dock viktigt att fortsätta policyn att undvika onödig upplagring av Cd och andra skadliga metaller genom att använ-

da Cd-låga fosforgödselmedel och genom att tillämpa stränga gränsvärden för avloppsslam och andra restprodukter. Någon metod att lösa mer akuta problem med förhöjda Cd-halter i grödor är det dock knappast. Det är också viktigt att noga kontrollera Cd-halterna i nya typer av restprodukter innan de används på åkermark.

En intressant möjlighet att minska Cd-tillförseln till åkermark är att separera ut fosfor från restprodukter som innehåller intressanta mängder av detta ämne och som därför tillförs åkermark. Yariv Cohen vid Inst. f. mark och miljö, SLU har utvecklat och fått patent på en metod för att extrahera fosfor ur aska och andra material. Utveckling för att kunna använda den i kommersiell skala pågår. Om en sådan metod fungerar och kostnaden blir rimlig kan det vara ett sätt att lösa problemet med kadmium och andra skadliga ämnen från kemikaliesamhället i avloppsslam, där en del potentiellt kan vara minst lika problematiska som Cd. I slammets fall bränner man det och separerar ut fosfor för sedan deponera askresten med sitt innehåll av Cd och andra potentiellt skadliga spårelement. Fördelen med detta förfarande är också att man kan överföra fosfor i samma lättillgängliga form som i mineralgödselmedel. Fosfor i slam föreligger ofta bundna till järn och aluminium. Att salter av dessa ämnen används för att fälla ut fosfor ur avloppsvattnet beror på att de bildar svårslösliga föreningar med fosfor. Nackdelen med bränning är att slammets innehåll av potentiellt jordförbättrande organiskt material och kväve förloras.

För att på sikt kunna bibehålla det minimala tillskottet av Cd med mineralfosforgödselmedel torde det bli nödvändigt att rena fosfor i gödselmedlen från Cd redan i produktionsprocessen. I längden är det inte hållbart att basera en Cd-garanti på användning av Cd-fattig fosforråvara eftersom tillgången är begränsad, speciellt inte om denna policy skulle börja tillämpas i omfattande skala internationellt. Teknik för detta finns sedan länge, men har hittills inte ansetts som kommersiellt intressant av gödselmedelsföretagen

En annan tillförselpost är djurfoder vars Cd-innehåll når marken via stallgödseln (Lindén m.fl. 1999; 2001; 2003). För svenskt jordbruk som helhet är det främst import av foderkomponenter som t.ex. sojamjöl samt mineral tillsatser i fodret som ger ett nettotillskott. På gårdsnivå kan det också handla om inköp av inhemskt foder utifrån om den egna produktionen inte räcker till. Denna post är dock ganska liten.

Genomförbarhet, optimering: Åtgärder för att minska tillförseln av Cd till åkermark pågår sedan länge vilket indikerar hög genomförbarhet. Denna typ av åtgärder är som nämnts dock inte aktuella för att komma tillrätta med akuta problem med för höga Cd-halter i grödorna utan har ett mer långsiktigt perspektiv. När det gäller foder är det kanske lättast att påverka halterna i mineral tillsatserna genom att välja råvaror som är så Cd-fattiga som möjligt eller att rena dem från Cd. Att påverka nettotillskott via inköpt foder är svårare eftersom det är starkt kopplat till strukturen på det moderna jordbruket, där animalieproduktionen ofta är koncentrerad i stora enheter på specialiserade gårdar i vissa områden, samtidigt som en betydande del av foderproduktionen sker på gårdar specialiserade på växtodling i andra områden.

Styrmedel: Den minskning av tillförseln av Cd till åkermark som redan har åstadkommit har manats fram med en kombination av åtgärder som av myndigheterna påbjudna gränsvärden, internationella konventioner (luftutsläpp) och av frivilliga åtaganden från jordbruksnäringen/industrin (ex. P-gödselmedel, rekommendationer om restriktiv användning av slam). Några andra styrmedel är ej aktuella utan det gäller att vidmakthålla de begräns-

ningar som redan finns och om nödvändigt och möjligt skärpa dem. Den största tillförsel-posten idag till åkermark i Sverige som ej slamgödsas är normalt nedfallet. Om det är möjligt att minska den genom ytterligare utsläpps begränsningar vore mycket vunnit.

Om det inte går att få företagen att vid behov frivilligt börja rena fosforgödselmedlen av marknadsskäl är en möjlig väg införa gränsvärden. Detta kräver dock förmodligen en överenskommelse på EU-nivå. Arbete för att ta fram gemensamma högsta tillåtna halter inom EU pågår. Om man i större skala skulle börja ersätta fosforgödselmedel med avloppsslam bör halterna i slammet minska ytterligare för att det inte ska leda till en återgång till en ökande halt i marken. Styrmedlet i detta fall är de skärpningar i gränsvärden och maximalt tillåten tillförsel som redan föreslagits. När det gäller tillförsel av olika typer av avfallsprodukter till åkermark oavsett om den används som fosforkälla eller i annat syfte borde samma principer gälla över hela linjen. Gränsvärden för maximal tillförsel borde t.ex. också gälla aska och komposterat avfall. Ett medel att motverka upplagring i marken vore att införa krav på att den totala tillförseln av Cd till åkermark inte bör överstiga den totala bortförseln sett över en period på t.ex. 5 år. Målet bör vara att snarast uppnå en balans för Cd i marken och helst en negativ sådan på Cd-kontaminerad mark om ambitionen är att producera livsmedel. Problemet är att det skulle vara svårt att exakt fastslå hur balansen ser ut eftersom det mer eller mindre saknas detaljerad information om nedfall och utlakning. I de fall depositionen är hög är det förmodligen också väldigt svårt att nå balans i dagens situation.

Kunskapsluckor: För att kunna beräkna hur balansen mellan tillförsel och bortförsel av Cd ser ut och hur den påverkas av olika åtgärder är det viktigt att tillförlitligt kunna skatta alla in och utposterna. Här finns ett problem när man vill beräkna balanser på gårds- eller fältnivå eftersom man bara har tillgång till schablonmässiga data över deposition och utlakning.

Cd-ackumulerande växter

Även om vi nu kanske fått balans mellan tillförsel och bortförsel har den tidigare situationen medfört en ökning av markens halter Andersson (1992). Detta har förmodligen lett till ökat upptag i grödorna och kan vara en bidragande orsak till den snäva marginalen mellan människans intag av Cd och de nivåer som kan ge skadliga effekter. De största problemen med förhöjda halter i grödorna har man dessutom ofta på marker med naturligt höga halter. Man har därför undersökt olika möjligheter att sanera mark som innehåller för mycket kadmium. Ett tänkbart sätt att göra detta vore att utnyttja grödor med stor förmåga att ta upp mycket Cd från marken. Det finns speciella växter s.k. hyperackumulatörer som har väldigt höga Cd-koncentrationer i sina ovanjordiska delar (Baker & Brooks, 1989; Baker m.fl., 1994). Ett exempel är olika arter inom släktet *Thlaspi* dit t.ex. penningört hör. Backskärvfrö (*T. caerulescens*) är hyperackumulator av Cd och Zn (Brown, m.fl. 1994; Robinson, m.fl., 1998). Ofta är dock biomassaproduktionen ganska liten så den årliga mängden bortfört Cd blir inte så stor. Man har också föreslagit användning av växter, t.ex. olika salixarter, som inte är hyperackumulatörer men, som har högre Cd-koncentrationer i sina vävnader än genomsnittliga växter och samtidigt en hög biomassaproduktion (Greger & Landberg, 1999; Klang-Westin & Eriksson, 2003; Perttu m.fl., 2003). Fördelen med dessa växter är att man kan kombinera markrening med samtidig produktion av en kommersiellt användbar produkt – biomassa för energiproduktion. Det kadmium som tas ut med salixbiomassan hamnar efter förbränning i askan. Rening av marken med salix förutsätter naturligtvis att denna aska inte återförs till marken. I många förbränningsanlägg-

ningar produceras flyg- och bottenaska. Den förra uppstår när luften på väg bort från förbränningshärden renas med elektrofilter etc., den senare är den aska som stannar kvar i förbränningsrummet. Ämnen med relativt låg förgasningstemperatur som kadmium anrikas vid förbränning i hög grad i flygaskan. Det är därför möjligt att förhindra återförsel av en stor del av bränslets ursprungliga kadmiuminnehåll genom att föra flygaskan till deponi eller använda den som vägbyggnadsmaterial och samtidigt återföra en stor del av bränslets innehåll av fosfor och andra näringsämnen till salixodlingar med bottenaskan. Det skulle också gå att öka återföringen av växtnärsämnen till åkermarken genom att rena flygaskan, men detta är inget som tillämpas idag. En praktisk begränsning är också att förbränninganläggningarna ofta används för andra bränslen som kan göra det olämpligt att återföra askan till åkermark. salix är exempelvis inte mer effektivt än vilken åkergröda som helst på att ta upp andra tungmetaller än Cd. Tilläggas ska att i många moderna förbränningsanläggningar används också s.k. fluidbäddsteknik som innebär att all aska blir flygaska.

Man bör vara medveten om att marksanering genom salixodling knappast är någon snabbmetod med de kloner som används idag. Det tar troligen flera decennier att uppnå den önskade effekten. Odlingssäkra och produktiva kloner som tar upp mycket Cd och helst ackumulerar så mycket som möjligt i stammen behöver tas fram om man vill snabba på processen. Greger & Landberg (1997) gjorde en beräkning baserad på svenska förhållanden som visade att man med en salixklon med stor förmåga att ta upp Cd, på 12 år teoretiskt skulle kunna föra bort allt kadmium som tillförts marken det senaste århundradet. Eftersom bladen har högre koncentrationer än stammen skulle man kunna öka uttaget om man också förde bort bladen. Det finns dock flera svårigheter att genomföra detta. Att skörda under växtsäsongen istället som nu på vintern för att få med bladen leder till att plantorna dör och odlingen måste återetableras. Dessutom får man bara med skördeårets bladmassa. Alternativt skulle man ta upp bladen från marken varje år, men det innebär extra kostnader och dessutom måste bladen torkas om de ska brännas. Bortförsel av bladen innebär också att en betydande del av återcirkulationen av kväve och andra näringsämnen till marken bryts.

Genomförbarhet, optimering: Rening av mark med salix har hög genomförbarhet eftersom det är en redan odlad och användbar gröda. Den kritiska punkten är hanteringen av askan. Eftersom flygaskan inte kan återföras till åkermarken skapas ett avfallsproblem som måste hanteras. Detta gäller dock redan i dagsläget eftersom bara en liten del av askan från förbränningsanläggningar sprids på åkermark. Markrening med s.k. högackumulerare är en mer osäker metod eftersom det är mer oprövat och eftersom man inte får någon avkastning från marken de år då denna gröda odlas. När det gäller rening med salix är det viktigt att i möjligaste mån välja en klon som tar upp och ackumulerar mycket Cd i skotten. Samtidigt bör den också ha potential för hög avkastning både av markreningsskäl (större biomassa ger oftast större uttag av Cd) och av kommersiella skäl. Det är också viktigt att sköta salixgrödan (gödsling m.m.) så att dess produktionspotential utnyttjas optimalt. Frågan är om salix är effektivare på att sanera förorenade marker än på att sanera marker där problemet är höga naturliga halter i modernmaterial. Det som talar för att det åtminstone tar längre tid på naturligt Cd-rika marker är att inte bara matjorden utan också alven ofta har höga halter. Det innebär att en mycket större mängd måste tas upp för att få samma relativa effekt på en hel markprofil än vad som behövs om man bara behöver sanera en matjord. Å andra sidan kan man tänka sig att Cd-koncentrationen i salixplantorna som odlas på naturlig Cd-rik mark är högre än genomsnittet eftersom den också kan påverkas av ett stort uttag från alven. Det är ganska lite känt om detta, men det är sannolikt att salixodling även

på naturligt Cd-rika marker på sikt skulle kunna leda till minskat upptag i en efterföljande matgröda.

Styrmedel: I nuläget är det svårt att tänka sig några tvingande styrmedel. Speciellt som det är lite oklart hur effektiv metoden verkligen är och att effekten tar en ganska lång tid att uppnå. Med skatter på fossilbränslen eller subventioner av biobränslen kan man dock stimulera salixodling och därmed indirekt ökat Cd-uttag. Kanske kan kadmiumreningseffekten vara en faktor som bidrar till att salixodling blir ett attraktivt alternativ för gröda på marker där man har problem med för höga Cd-halter i matgrödor om sådan odling också är kommersiellt intressant i sig.

Kunskapsluckor: När det gäller rening av åkermark, som kan beskrivas som ganska måttligt förorenad, med salix bygger de flesta utsagor om dess potential att rena marken på teoretiska beräkningar. Halterna och mängden i skördad biomassa är bevisligen i många fall hög men frågan är hur varaktigt det är när det mest växttillgängliga förrådet av Cd i marken börjar tömmas.

Marksanering

Det finns också andra metoder för sanering av jord, som i första hand utvecklats för att rena starkt förorenad mark kring industrier, soptippar etc. (Iskandar & Adriano, 1997; Dermont m.fl. 2008). Man kan minska spårämnenas löslighet genom att tillföra olika kemiska föreningar som bildar svårösliga komplex med eller faller ut dessa. Man kan tillsätta mineraler ex zeoliter som har stor förmåga att adsorbera metallerna i hårt bunden form. Det finns också mikroorganismer med stor kapacitet att ackumulera metaller. För att få en långsiktig varaktig effekt måste för många av dessa åtgärder ingå att man skiljer ut de tillsatta agenterna med sitt ackumulerade innehåll av metaller från resten av jordmaterialet. Den enklaste och oftast genomförda metoden för marksanering är att helt enkelt skrapa bort hela den förorenade jordmassan och lägga den på deponi. För att minska deponerad mängd kan man tvätta ut de finaste partiklarna eftersom det är till dessa föreningar Cd i hög grad binds.

Genomförbarhet, optimering: Ingen av de föreslagna metoderna för markrening är särskilt realistiskt att använda i stor skala för att rena måttligt förorenad åkermark. De lämpar sig endast för begränsade jordvolym/arealer och är alldeles för dyra och arbetskrävande för att genomföra på stora arealer. Praktiskt fungerande teknik saknas också för en del av metoderna.

Reducera löslighet/växttillgänglighet

Hur stort växtens upptag av Cd från marken är beror i hög grad på hur hårt bundet det är. En jord kan ha en hög totalhalt av Cd, men om det mesta binds i en för växterna svårtillgänglig form blir koncentrationen i växten ändå låg. Omvänt kan också upptaget vara stort trots att totalhalten är låg om det som finns till stor del föreligger i lös form. Ett sätt att minska växternas Cd-upptag vore därför att genomföra åtgärder som minskar kadmiums löslighet i marken. Man ska dock vara medveten om att växterna själva kan påverka lösligheten hos olika ämnen i den rotnära miljön t.ex. genom att utsöndra lösliga organiska ämnen som både kan sänka pH och komplexbinda metaller och därigenom öka deras löslighet (McLaughlin, m.fl., 1998). Dessa mekanismer är egentligen till för att mobilisera näringsämnen, men påverkar ofta också Cd. Det är därför inte säkert att en allmän påverkan av den kemiska miljön i marken minskar upptaget i växten.

Eftersom kadmiums löslighet är starkt pH-beroende och ökar med sjunkande pH är kalkning en tänkbar åtgärd. Många undersökningar visar också att kalkning kan minska kadmiumupptaget om jorden är i dåligt kalktillstånd (Grant m.fl., 1998). I vissa fall har dock kalkning lett till att upptaget av Cd istället ökar (Andersson & Siman, 1991; Grant m.fl., 1998; Jansson, 2002). En närmare granskning av Andersson & Simans och Jansson data visar att denna effekt ofta erhålls i jordar där upptaget redan från början är lågt, och där en liten ökning av upptaget saknar betydelse eftersom koncentrationen i växten ändå ligger långt under kritiska nivåer. I jordar där Cd-koncentrationen i växten från början är så hög att det kan innebära ett problem har kalkningen ofta den önskade effekten åtminstone om jorden är i dåligt kalktillstånd. Kalkning är inget universalmedel för att minska Cd-upptaget, men det är viktigt att se till att hålla ett gott kalktillstånd på känsliga marker.

Humus har en stor kapacitet att binda Cd och andra ämnen i en mindre löslig form (Eriksson, 1998). Åtgärder för att öka matjordens humushalt är därför en annan tänkbar väg att minska grödornas Cd-upptag. På från början humusfattiga marker skulle detta kunna ha positiv effekt också på jorden näringshållande förmåga (grovkorniga jordar) eller strukturstabilitet (mjäla- och lerjordar). Att öka markens humushalt kräver dock tillskott av organiskt material som stallgödsel, torv etc. eller odling av fleråriga grödor som t.ex. vall som producerar mycket förna och innebär lite jordbearbetning.

Genomförbarhet, optimering: Denna typ av åtgärder är relativt lätt att genomföra. Eftersom effekten är osäker får man dock prova sig fram till vad som fungerar och under vilka förhållanden. Ett gott kalktillstånd ska dock alltid eftersträvas på jordar med problem med höga halter i skördade matgrödor.

Styrmedel: Effekterna är för osäkra för att man skulle kunna tvinga på denna typ av åtgärder i det enskilda fallet. Att ställa krav på ex gott kalktillstånd i certifierad odling kan dock vara rimligt.

Kunskapsluckor: Mycket forskning har genomförts för att försöka förstå hur olika markfaktorer påverkar upptaget av Cd i växter. Den visar vilka faktorer som har betydelse, men förståelsen räcker inte för att med kännedom om markegenskaperna med tillräcklig precision kunna förutsäga upptaget på en enskild plats. Vi behöver veta mer om hur växten själv styr upptaget av kadmium och andra ämnen i marken, ex. vad som händer i rotzonen, och om samspelet mellan mark och växt mer generellt.

Förädling och sortval

Att påverka upptaget genom att manipulera marken är som framgår ovan komplicerat eftersom marken är ett komplext och därför svårförutsägbart system. Mer effektivt är att om möjligt påverka växten själv så att den inte tar upp så mycket kadmium. Det finns en genetik variation i Cd-upptag mellan olika sorter (Pettersson, 1977; Eriksson, 1990; Grant m.fl., 1998). Detta gör det möjligt att via växtförädling ta fram sorter som tar upp mindre Cd än merparten av de nu använda. Problemet är att om man måste ta hänsyn till ännu en faktor i förädlingen blir det svårare att kombinera alla de egenskaper man eftersträvar i en och samma sort. Det är trots allt egenskaper som hög avkastning, odlingssäkerhet, motståndskraft mot sjukdomar etc. som i första hand efterfrågas av odlarna. Hos Svalöf-Weibull AB intar Cd-halt en plats någonstans mellan 5 och 10 bland de egenskaper man prioriterar i förädlingen. Man iakttar försiktighet vid planering av korsningsföräldrar och undviker sådana som visat sig ge halter över genomsnittet. Man är också försiktig med

utländskt material och testar föräldrar innan de används. I förädlingsprocessen sorterar man också bort linjer med för höga halter. Eftersom halterna varierar med årsmånen jämför man först med referenssorter för att eliminera denna faktor. Med nuvarande rutiner sorteras nya vetesorter som tenderar att ge halter över 0,1 mg per kg friskvikt bort och kommer aldrig ut på marknaden (Tina Henriksson, Svalöf-Weibull AB, pers. medd.)

Genomförbarhet, optimering: Åtgärden är bra och teoretiskt sett borde det inte vara svårt att ta fram sorter med önskade egenskaper när det gäller kadmium. Svårigheten är att kombinera alla önskade egenskaper i samma sort. Att ta fram sorter med önskade egenskaper kommer också att ta tid. Om gränsvärdet för acceptabel Cd-halt i brödsäd skärps leder detta rimligtvis till ökat intresse hos odlarna för sorter med lågt Cd-upptag.

Styrmedel: Efterfrågan skapas genom program/kampanjer för att minska kadmium i grödor och bättre betalning för kvalitet hos produkten i detta avseende. Mycket bör kunna styras genom certifieringssystemen på marknaden.

Kunskapsluckor: Hur mycket Cd tar dagens sorter upp jämfört med varandra och jämfört med tidigare använda sorter? Vilka gener styr upptaget av kadmium?

Välja andra grödor än matgrödor

En annan metod att förhindra för höga halter i livsmedel är att upphöra med odling av vissa matgrödor på problematiska marker. De grödor som framförallt kan vara aktuella att ersätta är höst- och vårvete och potatis. Det kan också gälla andra grödor som t.ex. morötter till barnmat eftersom man ställer hårda krav på innehållet av skadliga ämnen i den typen av produkter. Även havre kan innehålla relativt höga halter, men i det fallet är det bara en mindre del som går till humankonsumtion (data över grödornas halter finns i tabellerna 3-5). Råg har i allmänhet ganska låga halter men är ett viktigt sädeslag i vår brödkultur. Korn har också låga halter men har inte så stor betydelse i vårt kosthåll. Det är dock kommersiellt intressant som fodergröda. I en studie av Cd-upptag i grödor i ett område med ganska höga halter i marken visade sig korn ganska opåverkat och kan därför vara en bra alternativ gröda på marker där halterna tenderar att bli för höga (Mats Söderström och Jan Eriksson, Inst. f. mark och miljö, SLU, ännu ej publicerade data).

Gårdar med generellt höga nivåer av växttillgängligt Cd i marken kan minska överföringen till livsmedlen genom att ha animalieproduktion baserad på egen foderproduktion. Risken för oacceptabla halter i djurprodukter utom inälvsmat är liten (se kapitel 1). I djurproduktion kan man därför använda exempelvis spannmål med högre halter än vad som accepteras om den ska användas som råvara för framställning av vegetabiliska livsmedel. Vall- och betesbaserad mjölk- och nötköttproduktion torde vara särskilt gynnsamt.

Ett alternativ eller komplement till animalieproduktion och odling av fodergrödor kan också vara odling av energigrödor. Här intar salix som nämnts tidigare i detta kapitel en särställning eftersom det tar upp relativt mycket Cd och kan rena marken. Det förutsätter dock att det Cd som anrikas i askan efter förbränning tas om hand och inte återförs till marken.

Att upptaget i växter skulle vara så högt att marken överhuvudtaget inte kan användas för odling är inte särskilt sannolikt.

Genomförbarhet, optimering: Att välja bort de mest kritiska matgrödorna och odla alternativa grödor är praktiskt fullt möjligt. Problemet är att det inskränker den enskilde brukarens frihet att utforma produktionen så som denne finner optimalt. Vad som bedöms som optimalt kan handla både om brukarens egen intresseinriktning och kunskaper och om ekonomi. Om åtgärden innebär att man inte kan odla de mest lönsamma grödorna kan det få konsekvenser både för lönsamheten i den löpande driften och påverka jordbruksfastighetens värde.

Styrmedel: Frivillig (inom näringen) överenskommelse eller lagstiftning som skärper kraven på vilka Cd-halter olika matgrödor får ha. Man kan till exempel ha krav på att varje gård måste uppvisa godkänd Cd-analys på höst- och vårvete 3-5 år i rad för att erhålla ”grönt kort” för fortsatt odling av dessa grödor. I annat fall ska analys avkrävas varje år.

Andra åtgärder inom jordbruket för att påverka upptaget

I litteraturen finns indikationer på att andra brukningsåtgärder än de som tas upp ovan kan påverka upptaget av Cd i grödor. Som nämnts tidigare har zink och kadmium liknande kemiska egenskaper, vilket kan medföra att de konkurrerar om samma bindningsplatser både i marken och i upptaget i växter. I marken kan hög zinknivå därför tänkas leda till ökad löslighet hos Cd, medan det hos växter kan bli tvärtom på grund av antagonism. Det verkar som om den senare effekten ofta överväger. Oliver m.fl. (1997) och Grant & Bailey (1998) fann att zinkgödsling minskade upptaget av Cd. Sådana effekter är dock ofta kopp-lade till zinkfattiga marker. Därför är det tveksamt om zinkgödsling är en effektiv metod i Sverige eftersom vi sällan har zinkbrist.

Det har också konstaterats att kvävegödsling ofta leder till ökat upptag av Cd (Oliver m.fl., 1993; Grant m.fl., 1996; Wångstrand m.fl. 2007). Det är lite oklart vad detta beror på; om det beror på reaktioner i marken eller på fysiologiska reaktioner i växten. I marken kan kvävegödsling leda till ökat upptag genom försurande effekt om det handlar om ammoniumgödselmedel. Även nitratgödselmedel ger dock ofta ökat upptag trots att de har en pH-höjande effekt. Gödslingseffekten skulle också kunna bero på en salteffekt. Tillsats av salt till marken ökar lösligheten hos redan bundna ämnen genom att saltets joner förtränger en del av dessa från partikelytorna. Även kaliumgödsling har visat sig kunna ge ökat upptag av Cd. Även detta kan bero på salteffekter, men viktigare i detta sammanhang är nog att kalium ofta tillförs i kloridform (Sparrow m.fl., 1994; Grant m.fl., 1996). Klorider bildar komplex med Cd som är lösliga i markvattnet och bidrar till ökad växttillgänglighet.

Man har också sett att placeringen av en gröda i växtföljden kan påverka dess Cd-halt. Oliver m.fl. (1993) fann högre halt i vete när det odlats efter lupin än när det odlats efter en annan spannmålsgröda. Möjliga förklaringar till detta ansågs vara en försurande effekt av lupinodlingen och att lättillgängligt Cd i skörderesterna påverkade upptaget i den efterföljande grödan.

Genomförbarhet, optimering: De ovan beskrivna effekterna är förmodligen inte särskilt användbara för att minska upptaget av Cd i matgrödor. Zinkgödsling har sannolikt ingen större effekt på svenska jordar. Att mer än marginellt minska på gödslingen i konventionell odling låter sig inte göras utan att skörden minskar radikalt. När det gäller gödselmedel som innehåller kalium skulle det kanske ha viss effekt om man ersatte kloridhaltiga sådana

med sulfatbaserade (som dock är dyrare) i situationer där höga Cd-halter i grödan är ett problem. Idag är det bara specialgödselmedel för potatis som innehåller kaliumsulfat. Dessa innehåller dock oproportionerligt mycket kalium för mindre kaliumkrävande grödor.

5. Strategi för att minska Cd-belastningen

Betydande åtgärder för att minimera kadmiumbelastningen har redan vidtagits i Sverige och har hittills gett goda resultat. Erfarenheterna manar således till ett fortsatt åtgärdsarbete för att ytterligare sänka vårt intag av kadmium vi maten.

Utgångspunkten för det här projektet är att i första hand föreslå en strategi för att minimera kadmiumexponeringen via svenskproducerade lantbruksprodukter. Det är av naturliga skäl dessa vi har störst möjlighet att påverka. Vad detta betyder för det totala intaget är svårt att bedöma eftersom det inte tycks finnas någon officiell beräkning av hur stor del av vår livsmedelskonsumtion som är baserad på inhemsk produktion. Importen av vete är ganska liten men det förekommer också en import av förädlade mjölbaserade produkter som t.ex. pasta, bakverk, deg, mixer, flingor mm. (Jordbruksverket, 2008a; Jordbruksverket, 2008b) Det är svårt att ur statistiken läsa ut hur stor andel av dessa produkter som baseras på vete och det är också svårt att jämföra kvantiteter av kärna med kvantiteter av mjölbaserade förädlade produkter. Ett grovt överslag antyder dock att mer än hälften troligen minst 70 % av konsumtionen av vete baseras på svensk produktion. Samtidigt står vete för ca 40 % av det totala intaget hos icke-rökare (se fig. 4). Dessa siffror pekar på vikten av att också arbeta internationellt (främst inom EU) för att minimera Cd i livsmedlen om man vill få ordentligt genomslag på intaget via kosten i Sverige. Enligt fig. 4 står potatis för ytterligare 19 % av Cd-intaget. Även om konsumtionen av vanlig matpotatis minskat sedan dess bör en strategi för att minska Cd-belastningen också innefatta denna gröda. Delvis har detta förmodligen kompensrats genom ökad konsumtion av produkter som chips och pommes frites.

En restriktiv linje mot kadmium i jordbruksproduktionen är motiverad med tanke på att det mesta tyder på att intaget redan idag är så pass stort att känsliga individer kan vara i riskzonen för ex. nedsatt njurfunktion (se kap. 2). Andra motiv för att motverka kadmium i jordbruket är att undvika onödiga tillskott av Cd till och därmed ökad risk för upplagring i åkermark. För producenterna är det också ett kommersiellt gångbart mervärde att kunna visa att man arbetar för att framställa så rena och hälsosamma produkter som möjligt.

Hur omfattande åtgärder som måste vidtas beror på hur mycket man vill minska Cd-halten i mark och gröda. Hur detta påverkar genomförandet av de åtgärder som föreslås illustreras genom att diskussionen i det följande utgår från två olika två scenarier. Det ena innebär att man i stora drag går vidare enligt de linjer man redan idag arbetar efter. Det sätts ett riktvärde för högsta halt i brödspannmål för humankonsumtion på högst 0,08 mg Cd/kg färskvikt (ca 12 % vatten), samma som ex. gäller för Sigill-märkt höstveten och det som idag är en målsättning när det gäller spannmål för humankonsumtion hos de ledande kvarnföretagen. Detta alternativ kallas i fortsättningen ”0,08- scenariot”. Om man också sätter ett riktvärde på motsvarande nivå för potatis skulle det enligt data i tabell 5 kunna ligga på ungefär 0,020 mg/kg färskvikt. Det andra scenariot innebär en avsevärd skärpning av toleransen för Cd i svenskproducerad spannmål och potatis för humankonsumtion. Det innebär att riktvärdet sätts till 0,05 mg/kg färskvikt för brödspannmål och till 0,015 mg/kg färskvikt för potatis. Detta scenario kallas i fortsättningen ”0,05-scenariot”.

Man kan invända att ett riktvärde (eller gränsvärde) bara kapar topparna och i värsta fall leder till att legitimeras att halterna i produktion som i utgångsläget har lägre halter ökar upp till gränsvärdet. Risken för att detta ska ske när det gäller Cd är nog inte så stor. Att sätta riktvärden/gränsvärden är ju ett vanligt förekommande sätt att hantera för höga halter

av skadliga ämnen och för kadmiums del leder det förmodligen åtminstone långsiktigt till en mer generell minskning eftersom många tänkbara åtgärder som minskat utsläpp av Cd-föroreningar, Cd-låga sorter och Cd-låga fosforgödselmedel kan förväntas påverka/nyttjas även av de lantbruk som inte har akuta problem med för höga halter.

Med hjälp av data från miljöövervakningen på åkermark kan man få en uppfattning om hur stor andel av produktionen som kan få akuta problem med halter över riktvärdet i de två scenarierna (tabell 13). Enligt dessa data har ca 5 % av rikets höstveteskörd och ca 4 % av havreskörden halter högre än 0,08 mg/kg. Om riktvärdet sätts till 0,05 mg/kg blir motsvarande siffror 28 % för vete och 12 % för havre. Vid detta riktvärde kan också ett par procent av kornskörden få för höga värden. För vete var andelen över riktvärdena lägre i 1995 års provtagning. Data från 2000-talet täcker dock bättre in årsvariationen, eftersom provtagningen skedde vid 4 tillfällen (vartannat år) under den aktuella tidsperioden.

Tabell 13. Andel av totalskörden av höstvete, havre och vårkorn som hade halter över riktvärdena 0,05 respektive 0,08 mg/kg i olika provtagningsomgångar i miljöövervakningen av åkermark. Beräkningarna baseras på en antagen genomsnittlig vattenhalt på 12 %.

Riktvärde	Höstvete		Havre		Korn	
	Antal prov	% över riktvärde	Antal prov	% över riktvärde	Antal prov	% över riktvärde
<i>1988</i>						
0,05 mg/kg	125	37	206	13	-	-
0,08 mg/kg	125	7	206	2,5	-	-
<i>1995</i>						
0,05 mg/kg	278	20	-	-	283	2
0,08 mg/kg	278	4	-	-	283	0
<i>2001-2007</i>						
0,05 mg/kg	301	28	231	12	302	1,5
0,08 mg/kg	301	5	231	4	302	0

De i tabell 13 redovisade siffrorna kanske underskattar problemets vidd en aning. Procentsatserna speglar den genomsnittliga arealen på årsbasis som producerar spannmål med för höga Cd-koncentrationer. Koncentrationerna varierar dock påtagligt med årsmån. Eftersom väderleksförhållandena under odlingssäsongen varierar geografiskt varierar också årsmånens inverkan på grödornas Cd-upptag mellan olika landsändar. Därför kan koncentrationerna det ena året i de flesta fall ligga under riktvärdet i en region och ofta ligga över i en annan. Året efter med andra väderleksförhållanden kan den region som året innan hade acceptabla koncentrationer vara den med för höga halter medan det för den andra regionen kan vara tvärtom. Arealen som har problem i den meningen att risken för halter över riktvärdet är stor är därför större än den areal som faktiskt har halter över riktvärdet det enskilda året.

Problemställningen har många infallsvinklar så för att undvika att ha för många bollar i luften samtidigt diskuteras var för sig vad strategin innebär på nationell nivå, gårdsnivå och vilka möjligheter konsumenten har att påverka sitt intag.

En nationell strategi

Aktörer i den nationella strategin är regering och riksdag, olika myndigheter som jordbruksverket, livsmedelsverket och länsstyrelserna, kommuner, jordbruksnäringens företag och organisationer, olika certifieringsorgan etc. Även massmedia bör räknas till denna kategori.

Det praktiska genomförandet av en strategi för att minska Cd-belastningen måste i hög grad ske på gårdsnivå. Strategin initieras och utformas dock på nationell nivå som svar på nya forskningsrön om hälsoeffekter, konsumenters krav etc. Den nationella nivån kan dock också aktivt medverka i genomförandet av strategin genom att vidta ett antal åtgärder för att driva på och underlätta arbetet.

Den första åtgärden på nationell nivå är att bestämma vilket mål man vill uppnå med sin Cd-strategi och att sätta upp de riktvärden eller gränsvärden för kadmium i spannmål och potatis för humankonsumtion som behövs för att uppnå detta. Förslag på intervall inom vilka riktvärden för matgrödor kan läggas finns i beskrivningen av de två scenarierna i inledningen av detta kapitel.

För att genomföra strategin kan och bör den nationella nivån också bidra med att antal understödande åtgärder. En åtgärd kan vara att införa ett miljöstöd till gårdsvis kartering av kadmiumtillståndet i åkermark för att få en överblick över situationen och därigenom veta vilka enskilda fält som åtgärderna ska riktas emot.

På den nationella nivån kan det också vara lämpligt att sätta upp ett mål för hur kadmiumhalterna i åkermarken långsiktigt ska utvecklas. Med tanke på att mycket tyder på att Cd-intaget via maten redan idag är i högsta laget kanske det inte räcker med den nuvarande och i många fall nära nog uppnådda målsättningen att uppnå balans mellan tillförsel och bortförsel. För att minska upptaget i grödorna bör man på sikt, åtminstone på de mer belastade markerna, uppnå ett tillstånd där halterna i marken gradvis minskar. Ett miljökvalitetsmål om än ganska långsiktigt skulle kunna vara att återföra halterna i matjorden till den nivå de hade i början av 1900-talet. Enligt Andersson (1992) har matjordens halter sedan dess ökat med drygt 30 %. Ett medel att uppnå detta kunde vara att införa ett nationellt krav på negativ balans mellan tillförsel och bortförsel på enskilda skiften avsedda för matgrödor. För detta krävs att man upprättar Cd-budgetar för varje skifte.

För att uppnå balans eller minska halterna i marken måste man påverka tillförsel och bortförsel av Cd. Den enda genomförbara metoden att aktivt öka bortförseln av Cd är att odla salix eller andra grödor som tar upp mycket Cd. På tillförselsidan är det viktigt att minimera tillförseln genom olika tillsatsmedel. På den nationella nivån kan detta drivas på genom skärpta gränsvärden för Cd i olika tillsatsmedel.

Avloppsslam är i detta perspektiv lite problematiskt. Även om man kortsiktigt inte får någon påvisbar effekt på Cd-halten i grödorna får man på de gårdar där det tillförs en sämre balans, jämfört med om man tillför fosfor som mineralgödsel. Om inte depositionen minskar ytterligare innebär detta en långsiktig upplagring av Cd i matjorden. Detta blir ett problem om man på gårdsnivå sätter upp balans mellan tillförsel och bortförsel ("ingen ökning av markens kadmiumhalter") som en målsättning i en Cd-strategi eller om det är en del i en certifiering av gårdens produkter. Visserligen kan man befara att mineralfosforgödselmedlens fördel ur Cd-balanssynpunkt kommer att minska i takt med att tillgången på Cd-fattiga

fosforfyndigheter minskar. Slam kommer dock också att få en mer ogynnsam kvot mellan Cd och P när fosfathaltiga tvättmedel fasas ut, om man inte samtidigt minskar Cd-innehållet.

Om avloppsslam ändå används i jordbruket är det viktigt att man kväver åtgärder för att så långt möjligt eliminera tillskott av Cd som inte har sitt ursprung på åkermark. Steg i denna riktning är att genomföra den föreslagna skärpningen av tillåten tillförsel med avloppsslam från max 0,75 till 0,35 g/ha, år (Naturvårdsverket, 2002) och målet att inom REVAQ-certifieringen trappa ned max tillåten Cd/P-kvot så att den är högst 17 mg/kg från och med 2025.

Samma gränsvärden som för avloppsslam borde också gälla alla tillsatsmedel såsom fosforgödselmedel, råfosfater, masugnsslagg, aska och andra restprodukter. Även torv och annat organiskt material tenderar att ackumulera Cd och andra tungmetaller när det bildas och användning av sådana produkter medför ett tillskott till åkermarken. De flesta av ovanstående tillsatsmedel skiljer sig från avloppsslam i det avseendet att hela Cd-tillförseln är ett nettotillskott till marken. Även kalkningsmedel bör inbegripas även om restriktionerna i praktiken bara skulle ha betydelse för olika restprodukter med kalkverkan såsom t.ex. masugnsslagg. Konventionell kalk bör klara gränsvärdena utan problem. Även för fodermedel som importeras till gården kan man sätta upp riktvärden, inte för att Cd-innehållet i dessa är ett problem i animalieproduktionen utan för motverka att det via stallgödseln belastar åkermarken. Hur detta ska hanteras och vilka riktvärden som kan vara aktuella måste dock utredas. Kanske räcker det med att även innefatta stallgödsel i det ovan föreslagna generella gränsvärdet för Cd i tillsatsmedel.

Också mineralfosforgödselmedel kommer med nuvarande halter att klara det föreslagna skärpta gränsvärdet för Cd-tillförsel via slam med god marginal. När tillgången på Cd-fattiga råfosfater minskar kan det dock bli nödvändigt rena fosforgödselmedlen från Cd. Att bränna avloppsslam och plocka ut dess fosforinnehåll in ren och mera växttillgänglig form torde också långsiktigt vara en lösning att eftersträva för den produkten om det kan göras till rimlig kostnad, speciellt om man inte lyckas få ned halterna av Cd och andra skadliga ämnen tillräckligt. Nackdelen med bränning är dock att man förlorar slammets innehåll av mullråvara och kväve.

En tillförselpost som definitivt måste hanteras på den nationella nivån och åtgärdas genom överenskommelser på internationell nivå är nedfallet av Cd-föreningar från luften. Detta är på de flesta åkrar idag den största tillförselkällan.

Att påverka halten av Cd i marken och dess löslighet/växttillgänglighet är svårt och mödosamt och det tar oftast tid innan påtaglig effekt uppnås. En viktig kompletterande åtgärd vore att utveckla sorter av de känsliga matgrödorna som tar upp betydligt mindre Cd än dagens. Om bra sorter finns att tillgå är rätt sortval en smidig metod att minska upptaget eftersom man då i hög grad kan frikoppla sig från det svårmanipulerade och svårförutsägbara marksystemet. Att få fram riktigt Cd-låga sorter kan vara nog så svårt att uppnå och ingen vet väl i dagsläget riktigt hur långt man kan komma. Ett arbete för att utreda vad som är möjligt och sedan eventuellt genomföra detta är något som måste initieras på nationell nivå. I detta sammanhang är naturligtvis växtförädlingsföretagen en viktig aktör, men även statsmakten kan bidra genom att understödja forskning inom detta fält. Fortsatt stöd till

forskning och utvecklingsarbete om Cd mer generellt via forskningsråd och stiftelser är också en del av den nationella strategin.

Utökade åtgärder för att minimera Cd i mark och gröda förutsätter att det finns en förståelse för problemet samt motivation och kunskaper hos lantbrukarna för att genomföra de åtgärder som behövs på gårdsnivå. Speciellt om 0,05-scenariot blir aktuellt ställs stora krav på dem som ska genomföra åtgärderna. Därför bör man på den nationella nivån via myndigheter och jordbrukets egna organisationer förstärka rådgivning och information. En rådgivningsmodul ”Greppa Cd” skulle kunna införas inom ramen för nuvarande ”Greppa”-verksamhet.

Sammanfattning av förslag till åtgärder på nationell nivå

- Riktvärden/gränsvärden för kadmium i spannmål och potatis för humankonsumtion införs.
- Miljöstöd till gårdsvis kartering av kadmiumtillståndet i åkermark införs
- Gränsvärdet för tillförsel av kadmium via avloppsslam sänks till 0,35 mg/ha och år. Samma gränsvärde tillämpas också för andra jordförbättringsmedel som används i jordbruket
- Sverige fortsätter att arbeta för strängare utsläppskrav inom EU avseende kadmium till luften
- Nya sorter av de känsliga grödorna som tar upp mindre kadmium tas fram inom växtförädlingen
- Informationen och rådgivningen till lantbruket förstärks t.ex. via Greppa näringen (Greppa kadmium)

En gårdsstrategi

Större delen av det praktiska genomförandet av en strategi för att minska Cd-belastningen måste ske på gårdsnivå. Hur omfattande åtgärder som måste vidtas beror i hög grad på hur långt man i den nationella strategin bestämt sig för att nå. I 0,08-scenariot är det framförallt i de mest belastade områdena man löper risk att ej kunna uppnå detta mål utan åtgärder på en del av gårdens areal. Redan idag har många lantbrukare som provat Sigill-odling i sådana områden tvingats avstå för att de alltför ofta fått för höga halter i vetet. I andra områden behöver man i de flesta fall inte vidta några åtgärder utöver de man redan gör. 0,05-scenariot däremot innebär att åtgärder blir nödvändiga på ganska stora arealer och i områden där man idag inte har några problem.

Det första steget i gårdsstrategin blir att skaffa sig en uppfattning om hur Cd-situationen ser ut. Åtminstone i 0,08-scenariot kan kanske en första bedömning göras på nationell nivå utifrån de kartor över Cd-halter i mark och gröda som tas fram i miljöövervakningen. Där kan man åtminstone sortera bort områden som t.ex. delar av Västergötland där sannolikheten för höga Cd-halter i grödorna är minimal. I områden där det finns risk för att halterna blir över de uppsatta riktvärdena måste man göra en kartering på enskilda fält. Som ett först steg kan man göra riskbedömningskartor med hjälp av information från kartor över berggrund och jordarter m.m. verifierade med mer stickprovsvisa analyser enligt Söderström & Eriksson (2009). På så sätt får man överblick över vilka skiften eller ibland t.o.m. delar av skiften man ska rikta sina åtgärder emot, vilka som är oproblematiske och vilka som åtminstone kortsiktigt inte är meningsfullt att odla matgrödor på eftersom sannolikheten

för att Cd-halten ska bli för hög är för stor. Detta är inget som lantbrukaren normalt kan gör själv utan en tjänst som måste tillhandahållas via rådgivningen. Riskkarteringen följs sedan upp med en direkt kartering av Cd i marken på fält som bedöms kunna ha för höga halter.

För gårdar där kadmiumhalten i marken överskrider det kritiska värdet på något av fälten skall en åtgärdsplan upprättas och kunna förevisas vid kontroll om vete, havre eller potatis odlas för humankonsumtion. Man måste också låta analysera halterna i grödorna och visa upp att det ligger under det uppsatta riktvärdet vid leverans. En lämplig gräns för kadmiumhalt i marken i 0,08-scenariet kan de 0,35 mg/kg som gäller i Sigillodlingen vara, medan man i 0,05-scenariet måste ha en lägre gräns, kanske på 0,20 mg/kg.

Vilka åtgärder som blir aktuella för de fält som i karteringen visar sig ha för höga halter beror i hög grad på hur mycket över den godkända nivån de ligger. Om halterna är måttligt förhöjda kan man pröva åtgärder för att minska växttillgänglighet och därmed upptag i grödan. Om kalktillståndet är dåligt bör man kalka upp jorden och sedan underhållskalka. Kalkning av en sur jord minskar oftast upptaget eftersom Cd är mindre lösligt vid högre pH. För potatis brukar man dock vara försiktig med kalkning eftersom det ökar risken för skorvångrepp. Denna risk får dock vägas emot det faktum att kalkning i många fall kan förväntas minska Cd-upptaget i denna gröda (Öborn m.fl. 1995). Om jorden är mullfattig kan man vidta åtgärder för att öka mullhalten. Eftersom organiskt material som tillförs utifrån är en potentiell Cd-källa bör man i första hand sträva efter att bygga upp och underhålla mullhalten genom bruksåtgärder såsom ändrad växtföljd, mindre jordbearbetning etc. Eftersom kvävegödsling visat sig öka upptaget av Cd kan det också vara lämpligt att så långt möjligt anpassa givan efter behovet så att man inte lägger på mer än absolut nödvändigt. En annan åtgärd att minska upptaget kan vara att se över sortval och om möjligt använda en sort som tar upp mindre Cd. Detta förutsätter att sådan information om sorter finns allmänt tillgänglig.

Att kortsiktigt minska Cd-upptaget i grödorna på problematiska marker är svårt. Hur väl de ovan föreslagna metoderna fungerar i det enskilda fallet är svårt att förutsäga; man får helt enkelt pröva sig fram. Ibland kanske en kombination av åtgärder kan ha eftersträvd effekt.

Om ovanstående metoder inte får önskad effekt eller om Cd-halten är så hög att det inte går att få ned halterna tillräckligt måste man vidta andra åtgärder. En sådan är att bara odla vete, potatis och andra känsliga grödor på fält med låga Cd-nivåer. På många gårdar bör detta vara möjligt eftersom det normalt är en stor variation i markens Cd-halt mellan olika fält. På markerna med förhöjda Cd-halter kan man odla fodergrödor eller energigrödor. Fodergrödor kan ha betydligt högre Cd-halter än de som är acceptabla för matgrödor utan att halterna i kött och mjölk blir för höga. I 0,05-scenariet kan mer specialiserade växtodlingsgårdar tvingas lägga om produktionsinriktning om de skärpta kraven på Cd-halt i matgrödorna medför att andelen marker med för höga halter blir så stor att det bara går att odla dessa på en bråkdel av marken.

En intressant produktionsgren för gårdar med förhöjda Cd-halter är salixodling eftersom den förutom att producera energiråvara också har en Cd-renande effekt på marken. En effektiv salixodling bör på 10-20 år kunna ta ut så mycket Cd från marken att halterna i efterföljande konventionella grödor blir påtagligt lägre än de var före salixodlingen. Ur den

aska som erhålls vid eldningen av salixen kan sedan fosfor utvinnas med tidigare refererad metod.

På de flesta gårdar bör det ingå i en Cd-strategi att tänka långsiktigt och sträva efter att få balans mellan tillförsel och bortförsel så att halterna i marken inte ökar. Den enskilde lantbrukarens möjlighet att få en bra balans ökar om nedfallet från luften minskar. Detta förutsätter att åtgärder vidtas på nationell nivå. Hanteringen och uppföljningen av långsiktiga förändringar av markens Cd-halt underlättas om man upprättar Cd-budgetar för varje skifte. Verktyg för detta bör tillhandahållas av rådgivningen.

Tyvärr har de metoder som diskuteras ovan för att möjliggöra fortsatt odling av matgrödor på belastade marker ganska osäkra effekter (odlingsåtgärder) eller verkar ganska långsamt (salixodling, minskad Cd-tillförsel mm.). Möjligheterna att hantera de belastade jordarna på gårdsnivå skulle dock öka väsentligt om man kunde få fram sorter som tar upp betydligt mindre Cd än de nuvarande. Om man kan få fram riktigt bra sorter kan en del av de marker som i det korta perspektivet betraktades som olämpliga användas för odling av matgrödor igen. Även när det gäller rening av marken med salixodling kan man förbättra effektiviteten genom att ta fram och använda kloner som tar ut mer Cd från marken. Även i detta avseende är man dock på gårdsnivå beroende av forskning och utvecklingsarbete på nationell nivå.

Sammanfattning av förslag till åtgärder på gårdsnivå

- Alla lantbruk genomför en kartering av kadmiumtillståndet på enskilda fält
- På fält vars kadmiumhalt överskrider det i strategin uppsatta gränsvärdet krävs en kadmiumanalys på grödan för att vete och havre skall få saluföras till humankonsumtion
- För gårdar där kadmiumhalten i åkerjorden överskrider angivet värde på något av fälten skall en åtgärdsplan upprättas och kunna förevisas vid kontroll om vete, havre eller potatis odlas för humankonsumtion. Verksamma åtgärder är:
 - Odlar utpekade grödor på fält med låga halter
 - Odlar foder eller energigrödor på fält med förhöjda halter
 - Odlar salix för att rena marken
 - Väljer sorter av utpekade grödor som har lägre upptag
 - Vid behov justerar upp markens pH värde och mullhalt
 - Vidtar åtgärder så att total tillförsel balanserar total bortförsel på gårdsnivå

Konsumentperspektivet

Att föreslå en strategi med konsumentperspektiv är ganska komplicerat. Samhällets övergripande mål är att konsumenten skall kunna äta alla livsmedel enligt kostrekommendationerna utan risk för ohälsa. Åsikterna är dock många om hur långt vi kommit i detta avseende och hur vi bör göra för att komma längre. Aktörerna är också många t.ex. politiker, myndigheter, jordbrukets organisationer, livsmedelsindustrin, konsumentorganisationer och sist men inte minst massmedia. Den enskilde konsumenten påverkas i hög grad av vilka val dessa aktörer gör och hur de försöker påverka konsumenten med information, reklam mm., men åtminstone medvetna konsumenter kan också vilja föröka påverka sin situation genom val av produkter och livsstil i vardagen. Att som konsument göra kloka val är dock mycket svårt för att inte säga nästan omöjligt. Meningarna om vilka nivåer av ett ämne som är skadliga eller inte är delade mellan forskare och de förhärskande uppfattning-

arna varierar över tiden i takt med att ny kunskap kommer fram (ex. debatten om fett kontra kolhydrater i kosten). Uppgifter om halter av olika ämnen i olika produkter finns inte, bland annat för att det skulle kosta mycket att ta fram detaljerad sådan information. För att kunna hantera sådan information, om den fanns, skulle det också krävas stor kunskap hos den enskilda konsumenten, något de flesta inte har. Viss massmedias återkommande larm om hur farligt än det ena än det andra är, ofta lösryckt ur en nyanserad helhetsbild, underlättar knappast konsumentens val. Ökad information om hälsorisker med olika ämnen riskerar ofta att leda till ökad oro.

Svårigheten för konsumenten att hantera denna typ av frågor gör att man från samhällets sida styr innehållet av potentiellt skadliga ämnen med mer generella åtgärder som gränsvärden/riktvärden, målsättningar om minskad belastning av skadliga ämnen på miljön och åtgärder för att åstadkomma detta. Hur detta arbete går till/kan gå till för kadmium beskrivs i den nationella nivån ovan. Även i denna modell har dock konsumenten en viktig funktion. Medvetna konsumenter är viktiga som påtryckare på politiker, livsmedelindustri och jordbruket. Att vi kommit en bra bit på väg i Sverige när det gäller kadmium och andra potentiellt hälsoskadliga ämnen beror i hög grad på en miljö- och hälsomedveten opinion, som drivit på både politiker och jordbruksnäringen, men också på att dessa instanser varit lyhörda och villiga till förändring.

Även om det således i första hand är ett samhällsansvar att se till att livsmedelsindustrin levererar produkter som konsumenten kan äta utan risk för ohälsa finns det några åtgärder som kan ingå i en personlig hälsostrategi för den som vill minimera sitt intag av Cd.

- Sluta röka för den som gör det
- Välja bort eller minska konsumtion av livsmedel (njure mm.) som generellt har höga Cd-halter
- Köpa Cd-certifierade livsmedel
- Kräva fler Cd-fattiga livsmedel

För en rökare är det effektivaste sättet att minska sitt kadmiumupptag att sluta röka. Tobak har relativt höga Cd-halter och Cd i tobaksrök tas relativt effektivt upp i lungorna. En inbiten rökare får i sig 2-3 gånger mer Cd än en icke-rökare (EU, 2007). Nilsson m.fl. (1995) fann i en undersökning att 10 rökare hade kadmiumhalten 28 mg/kg i njurbarken medan icke-rökare hade 8 mg/kg.

Åtgärden att välja bort livsmedel som generellt har höga Cd-halter handlar om att undvika produkter som lever, njure och skaldjur (se tabell 10). Även fiberrika produkter som kli och linfrö innehåller mer Cd än livsmedel i gemen. Eventuellt negativa effekter av ökad Cd-intag via dessa produkter ska dock vägas mot andra positiva hälsoeffekter dessa produkter anses ha. När det gäller intag av lever, njure och skaldjur bör man notera att det inte påverkar det totala intaget av Cd särskilt mycket om man äter dem någon enstaka gång. Om man tycker om dessa produkter kanske den extra livskvaliteten av att kunna äta dem då och då uppväger ett högre kadmiuminnehåll. Dessa exempel illustrerar svårigheten för konsumenten att göra ett klokt val som diskuterades tidigare i detta avsnitt. Men att ha kunskap om vilka produkttyper som är kadmiumfattiga respektive kadmiumrika är ändå en given grund för att kunna välja.

När det gäller vetemjölbaseade produkter, som ju som tidigare nämnts står för en stor del av totalintaget, är det svårare att påverka intaget. Teoretiskt sett borde olika typer av certifierade produkter som ex Sigillmärkta vara en aning bättre än genomsnittet eftersom man vidtagit åtgärder för att motverka Cd-upptag i grödan. Idag är dock odlingen av spannmål för Sigillmärkning liten. I den ej certifierade odlingen använder man också Cd-låga fosforgödselmedel och undviker att använda vete med höga halter till humankonsumtion. Därför är skillnaden med avseende på kadmium kanske inte så stor. I ekologisk odling för KRAV-märkning finns regler för tillåtet högsta Cd-innehåll i produktionsmedlen och vad som årligen totalt får tillföras åkermarken men inte för innehåll i grödorna. Det finns åtgärder i denna odling som kan påverka kadmiums växttillgänglighet. Mer frekvent användning av stallgödsel som kan binda Cd, ingen mineralgödselanvändning (gödselsalter mobiliserar Cd), inget avloppsslam och minskad användning av fosforgödsel (se dock upp med råfosfater, de är urkällan för Cd i mineralgödsel fosfor) kan ha en sänkande effekt. Lägre skörd som kan medföra att upptaget Cd fördelas i mindre biomassa kan ge en högre halt. Eventuella skillnader gentemot konventionell odling jämnas dock ut av att nedfallet från luften drabbar alla lika och att gårdar som nyligen lagt om till alternativ odling ej kommer undan den historiska belastningen från nedfall från luften och fosforgödsling.

Variationen i kadmiumhalt är mycket platsberoende och för en enskild gröda är den mycket större inom grupperna gårdar med ej certifierad respektive gårdar med olika typer av certifierad odling än eventuella skillnader mellan dem. Därför är det troligen oftast var produkten odlats snarare än odlingsmetod som idag avgör vilken variant av en viss produkt på butikshyllan som har högst Cd-halt. Jorhem & Slanina (2000) jämförde halter av Cd och några andra tungmetaller i konventionellt respektive ekologiskt odlad vete, råg, potatis och morötter. I vete var Cd-halterna signifikant högre i konventionellt odlad än i ekologiskt odlad i ett försök medan motsatsen var fallet i ett annat. För de andra grödorna var det ingen statistik skillnad mellan odlingsystemen. Författarna drog slutsatsen att åtminstone på kort sikt ger inte ekologisk odling lägre halter i livsmedel av vegetabiliskt ursprung.

Förutom att dra ned på eventuell rökning kan konsumenten i nuläget alltså göra ganska lite för att påverka sitt kadmiumupptag. På längre sikt kan dock möjligheterna öka genom att fler och snävare begränsningar för Cd i olika livsmedelsråvaror (grödor) sätts upp och att fler produkter miljöcertifieras. Detta kommer förmodligen att åstadkommas genom ett samspel mellan konsumenter och producenter på samma sätt som hittills. Konsumenterna kan driva på genom efterfrågan och opinionsarbete. Livsmedelsindustri kan svara på detta eller på eget initiativ sätta högre kvalitetskrav på sina råvaror såsom t.ex. barnmatsindustrin gjort. Konsumenterna kan förstås kräva mer Cd-fattiga, gärna certifierade livsmedel och också aktivt välja dessa produkter när de blir tillgängliga. Detta kräver dock aktiva konsumenter.

6. Konsekvensanalys

Hur långt man kan gå för att minska Cd-belastningen blir som för de flesta verksamheter en avvägning mellan hur stort problemet bedöms vara enligt en vetenskaplig riskbedömning och hur stora kostnader och andra påfrestningar man kan acceptera.

0,08-scenariot innebär i stort sett att man går vidare i den takt och med samma typ av åtgärder som hittills. På den nationella nivån krävs ett beslut om att brödsäd med mer än 0,08 mg/kg och potatis med mer än 0,02 mg/kg inte får användas i produkter för humankonsumtion. På denna nivå tas också verktyg fram för riskklassificering av mark och upprättande av Cd-budgetar på gårdsnivå, samtidigt som ökad information och rådgivning till brukarna initieras. I övrigt måste man fortsätta och vidmakthålla de åtgärder som redan görs idag ex. frivillig användning av nästan Cd-fria fosforgödselmedel, i ett internationellt perspektiv ganska strikta gränsvärden för Cd i slam och egna riktvärden inom t.ex. barnmatsindustrin. En del av detta medför ökade kostnader. Ökningen bör dock vara marginell.

De största konsekvenserna i 0,08-scenariot blir på gårdsnivå i områden med förhöjda halter i mark och gröda, oftast på grund av Cd-rikt modermaterial. Det handlar om arealer på mer än 100 000 ha. Metoder att direkt påverka Cd-halten i grödorna är praktiskt genomförbara, men problemet är att det är osäkert hur stor effekten blir. I många fall kan man befara att effekten blir för liten eller uteblir (för detaljerad information, se kapitel 4). Det som återstår i dessa fall är att tills vidare inte odla matgrödor på de skiften som ger för höga halter. På gårdar där bara enstaka skiften ger problem är detta förmodligen överkomligt. I områden med generellt höga halter i marken kan det dock påtagligt inskränka friheten att optimalt disponera markanvändningen. Detta skulle med de förutsättningar som gäller idag påverka driftsekonomin negativt eftersom matgrödor är de mest lönsamma grödorna. Möjligen kan situationen bli annorlunda i framtiden om marknadspriset blir högt även för energigrödor. Den andra ekonomiska konsekvensen av skärpta krav när det gäller Cd i matgrödorna är att det kan sänka gårdens marknadsvärde. Detta behöver inte bara bero på sämre driftsekonomi utan också på att gården kan få en negativ stämpel så att även produkter som uppfyller uppställda krav med avseende på Cd-innehåll misstänkliggörs. Sådana konsekvenser kan inte heller bortses ifrån.

0,05-scenariot innebär en stor utmaning och är svårt att genomföra snabbt eftersom så stora arealer berörs. I detta scenario kan enligt siffrorna i tabell 13 i storleksordningen 20-30 % av veteskörden och drygt 10 % av havreskörden komma att hålla för höga Cd-koncentrationer om man inte generellt lyckas minska halterna dessförinnan. Även en mindre del av kornskörden påverkas. För havre och korn är kanske problemen fortfarande ganska hanterbara i detta läge eftersom merparten av skörden används som djurfoder och något förhöjda Cd-koncentrationer i spannmålsfoder inte är något problem i animalieproduktionen, varken för djurhälsan eller för animalieprodukternas kvalitet. För vetet kan man dock förutse att ganska många åtgärder krävs för att säkra att det som används för humankonsumtion uppfyller kraven. I de mest Cd-belastade områdena kommer kanske merparten av marken att klassas som olämplig för odling av matgrödor. Även i mindre belastade områden där man idag eller med 0,08-scenariot inte har några större problem kommer många jordar att ge för höga halter i matgrödorna. Framförallt är det på lerjordarna i östra Sverige och moränlerorna i västra Skåne som problemen kommer att öka.

Innan ett sådant mål som det i 0,05-scenariot ställs upp är det viktigt att göra en fördjupad konsekvensanalys med avseende på såväl effekter som ekonomi. Konsekvenserna av ett genomförande är i hög grad beroende av hur man lyckas med utvecklingsarbete under rensans gång. Går det att få fram sorter som tar upp lite Cd utan att det går ut över de traditionellt efterfrågade sortegenskaperna? Är rening av marken med salixodling i praktiken så effektivt som det enligt teoretiska beräkningar borde vara? Kan man komma på någon annan praktiskt genomförbar metod att minska Cd-upptag i grödorna eller rena marken? Därför måste konsekvensanalysen hela tiden omvärderas och uppdateras. Om det visar sig svårt att åstadkomma en avsevärd minskning av matgrödornas halt jämfört med idag blir det nog svårt att genomföra 0,05-scenariot för att kostnaden blir för stor både ekonomiskt och socialt.

Från konsumentperspektivet bör konsekvenserna av en minskning av livsmedlens Cd-halt övervägande vara positiva. Det som skulle kunna ses som negativt är om åtgärderna medför att priset på varorna höjs. En eventuell prisökning är också något som kan vara negativt ur producentsynpunkt. Om svenskproducerade livsmedel fördyras, kan det leda till att konsumenter som inte har råd eller inte bryr sig om produkternas kadmiumhalt väljer importerade produkter istället. Kanske är man i livsmedelsbranschen lite för rädd för att överhuvudtaget förknippas med kadmium, vilket medför att man bara i mycket allmänna termer talar om vilka åtgärder man vidtar för att producera säkra livsmedel. Om ett lite högre pris på en matvara av ett visst märke beror på att företaget har stränga krav på råvarornas Cd-halt, men inte förmedlar den informationen till konsumenten, är risken stor att denne väljer ett billigare alternativ som kanske innehåller mer Cd.

Hur stor priseffekten blir i de två scenarier som diskuteras här är svårt att skatta. Kanske blir den dock inte så märkbar i 0,08-scenariot och inte heller i ambitiösare alternativ om man skyndar långsamt.

7. Styrmedel, ansvarsfördelning

Statsmaktens (regering, riksdag, myndigheter) ansvar/roll när det gäller styrning av livsmedlens kvalitet ur hälsosynpunkt är att sätta upp gränsvärden och att sätta upp långsiktiga mål när det gäller önskvärt tillstånd. Gränsvärden är lagligt bindande. Målsättningar är inte på samma sätt tvingande utan uppnås mera genom åtgärdsprogram, information, forskning mm. som initieras/utförs av myndigheterna. För att målsättningarna ska uppnås krävs förmodligen i de flesta fall att de som ska genomföra dem och de som i slutändan påverkas av dem (här lantbrukare och konsumenter) känner att de åtgärder som krävs är angelägna och genomförbara utan alltför stora ansträngningar/ kostnader.

Livsmedelsindustrin och dess branschorganisationer styr genom interna riktvärden på produkter och olika typer av certifierad odling. I detta arbete har man att ta hänsyn till och försöka påverka både statsmaktens påbud och målsättningar, opinioner i samhället och konsumenternas krav och efterfrågan och jordbrukarnas krav på lönsam avsättning av sina produkter. Livsmedelsindustrins egna riktvärden är inte lagligt bindande, men den är å andra sidan inte heller skyldig att köpa råvaror som inte uppfyller de uppställda kraven. Även livsmedelsindustrin och dess branschorganisationer ställer långsiktiga mål när det gäller önskvärt tillstånd i arbetet med att förbättra livsmedlens kvalitet.

Mycket av det hittillsvarande arbetet för att motverka Cd-ackumulation i jordbruksmark och grödor har skett mer eller mindre på frivillig väg och bottnar i en utbredd låg toleransnivå i vårt land när det gäller exponering för kadmium (och även andra miljögifter). Detta har också medfört att åtgärder för att minimera kadmium och andra miljögifter i produkterna fungerar som ett utmärkt försäljningsargument för livsmedelsindustrin. Sverige skiljer sig tydligt i riskbedömningen av Cd när man jämför med många andra länder. Trots det hade vi dock före EU-inträdet bara skarpare lagligt bindande gränsvärden för Cd i avloppsslam och fosforgödselmedel.

Eftersom det fungerat bra hittills är de angeläget att även det fortsatta arbetet innehåller så mycket som möjligt av frivillighet. I viss mån är det väl också nödvändigt såvida vi inte får med oss EU på vår linje. Vi kan inte ha egna lagligt bindande gränsvärden vare sig för livsmedelsråvaror och livsmedel eller för fosforgödsel. Om man därför bestämmer sig för att sätta ett riktvärde lägre än EU:s som ska gälla t.ex. allt vete till humankonsumtion, kan det bara genomföras om kvarnindustrin ställer det kravet på samma sätt som man gör när det gäller råvaror till barnmat. Det ingår helt enkelt som en del i kvalitetssäkringsarbetet. Detta åtagande är ”frivilligt” från industrins synpunkt, men torde upplevas som ”påtvingat” från lantbrukarens synpunkt. Det är viktigt att processen är förankrad både i samhället i stort och framförallt i jordbrukarledet. Här kan statsmakten bidra på det sätt som beskrivs i inledningen av detta avsnitt. Risken är att de som drabbas hårdast ändå i hög grad kommer känna sig utsatta och överkörda. I detta avseende underlättar det om statsmakten kan bidra med riktat stöd för att hitta alternativa grödor och att få lönsamhet på dessa.

Att gå så långt som i 0,05-scenariot låter sig nog inte göras enligt en modell där näringen själv i hög grad är drivande om man inte kan göra stora framsteg när det gäller att få fram väldigt effektiva medel att minska grödornas upptag. Att istället via stat och myndigheter tvinga fram det förutsätter nog att man finner att ”kadmium är mycket farligare än man hittills trott” och att man därför måste vidta skarpa åtgärder för att skydda människors hälsa. Detta synsätt måste även vinna allmän acceptans internationellt. Om man internationellt

skärper de legala gränsvärdena är det fritt fram att göra så också i Sverige. Det är dock tveksamt om man skulle gå så långt som till ett gränsvärde på 0,05 mg/kg eftersom en del länder förmodligen skulle få mycket större problem än Sverige. Det är trots allt mycket pragmatism, kompromissande och handelspolitik inblandat när internationella gränsvärden framställs, vilket t.ex. processen med att ta fram de nu gällande visade.

Även handeln är en aktör som kan ha en styrande roll när det gäller livsmedlens Cd-innehåll genom egna program för att saluföra hälsoriktiga produkter, som exempelvis konsumentkooperationens kampanj för att tillhandahålla och sälja ekologiska produkter.

En styrande roll har naturligtvis också massmedia genom att driva på opinionen och lyfta fram problem. Detta är en viktig roll, som dock inte alltid påverkar saken i en positiv riktning i de fall fakta rycks ut ur sitt sammanhang och förstoras upp och därigenom ger en skev bild av situationen.

8. Erkännande

Ett stort tack till Kadmiumforums medlemmar och alla andra som bidragit med underlag till och synpunkter på detta arbete! Det har varit mycket värdefullt att ha tillgång till ett sådant nätverk av personer som på ett eller annat sätt arbetar med kadmiumfrågor. Ett speciellt tack till Rune Andersson som i flera omgångar läst olika versioner av mina manus och bidragit med många värdefulla synpunkter.

9. Referenser

- Adams ML, Zhao FJ, McGrath SP, Nicholson FA, Chalmers A, Chambers BJ, Sinclair AH, 2001. Cadmium and lead in British wheat and barley: Survey results and factors affecting their concentration in grain. HGCA, Project Report No. 265. HCGA. London.
- Andersson A, 1975/76. Influence of organic fertilizers on the solubility and availability to plants of heavy metals in soils. *Grundförbättring* 27, 159-164.
- Andersson A, 1977. Tungmetaller i handelsgödsel, stallgödsel och kalk. Kadmiumbudget för åkermarken. *Lantbrukshögskolans meddelanden, serie A, nr 283*.
- Andersson A, 1992. Trace elements in agricultural soils – fluxes, balances and background values. Swedish Environmental Protection Agency, report 4077.
- Andersson A, Bingefors S, 1985. Trends and annual variations in Cd concentration in grain of winter wheat. *Acta Agric. Scand.* 35, 339-344.
- Andersson A, Hahlin M, 1981. Cadmium effects from phosphorus fertilization in field experiments. *Swed. J. Agric. Res.* 11, 3-10.
- Andersson A, Pettersson O, 1981. Cadmium in Swedish winter grain. Regional differences and their origin. *Swed. J. Agric. Res.* 11, 49-55.
- Andersson A, Siman G, 1991. Level of Cd and some other trace elements in soils and crops as influenced by lime and fertilizer level. *Acta Agric. Scand.* 41, 3-11.
- Baize D, 2009. Cadmium in soils and cereal grains after sewage-sludge application on French soils. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 175-184.
- Baker AJM, Brooks RR, 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements- A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1, 81-126.
- Baker AJM, McGrath SP, Sidoli CMD, Reeves RD, 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. *Resour. Conserv. Recycl.* 11, 41-49.
- Berglund M, Åkesson A, Nermell B, Vahter M, 1994. Intestinal absorption of dietary cadmium in women depends on body iron stores and fiber intake. *Environ. Health Perspect.* 102, 1058-1066.
- Bengtsson H, 2005. Nutrient and trace element flows and balances at the Öjebyn dairy farm. Aspects of temporal and spatial variation and management practices. Doctoral thesis no. 2005:2. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Brown SL, Chaney RL, Angle JS, Baker AJM, 1994. Phytoremediation potential of *Thlaspi caerulescens* and *Bladder campion* for zinc- and cadmium- contaminated soils. *J. Environ. Qual.* 23, 1151-1157.
- Brüggemann J, Kumpulainen J, 1995. The status of trace elements in staple foods from the former Federal Republic of Germany. I. Contents of 11 trace elements. *Z. Lebensm. Unters. For.* 201, 1-6.

- Casova K, Cerny J, Jirina S, Tlustos P, Balik, J 2006. Comparison of long-term sewage sludge and NPK fertilization effects on cadmium and copper accumulation by agricultural crops. I: Szilagyí M, Szentmihályi K (eds.). Trace elements in the food chain. Proceedings of an international symposium on trace elements in the food chain, Budapest, Hungary, 25-27 May, 2006, 251-255
- Chaudri AM, Zhao F J, McGrath SPC, Rosland AR, 1995. The cadmium content of British wheat grain. *J. Environ. Qual.* 24, 850-855.
- Conti ME, Cubadda F, Carcea M, 2000. Trace metals in soft and durum wheat from Italy. *Food Addit. Contam.* 17, 45–53.
- Dermont G, Bergeron M, Mercier G, Richer-Lafleche M, 2008. Metal-contaminated soils: remediation practices and treatment technologies. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic and Radioactive Waste Management* 12, 188-209.
- EFSA, 2009. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *The EFSA Journal* (2009) 980, 1-139.
- Eriksson JE, 1988. The effects of clay, organic matter and time on adsorption and plant uptake of cadmium added to the soil. *Water Air Soil Pollut.* 40, 359-373.
- Eriksson JE, 1989. The influence of pH, soil type and time on adsorption and plant uptake by plants of Cd added to the soil. *Water Air Soil Pollut.* 48, 317-335
- Eriksson JE, 1990. A field study on factors influencing Cd levels in soils and in grains of oats and winter wheat. *Water Air Soil Pollut.* 53, 69-81.
- Eriksson JE, Andersson A, Wenblad A, 1990. Cd, Ni and Zn contents of oat grain as related to soil factors and precipitation. *Swed. J. Agric. Res.* 20, 81-87.
- Eriksson J, Andersson A, Andersson R, 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket, rapport 4778.
- Eriksson J, Stenberg B, Andersson A, Andersson R, 2000. Tillståndet i svensk åkermark och spannmålsgröda – jordartens betydelse för markegenskaperna, samband markfaktorer och elementhalter i kärna. Naturvårdsverket, rapport 5062.
- EU, 2007. Cadmium oxide and cadmium metal. Part II – Human health. Eds: SJ Munn, K Aschberger, O Cosgrove, W de Coen, S Pakalin, A Paya-Perez, S Vegro, EUR 22767 EN, European Union Risk Assessment Report, volume 74.
- Grant CA, Bailey LD, 1998. Nitrogen phosphorous and zinc management effects on grain yield and cadmium concentration in two cultivars of durum wheat. *Can. J. Plant Sci.* 78, 63-70.
- Grant CA, Bailey LD, Therrien MC, 1996. The effect of N, P and KCl fertilizers on grain yield and Cd concentration of malting barley. *Fert. Res.* 45, 153-161.
- Grant CA, Buckley WT, Bailey LD, Selles F, 1998. Cadmium accumulation in crops. *Can. J. Plant Sci.* 78, 1-17.
- Grawé KP, Becker W, Vahter M, 2000. Future dietary cadmium exposure and human health related to cadmium in phosphate fertilisers. I: Assessment of risks to health and the environment in Sweden from cadmium in fertilisers, KEMI PM Nr 4/00, s. 57-75.
- Greger M, Landberg T, 1999. Use of willow in phytoextraction. *Int. J. . Phytoremediat.* 1, 115-123.

- Greger M, Landberg T, 1997. Use of willow clones with high Cd accumulating properties in phytoremediation of agricultural soils with elevated Cd levels. Contaminated soils: 3rd International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Paris, France, 15-19 May, 1995. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA); Paris; France.
- Hamon R, McLaughlin M, Naidu R, Correll R, 1998. Long-term changes in cadmium bioavailability in soil. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 3699-3703.
- Iskandar IK, Adriano DC, 1997. Remediation of soils contaminated with metals - a review of current practices in the USA. I: Iskandar IK, Adriano DC (eds.), Proceedings of a conference on the biogeochemistry of trace elements, Taipei, Taiwan, 5-10 September 1993. Remediation of soils contaminated with metals. Proceedings of a conference on the biogeochemistry of trace elements, Taipei, Taiwan, 5-10 September 1993. Pages: 1-26. Science Reviews Ltd; Northwood; USA.
- Jansson G, 2002. Cadmium in arable crops. The influence of soil factors and liming. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae - Agraria* 34. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Jansson G, Öborn I, 2000. Cadmium contents of Swedish carrots and the influence of soil factors. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.* 50, 49-56.
- Jordbruksverket, 2008a. Sveriges utrikeshandel med jordbruksvaror och livsmedel 2005–2007. Jordbruksverket, rapport 2008:20
- Jordbruksverket, 2008b. Marknadsöversikt – vegetabilier. Jordbruksverket, rapport 2008:21
- Jorhem L, Slanina P, 2000. Does organic farming reduce the content of Cd and certain other trace elements in plant foods? A pilote study. *J. Sci. Food Agric.* 80, 43-48.
- Jorhem L, Sundström B, 1993. Levels of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, manganese, and cobalt in foods on the Swedish market. 1983-1990. *J. Food Comp. Anal.* 6, 223-241.
- Jorhem L, Sundström B, Engman J, 2001. Cadmium and other metals in Swedish wheat and rye flours: longitudinal study, 1983-1997, *J. AOAC Int.* 84, 1984-1992.
- Jönsson H, Baky A, Jeppsson U, Hellström D, Kärrman E, 2005. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model Urban Water Report 2005:6 Chalmers University of Technology
- Kirchmann H, Mattson L, Eriksson J, 2009. Trace element concentrations in wheat grain – results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environ. Geochem. Health* (accepted).
- Kjellström T, Lind B, Linnman L, Elinder C-G, 1975. Variation of cadmium concentration in Swedish wheat and barley. An indicator of changes in daily cadmium intake during the 20th century. *Arch. of Environ. Health* 31, 321-328.
- Klang-Westin E, & Eriksson J, 2003. Potential of *Salix* as phytoextractor for Cd on moderately contaminated soils. *Plant and Soil* 249, 127-137
- KRAV, 2009. Regler för KRAV-certifierad produktion Januari 2009. KRAV ekonomisk förening, Uppsala.
- Kumpulainen J, Tahvonen R, 1989. Report on the activities of the sub-network on trace elements status in food. Report on the Consultation of the FAO European Cooperative Research Network on Trace Elements, Appx. 6 (Rome: FAO), pp. 1-30.

- Lantmännen, 2007. Gårdsmagasinet oktober 2007. Lantmännen Lantbruk, Malmö.
- Lindén A, Olsson I-M, Oskarsson A, 1999. Cadmium levels in feed components and kidneys of growing/finishing pigs. *J. AOAC Int.* 82, 1288-1297.
- Linden A, Andersson K, Oskarsson A, 2001. Cadmium in organic and conventional pig production. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 40, 425-431.
- Lindén A, Olsson I-M, Bensryd I, Lundh T, Skerfving S, Oskarsson A, 2003. Monitoring of cadmium in the chain from soil via crops and feed to pig blood and kidney. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 55, 213–222.
- McLaughlin M J, Smolders E, Merckx R, 1998. Soil-root interface: Physicochemical processes. I: PM Huang (ed.). *Soil Chemistry and Ecosystem Health*. Soil Science Society of America, Special Publication no. 52 (Madison, Wisconsin, USA), 233-278.
- Mench M, Baize D, Mocquot B, 1997, Cadmium availability to wheat in five soil series from the Yonne district, Burgundy, France. *Environ. Pollut.* 95, 93-103.
- Naturvårdsverket, 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Odlingslandskapet. Naturvårdsverket, rapport 4916.
- Naturvårdsverket, 2002. Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp. Naturvårdsverket, rapport 5214, 204 s.
- Naturvårdsverket, 2007. Rapport angående genomförandet av batteridirektivet. Naturvårdsverket, rapport 5753.
- Nilsson U, Schütz A, Skerfving S, Mattson S, 1995. Cadmium in kidneys of Swedes measured in vivo using X-ray fluorescence analysis. *Int. Arch. Occup. Environ. H.* 67, 405-411.
- Oliver DP, Schultz JE, Tiller KG, Merry RH, 1993. The effect of crop rotation and tillage practices on cadmium concentration in wheat grain. *Aust. J. Agric. Res.* 44, 1221-1234.
- Oliver DP, Wilhelm NS, McFarlane JD, Tiller KG, Cozens GD, 1997. Effect of soil and foliar applications of zinc on cadmium concentration in wheat grain. *Aust. J. Exp. Agric.* 37, 677-681.
- Perttu K, Eriksson J, Greger M, Göransson A, Blombäck K, Klang-Westin E, Landberg T, 2003. Förråd och flöden av kadmium i systemet mark-salix. Energimyndigheten, rapport ER 19:2003.
- Petersson Grawé K, 1996. Kadmium. Ett stort miljöproblem, men hur hamnar det i våra njurar? *Vår Föda* 6, 1-12.
- Pettersson O, 1977. Differences in cadmium uptake between plant species and cultivars. *Swed. J. Agric. Res.* 7, 21-24.
- Robinson BH, Leblanc A, Petit D, Brooks RR, Kirkman JH, Gregg PEH, 1998. The potential of *Thlaspi caerulescens* for phytoremediation of contaminated soils. *Plant and Soil* 203, 47-56.
- SCB, 2004. Försäljning av mineralgödselmedel för jord- och trädgårdsbruk under 2003/04. Statistiska Meddelanden, MI 30 SM 0501, Statistiska Centralbyrån.
- SCB, 2008. Jordbruksstatistisk årsbok 2008 med data om livsmedel. Jordbruksverket och Statistiska Centralbyrån.
- SKV, 2007. Punktskatter. SKV 505, utgåva 20, Skatteverket.

- SFS, 1998. Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter.
- SNFS, 1994. Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. – Statens naturvårdsverks författningssamling, SNFS 1994:2, MS 72.
- SNFS, 1998. Statens naturvårdsverks föreskrifter om ändring i kungörelsen (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket – Statens naturvårdsverks författningssamling, SNFS 1998:4.
- Sparrow LA, Salardini AA, Johnstone J, 1994. Field studies of cadmium in potatoes (*Solanum tuberosum*). III. Response of cv Russet-Burbank to sources of banded potassium. Aust. J. Agric. Res. 45, 243-249.
- Svensson S-E, 2006. Växtnäring från avlopp ger mer hållbar produktion av ettåriga energi- och fibergrödor. Projektredovisning för 2005 och 2006. Rapport 2006:12, Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU, Alnarp.
- Steineck S, Gustafsson G, Andersson A, Tersmeden M, Bergström J, 1999. Stallgödseleins innehåll av växtnäringsämnen och spårelement. Naturvårdsverket, rapport 4974.
- Söderström M, Eriksson JE, 2009. Gamma-ray sensing for cadmium risk assessment in agricultural soil and grain – a case study in southeastern Sweden. Chapter 28 in: McBratney AB, Viscarra-Rossel R (eds.). Proximal Soil Sensing for High Resolution Soil Mapping, Developments in Soil Science, Elsevier. (Book chapter, in press)
- Wolnik KA, Fricke FL, Capar SG, Braude GL, Meyer MW, Satzger RD, Bonnin E, 1983. Elements in major raw agricultural crops in the United States. 1. Cadmium and lead in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweet corn, and wheat. J. Agric. Food Chem. 31, 1240-1244.
- Wångstrand H, Eriksson J, Öborn I, 2007. Cadmium concentration in winter wheat as affected by nitrogen fertilization. Eur. J. Agron. 26, 209-214.
- Yara, 2008. Växtpressen, nr 2, årgång 37, Yara AB, Landskrona.
- Åkesson A, Bjellerup P, Lundh T, Lidfeldt J, Nerbrand C, Samsioe G, Skerfving S, Vahter M, 2006. Cadmium-induced effects on bone in a population-based study of women. Environ. Health Perspect. 114, 830-834.
- Åkesson A, Lundh T, Vahter M, Bjellerup P, Lidfeldt J, Nerbrand C, Samsioe G, Strömberg, U, Skerfving S, 2005. Tubular and glomerular kidney effects in Swedish women with low environmental cadmium exposure. Environ. Health Perspect. 113, 1627-1631.
- Åkesson A, Julin B, Wolk A. 2008. Long-term dietary cadmium intake and postmenopausal endometrial cancer incidence: a population-based prospective cohort study. Cancer Res. 68, 6435-6441.
- Öborn I, Jansson G, Johnsson L, 1995. A field study on the influence of soil pH on trace element levels in spring wheat (*Triticum aestivum*), potatoes (*Solanum tuberosum*) and carrots (*Daucus carota*). Water Air Soil Pollut. 85, 835-840.
- Öborn I, Petersson Grawé K, Sandberg R, Gustafsson K, 2003. Cadmium in Swedish produced food potatoes and the contribution to dietary intake – an aspect to include in environmental monitoring? Proceedings of the 7th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements (ICOBTE), Gobran, G. and Lepp, N. (eds), Uppsala June 15-19 2003, p 282-283.



Detta är MAT 21

MAT 21 är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram kring uthållig livsmedelsproduktion som omspannar hela kedjan från jord till bord. Programmets övergripande mål är att komma fram till lösningar på livsmedelskedjans svaga länkar för att konsumenterna i än högre grad skall uppfatta maten som såväl säker som etiskt och uthålligt producerad. Huvudprojektet startade 1997 och avslutades 2005. MAT 21 har sedan fortsatt i form av en ”syntesplattform”. I ett samarbete mellan universitetet och livsmedelskedjans aktörer genomförs ett antal temaorienterade utredningar i syfte att skapa beslutsunderlag för praktiskt agerande. Exempelvis handlar ett tema om utformningen av ett mer hållbart växtskydd i jordbruket ett annat om möjligheten att ersätta importerat djurfoder med hemmaproducerat. Här redovisad rapport är ett resultat av ytterligare ett sådant tema som i detta fall handlar om kadmium.

MAT 21 åtar sig även andra typer av utredningsuppdrag. Sådana exempel är att ta fram beslutsunderlag till de areella näringarnas sektorsmyndigheter och att genomföra utredningsuppdrag åt regeringen.

För mer information om MAT 21s verksamhet och publicering se www-mat21.slu.se.

Rapport MAT21 nr 1/2009

ISSN:1650-5611

ISBN: 978-91-86197-26-1

Ansvarig utgivare: Rune Andersson
Adress: Inst. för livsmedelsvetenskap, Box 7051, SLU, Uppsala.
E-post: rune.andersson@lmv.slu.se

Författarkontakt: Jan Eriksson
Adress: Inst. för mark och miljö, Box 7014, SLU, Uppsala.
E-post: jan.eriksson@mark.slu.se

Tryck: Repro, SLU, Uppsala.

Distribution: Carina Nylander, carina.nylander@lmv.slu.se
Inst. för livsmedelsvetenskap, Box 7051, SLU, Uppsala.
Jan Eriksson, jan.eriksson@mark.slu.se