

# SLUTRAPPORT

## Projektet: Strategi för att minimera kadmium i jordbruksmark och gröda (Projnr.: V0533114)

Jan Eriksson<sup>1</sup>, Nick Jarvis<sup>1</sup> och Mats Söderström<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Inst f mark och miljö, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala

<sup>2</sup> Inst f mark och miljö, SLU, Box 234, 532 23 Skara

### Sammanfattning

I ett delprojekt undersöktes möjligheten att risklassa mark i områden där det känt att grödorna ofta har förhöjda kadmiumhalter främst på grund av inslag av Cd-rik alunskiffer. Studien visar att geologiska kartor och data från flygmätning av uran kalibrerade med stickprovsanalyser av Cd-halter i jord och gröda kan användas för riskklassificering av jordar på regional nivå i denna typ av landskap. Detta kan användas för att identifiera fält där speciella åtgärder kan behövas för att minska risken för hög Cd-halt i matgrödor. I ett annat delprojekt samlades porvatten in från fyra jordar runt Uppsala och två i Skåne för att få ett mått på utlakning av kadmium. Data bekräftar att de antaganden om utlakning som gjorts i beräkningar av tillförsel och bortförsel av Cd i marken. Dessa beräkningar antyder balans för åkermarkens matjord. Projektet (inkl. MISTRA-del) har också resulterat i en rapport där en strategi för att minska kadmiumbelastningen i kedjan mark-livsmedel-människa presenteras.

### Bakgrund

Projektet ingick som ett kadmiumtema i projektet ”Mervärden som Märks – en efterföljare till Mat 21 och samfinansierades av SLF och MISTRA.

Intaget av kadmium via maten utgör en hälsorisk. Spannmålsprodukter, rotfrukter och grönsaker bidrar i genomsnitt med 75 % av det totala intaget av kadmium. Senare tids forskning tyder på att marginalen till en exponeringsnivå där hälsoeffekter kan uppstå är liten eller obefintlig. Detta motiverar åtgärder för att minimera kadmiumhalten i mark och gröda.

Ökad medvetenhet hos konsumenterna leder till ökande krav på låga Cd-halter i livsmedelsråvaran. Det har varit vissa svårigheter att hantera och garantera en Cd-godkänd spannmålsråvara för humankonsumtion. I reglerna för Svenskt Sigill anges exempelvis gränsvärden och provtagningsrutiner för Cd i jord och kärna. Gårdar som har mer än 0,30 mg Cd/kg lufttorr jord måste enligt IP Lantbruk analysera vete- och havrekärna för humankonsumtion. Det är ytterst sällan spannmålspartier får underkännas på att Cd-värdet i gröda överstiger gällande gränsvärden. Den stora variationen inom gård och to m fält och årsmånsvariationerna gör också att utfallet, ibland för högt ibland inte, framstår som godtyckligt och svårhanterbart. Den ”påtvungade” provtagning uppfattas av lantbrukare dessutom som onödig och kostsam. Det finns ett uttalat önskemål från kvarnindustrin att ytterligare minska halten av kadmium. För råvaror som är ämnade för barnmatsproduktion är kraven ännu högre. Detta ställer krav på att man på ett mycket bättre sätt än idag ska kunna identifiera kritiska platser och förutsäga upptaget ända ner på gårds- och to m fältnivå.

Att göra en Cd-balans mellan tillförsel och bortförsel är ett sätt att undersöka och även åskådliggöra förändringen i markens Cd-halt och den långsiktiga konsekvensen av olika insatser för att minska Cd-tillförsel till åkermark. En kritisk post i en sådan budget är utlakningen från marken. Det finns få data från faktiska mätningar både i Sverige och i andra länder. I internationellt åtgärdsarbete t ex inom EU använder man sig ofta av värden från modellering. Dessa värden är dock sällan verifierade genom jämförelser med verkliga fältmätningar och de få data vi har tyder på att man med denna metodik åtminstone för våra jordar överskattar utlakningen av Cd.

## Projektets syfte

Projektet huvudsyfte var att utifrån tillgänglig kunskap om kadmium i jordbruket utforma en strategi för att minimera kadmium i jordbruksmark och grödor samt att analysera konsekvenserna av ett tänkt genomförande av dessa strategier. Denna del finansierades av och har slutrapporterats till MISTRA. I projektet ingick också några huvudsakligen av SLF finansierade mer forskningsinriktade delprojekt. Det ena (Sigilldatabasen och Gårdsprojektet) hade som mål att undersöka sambandet mellan Cd-halt i grödan och olika omgivningsfaktorer på regional och lokal nivå, för att kunna bedöma när risk för förhöjda halter i grödan föreligger och utveckla strategier för förbättrad och mer kostnadseffektiv provtagning och andra åtgärder för minimering av risken för höga halter i spannmålsgrödor. Målet för det andra delprojektet (Utlakningsprojektet) var att kvantifiera transporten av Cd i åkermarksprofiler och att därigenom ge ett förbättrat underlag för modellberäkningar av Cd-förluster genom utlakning. Som projektet utvecklade sig kom fokus att ligga mer på Gårdsprojektet än på Utlakningsprojektet. I slutet av denna rapport redovisas också enligt SLF:s önskan projekt. nr. 013303 vars överskott överfördes till V0533114.

## Material och metoder

I Gårdsprojektet kompletterades data från projektets fältstudier också med befintliga data från Sigilldatabasen och från miljöövervakning på åkermark (Eriksson m.fl. 2010). Jordprov från matjordar med olika geologiska modermaterial togs med markkarteringsborr (0-20 cm, 9 stick i ett 3x3 rutnät på 20x20 m stor yta) 2005 och 2007 i ett område i västra Östergötland och i ett område på Österlen i Skåne. De för provtagning utvalda gårdarna var sådana där man haft problem med restriktionerna för Cd-halt i Sigillodling. Åren 2005-2007 togs också prov av höstvetekärna och i några fall västkorn; i de flesta fall i samma punkter där jordprov togs.

För urval av provplatser och för bearbetning och utvärdering av resultat användes digitala berggrunds- och jordartskartor i skala 1:50 000 samt data från flygburna mätningar av gammastrålning från marken (från  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  och  $^{40}\text{K}$ ) tillhandahållna av SGU. Mer detaljerad kartering av gammastrålning utfördes på enskilda fält i de undersökta områdena med hjälp av en sensor (The Mole, the Soil Company, Groningen, Nederländerna) monterad på en fyrhjuling. Databearbetning, kartering and spatiell analys utfördes med ArcGIS 10.0 (ESRI Inc., Redlands, USA).

I utlakningsstudien samlades porvatten med sugceller (Prenart Super Quartz) som placerades på två olika djup (20 och 50 cm) i tre replikat. Från hösten 2005 till hösten 2006 samlades vattenprover in vid 12 tillfällen, i samband med kraftiga regn- eller snösmältningsperioder (ett undertryck motsvarande 200 cm vattenpelare applicerades), vid 4 olika provplatser i närheten av Ultuna. Jordarna utgjorde en gradient från styv lera till lerig sand. Från hösten 2006 till våren till vå-

ren 2008 provtogs porvatten vid 15 tillfällen på motsvarande sätt på en moränmellanlera och en lättare moränlera i Säbyholm i Skåne. Kadmium i extrakten analyserades med ICP-MS.

## Resultat och diskussion

### Delprojekt 1a. Sigilldatabasen

Målet med delprojekt 1a var att sammanställa odlingsdokumentation registrerad i Lantmännens databas för Svenskt Sigill-odlad spannmål i Syd- och Mellansverige från 1998-2004 och, om datakvaliteten så medgav, undersöka sambandet mellan Cd-halt i grödan och olika omgivningsfaktorer på lokal nivå. Registrerade data fanns i två olika databaser. Sammanställningen av data gjordes av Erika Bjurling och Carl-Göran Petterson Pettersson vid Lantmännen och Jan Eriksson. Data har imatats i en ny gemensam databas efter värdering av deras tillförlitlighet och utrensning dubblerade uppgifter.

Efter att uppenbart orimliga värden tagits bort innehåller databasen 4521 Cd-analyser av matjordsprov och 1348 Cd-analyser av kärnprov av höst och vårvete samt havre från 776 jordbruksföretag. Endast i 286 fall finns både växt- och jordprov från samma provplats. Medelhalterna ligger i stort i nivå med de som uppmätts i miljöövervakningen (Eriksson m.fl., 2010). Halten är dock högre i höstvete än i vårvete, kanske för att det i höstvete fanns en del prover med väldigt höga halter (tabell 1). Vårvete anses generellt ha något högre halter än höstvete. Havren har som väntat lägre halt än vete.

Tabell 1. Kadmiumkoncentrationer (medeltal) i kärn- och matjordsprov i Sigilldatabasen.

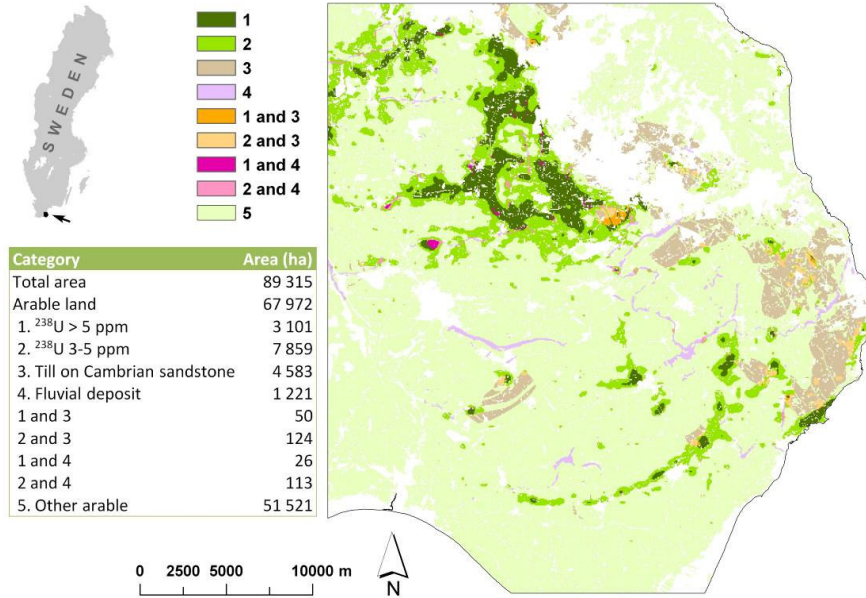
	Höstvete	Vårvete	Havre	Matjord
Antal	925	186	237	4521
Cd konc. (mg/kg)	0,061	0,049	0,039	0,22

Som befarat är datamaterialet inte av sådan kvalitet att det går att arbeta vidare med det för att vetenskapligt undersöka samband mellan mark och gröda och variation i halter i kärna mellan olika år på samma skifte. Detta är vanligt med denna typ av material som tagits ut med ett helt annat syfte. När flera prov tagits på ett skifte anges oftast bara min- och maxvärde. I sådana fall har vi matat in medelvärdet i den nya databasen. Sådana värden är dock osäkra eftersom maxvärdet kan vara ett utstickande värde ofta pga. felanalys. Det var tyvärr omöjligt att kvalitetssäkra analyserna i efterhand. Bästa studieobjekt för att studera samband mellan mark och gröda är gårdar där det tagits många prov. Tyvärr är dock data från dessa inte kompletta. För några fanns inga kärnprovsanalyser, förmodligen för att halten i marken inte låg över den gräns när kärnprov enligt Sigill-reglerna måste tas. I de fall kärnprovsanalyser fanns, hade alla jordprov ett och samma värde på alla skiften; ibland var det också så för kärnprovsanalyserna. I många fall var också värdet för kärnanalysen samma på alla skiften både på små och stora gårdar.

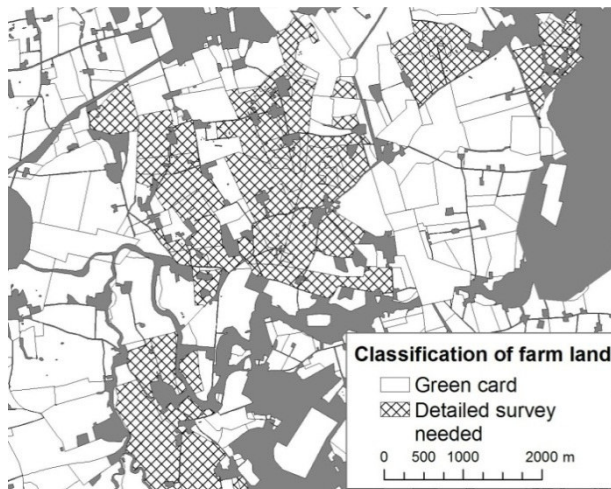
### Delprojekt 1b. Gårdsprojektet

Figur 1 visar en riskklassificering av åkermark på Österlen med avseende på Cd i mark och gröda baserad på uranhalter och andra geologiska data. Att riskklassificeringen är relevant kunde vi verifiera genom att testa om medelkoncentrationerna av Cd i de 220 jordprov vi tog i området skiljde sig mellan riskklasserna. Så var fallet trots en viss variation inom varje klass. I denna ana-

lys slogs klasserna 3 och 4 ihop eftersom de inte skiljde sig så mycket åt och att för att vi bara hade analyser från sammanlagt 10 prover att tillgå i de klasserna. Som framgår av fig. 1 fann vi att hög risk är starkt kopplat till förekomst av höga halter av  $^{238}\text{U}$  i marken. Det är också sedan tidigare känt att morän från kambrisk sandsten kan innehålla förhöjda Cd-halter på Österlen. Vi fann också att fluviala avlagringar (framsorterade av smältvattenströmmar vid inlandsisens avsmältning) kan ha anrikat material från förekomster av Cd-rika modermaterial uppströms vattnets rörelseriktning. Ett annat exempel på riskklassifikationskarta är den vi gjorde för det studerade området i Östergötland (fig. 2). Där delade vi in marken i sådan som skulle kunna få grönt



**Fig. 1.** Geologiskt baserade riskkategorier för åkermark på Österlen: 1)  $^{238}\text{U} > 5$  ppm. 2)  $^{238}\text{U} = 3-5$  ppm. 3) Morän på kambrisk sandsten. 4) Svämsediment nedströms andra riskklasser. 5) Annan geologisk bakgrund.



**Fig. 2.** Exempel på riskklassificering av åkermark m.a.p. Cd i det studerade området i Östergötland. I områden med rutnmönster behövs detaljartering för att avgöra risk för hög Cd-halt i grödan. Grå områden är ej odlad mark.

kort för Sigillodling, baserat på data främst från flygmätningar av  $^{238}\text{U}$ , och sådan där det krävs mer detaljerad kartering och provtagning av mark och gröda för att skilja ut mark som eventuellt inte är lämplig för Sigillodling eller annan odling certifierad med avseende på Cd.

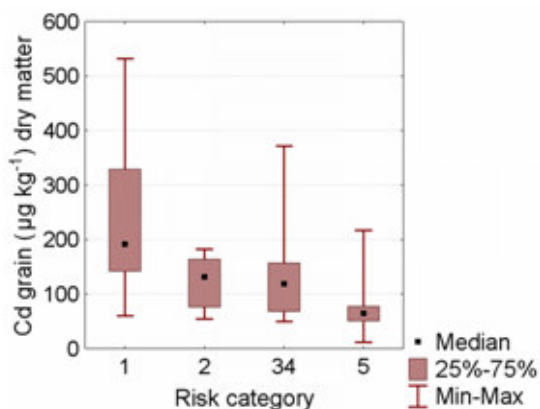
Ekvationen nedan visar sambandet mellan Cd-koncentrationen i matjord på Österlen och värdet på U-koncentrationen (ppm) i provtagningspunkten enligt interpolerade från flygmätningssdata:

$$\text{Cd} = 0,097 * \text{U} + 0,236 \quad (n = 66)$$

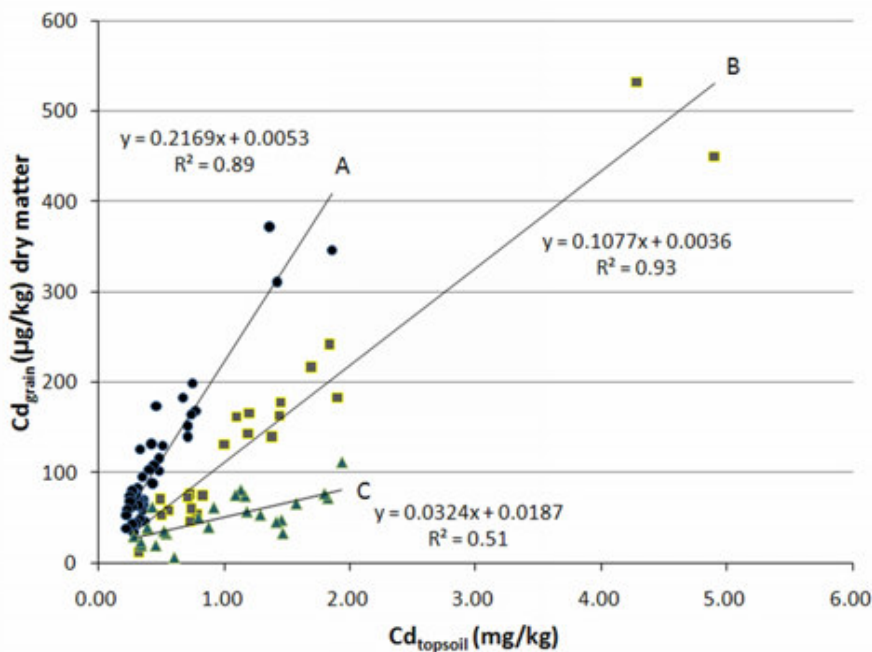
Sambandet var ganska starkt ( $R^2 = 0,59$ ) när två mycket avvikande punkter från en begränsad yta med mycket stort inslag av alunskiffer togs bort. Förmodligen underskattas U-koncentrationen eftersom värdena från flygmätningarna integrerar koncentrationerna från en större yta än den som jordproven representerar.

Fig. 3 visar att också Cd-koncentrationerna i höstvetekärna skiljer sig signifikant (Kruskal-Wallis H-test) mellan de olika riskkategorierna enligt fig. 1. Eftersom riskklassificeringen sålunda speglar Cd-koncentrationerna i både kärna och matjord finns följaktligen också ett samband mellan dessa två variabler. För data från Österlen tycks det finnas två grupper med olika samband mellan Cd i vetekärna och matjord (fig. 4). Proven från Östergötland följer samma kurva (C), men i det fallet är upptaget av Cd i vetet betydligt mindre i förhållande till halterna i matjorden än på Österlen. Uranhalten tenderar att falla från C till A. Detta kan tyda på att alunskiffer ger mycket höga Cd-halter i marken, men att detta Cd inte är så växttillgängligt i relativa termer. Att Cd-halterna i vete ändå blir så höga på mark som innehåller alunskiffer beror på att markens Cd-halter där är betydligt högre än i andra marktyper. De prov som faller efter linje A skulle kunna vara de som också påverkas av Cd-rika kambrosiluriska avlagringar, men många av punkterna ligger inte i närheten av sådana så orsaken till grupperingen av proverna från Österlen är oklar.

Regionala riskkartor är oftast inte tillräckligt detaljerade för att visa situationen på gårdsnivå. Därför gjorde vi också scanning med gammastrålningsmätare (U) från ett motorfordon på några utvalda fält både i Östergötland och Skåne. Detaljkarteringen av två fält i Skåne (fig. 5) visar att det är stor variation i  $^{238}\text{U}$ -halterna mellan olika delar av fälten och att detta speglar motsvarande variation i matjordens och vetets Cd-halt. I karta B, som visar den totala gammastrålningen, syns



**Fig. 3.** Boxplott av Cd i höstvete från jordar i de olika riskkategorierna 1-5 som visas i fig. 1. Totalt antal prov 98 (n = 12, 9, 20 och 57 i kategorierna 1, 2, 3+4 respektive 5).



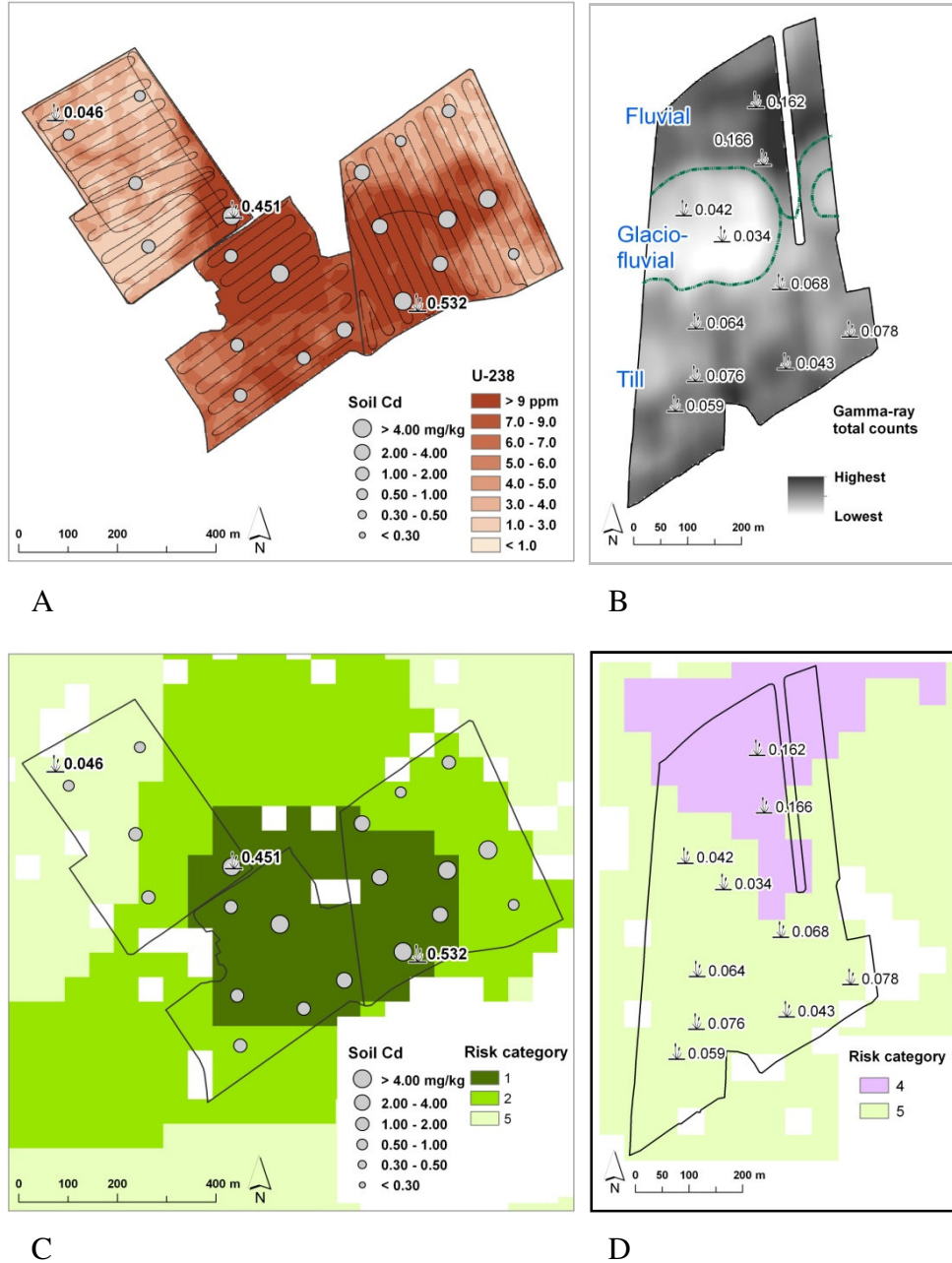
**Fig. 4.** Kadmium i höstvetete som funktion av matjordens halt. Data från Österlen representeras av cirklar(A) eller fyrkanter (B). Trianglar (C) representerar data från prov uttagna i Östergötland.

också tydliga skillnader mellan olika typer av jordavlagringar i detta avseende. De stora dragen i detaljkarteringen av  $^{238}\text{U}$  sammanföll också väl med mönstret från flygmätningarna (Fig. 5C och 5D).

En viktig upptäckt i detta delprojekt var att Cd-halten i mark och gröda i de studerade områdena är så starkt korrelerade till markens uranhalt. Förhöjda Cd-koncentrationer i de studerade områdena i Östergötland och Skåne är i hög grad korrelerad alunskifferförekomst. Alunskiffer har ofta förhöjd halt av kadmium men också av uran. I början av projektet var målsättningen att prediktera och göra en riskklassificering med avseende på Cd i mark och gröda utifrån kartor över jordartsgeologi och berggrund. Det fanns ett samband men bruset var stort. När vi upptäckte sambandet mellan Cd och  $^{238}\text{U}$  gick det att göra en mycket bättre prediktion. Det starka sambandet kunde verifieras när vi under det tredje projektåret lade in en extra provtagning där vi styrde valde provpunkter utifrån data över markens uranhalt. Då hittade vi också de riktigt höga halterna av Cd i både mark och gröda i de undersökta områdena.

Strategirapporten (Eriksson, 2009) som tagits fram inom projektet visar att om man vill minska kadmiumbelastningen via svenskproducerad mat på kort sikt, är i stort sett den enda möjligheten att inte producera matgrödor på de mest belastade markerna. Om man vill bedriva miljö- och kvalitetssäkrad odling (ex Svensk Sigill) är det inte heller möjligt att odla matgrödor på de mest belastade markerna. Det är dock stor variation i upptagsmönstren, så även om en gård ligger i ett område med hög risk behöver det inte betyda att all mark ur kadmiumsynpunkt är mindre lämplig för odling av känsliga grödor som ex. vete och potatis. Vår studie visar att regional riskkartering

ring baserad på gammastrålningskartering kombinerad med geologiska kartor och kunskap om de processer som format landskapet kan fungera för att identifiera gårdar där situationen m.a.p. Cd behöver undersökas mer i detalj. På dessa gårdar kan man göra detaljkartering av enskilda fält för att se vilka som är oproblematiske ur Cd-synpunkt och vilka som kan vara aktuella för andra grödor än de känsligaste matgrödorna.



**Fig. 5.** Detaljerade gammastrålningskartor från två gårdar baserade på data från en gammastrålnings-sensor monterad på en fyrhjulning (A and B). Siffrorna på kartorna visar Cd-halten i höstve-teprov ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). A)  $^{238}\text{U}$  karta över tre skiften (total 39 ha) i ett alunskifferpåverkat område. B) Karta över uppmätt totalantal av gamma-sönderfall i ett 25 ha stort skifte delvis klassat som risk-kategori 4 (svämsediment nedströms andra riskklasser). C och D) Motsvarande rasterskikt från den regionala riskkartan i fig. 1.

Jämförelsen av det studerade området i västra Östergötland och det på Österlen med likande geologisk bakgrund visar att riskklassning baserad på geologisk bakgrund inom varje område måste kalibreras mot Cd-analys av representativa stickprov av mark- och gröda. Det visade sig nämligen att även om Cd-halterna i marken var ungefär lika så var halterna i vete betydligt större på Österlen. Erfarenheten från gårdar som prövat Sigill-odling i dessa områden visar att på Österlen har man ofta fått ge upp på grund av för höga halter i vetet, medan man i Östergötland sällan har för höga halter i vetet, men enligt reglerna fortlöpande måste analysera grödan eftersom Cd-halten i marken ligger över den kritiska gränsen. Baserat på riskklassificering borde man kunna ge en stor del av marken med förhöjda Cd-halter i detta område ”grönt kort” som befriar från ständig kontroll av grödans halter. Även på Österlen finns det ”gröna” områden, även om frekvensen är lägre.

## Delprojekt 2. Kadmiumutlakning

Målet för det andra delprojektet (Utlakningsprojektet) var att kvantifiera transporten av Cd i åkermarksprofiler och att därigenom ge ett förbättrat underlag för modellberäkningar av Cd-förluster genom utlakning.

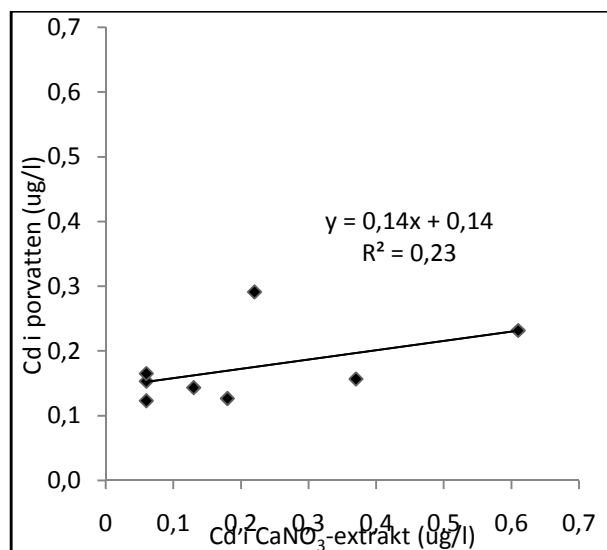
Tabell 2 visar det årliga flödet av Cd ut ur matjorden och på 50 cm djup i markprofilen. Nedåttransporten var generellt större i Ultunaprofilerna än i profilerna i Skåne (Säbyholm). Detta beror förmodligen på det höga pH i Skåneprofilen immobiliserar Cd. Storleksordningen på utlakningen är i nivå med den som redovisas Bengtsson et al. (2006) i en liknande mätning i Öjebyn och som kan beräknas från Janssons (2002) data från s.k. mättnadsextrakt. Enligt Cd-balanserna som redovisas i Eriksson (2009) och Knutsson (2011) innebär detta att in- och utflödena av Cd i matjorden generellt är lika stora och att de genomsnittliga halterna inte längre ökar.

Vi analyserade också Cd extraherat med 0,01 M  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  på jordarna. I Bergkvist m fl. (2005) användes  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -extraherbart Cd som ett mått Cd i marken porvatten. Enligt Fig. 6 kan det finnas ett samband, men inte det 1:0,7-förhållande som antogs i Bergkvist m fl. (2005).

Tabell 2. Beräknat utflöde med markvattnet av Cd samt  $\text{HNO}_3$ -lösligt Cd ( $\approx$  totalhalt) och pH i matjord och alv

	Ulleråker	Säby3	Säby 2	Ultuna	Säbyholm1	Säbyholm2
<i>Markvatten (g/ha/år)</i>						
Matjord	0,29	0,46	0,31	0,58	0,19	0,09
Alv	0,31	0,25	0,33	0,25	0,04	0,09
<i>Cd-<math>\text{HNO}_3</math> (mg/kg)</i>						
Matjord	0,11	0,12	0,12	0,23	0,19	0,17
Alv	-	0,06	0,04	0,09	0,06	0,01
<i>pH</i>						
Matjord	6,4	6,0	6,0	6,6	7,2	7,5
Alv	6,2	6,3	6,6	7,0	7,5	7,6





**Fig. 6.** Cd-koncentration i porvatten (sugcellerna) i förhållande till Cd i Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-extrakt.

Detta innebär att Cd-koncentrationer i porvatten i matjorden som skattades från Cd-Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> av Bergkvist m. fl. (2005) blir högre (merparten i intervallet 0,2 till 1,4 ug/l med en median på ca 0,6 ug/L) än de som uppmättes i sugcellerna (0,04 till 0,29 ug/l). De data över sambandet mellan Cd-koncentrationen i porvatten och extrakt med Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, som tagit fram här är få och skillnaderna i Cd-koncentrationer i porvattnet mellan provplatserna är relativt liten. Det är därför svårt att säga hur mycket Bergkvist m. fl. (2005) överskattade utlakningen, men enligt våra data verkar det som om deras siffror åtminstone borde halveras.

Efter som det ingår i analyspaketet när man analyserar spårelement med hjälp av ICP-MS fick vi också analyser av Co, Cu, Mo, Mn, Ni, Pb och Zn i porvatten. Även dessa har/kommer att användas i flödesbalanser i andra projekt eftersom det finns mycket få data för dessa ämnen.

### **Projekt. nr. 013303. Uppdatering av kadmiumbalanser för svensk åkermark**

Syftet med detta projekt var att göra grundligt genomarbetade balansberäkningar för kadmium baserade på föreliggande nya data och nya kunskap som tagits fram inom nationell och internationell forskning inom området. Projektet syftade också till att identifiera kunskapsluckor inom områden som är centrala för att minska kadmiumupptaget i vete och havre.

Fokus i detta projekt kom att hamna mer på kunskapsluckorna än på balanserna. På grund av ett missförstånd trodde vi att vi hade förankrat denna omprioritering hos SLF vilket inte riktigt var fallet. Hursomhelst gjordes en litteraturstudie med ovanstående fokus som kan ses som ett förarbete till och kom till nytta i det SLF- och MISTRA-finansierade doktorandprojektet "Hur kan man bättre förutsäga och på sikt sänka kadmiumhalten i vete/spannmål? - ett doktorandprojekt inom mark-växtområdet (proj. nr. 013303) som sedan följde. De kostnader som redovisas härrör från denna litteraturstudie. Resterande medel (ca halva beloppet) flyttades enligt överenskommelse över till det projekt som redovisas i denna slutrapport (VO0533114). Några uppdaterade Cd-balanser från detta projekt presenteras i Eriksson (2009). En uppdatering av balanser för både Cd och andra spårämnen för olika produktionsinriktningar och produktionsområden har också gjorts i ett examensarbete (Knutsson, 2011).

## Referenser

Bengtsson, H. Alvenäs, G. Nilsson S.I., Hultman, B. Öborn, I. 2006. Cadmium, copper and zinc leaching and surface run-off losses at the Öjebyn farm in Northern Sweden - Temporal and spatial variation. *Agriculture Ecosystems & Environment* 113, 120-138

Bergkvist, P, Jarvis N, Rapp, L och Eriksson J, 2005. Critical loads of cadmium on arable soils in Sweden. *Emergo* 2005:4, Report, Department of Soil Sciences, SLU

Eriksson, J., Mattsson, L & Söderström, M. 2010. Tillståndet i svensk åkermark, data från perioden 2001-2007. Naturvårdsverket, rapport 6349.

Jansson, G., 2002. Cadmium in arable crops. The influence of soil factors and liming *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 341. PhD Thesis, SLU, Uppsala.

## Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Eriksson, J., 2009. Strategi för att minska kadmiumbelastningen i kedjan mark-livsmedel-människa. Rapport MAT21, nr 1/2009. SLU.

Söderström M. & Eriksson J.E., 2010. Gamma-ray sensing for cadmium risk assessment in agricultural soil and grain – a case study in southeastern Sweden. In: Viscarra Rossel, Raphael A.; McBratney, Alex B.; Minasny, Budiman (Eds.), *Proximal Soil Sensing for High Resolution Soil Mapping, Progress in Soil Science, Vol. 1, Springer, 333-342.*

Söderström, M. & Eriksson, J. 2010. Application of sensor technology as a tool in an improved crop quality certification system – a study on cadmium risk assessment. *NJF Seminar 438: Sensors for soil and plant mapping and terrain analysis, Skara, Sweden, 27-28 October 2010. NJF Report, 6, 7, 17-19.*

Söderström M., Eriksson J. 2012. Gamma-ray spectrometry and geological maps as tools for cadmium risk assessment in arable soils. *Geoderma* (in press).

Söderström M. & Eriksson J.E., 2008. Gamma-ray sensing for cadmium risk assessment in agricultural soil and grain - a case study in eastern Sweden. 1st Workshop in High-resolution digital soil sensing and mapping (HRDSSM), 5-8 feb, 2008, Sydney, Australia. *Workshop Program and Papers, Volume II, 8 p.*

Minskat kadmiumintag via maten. Seminarium på KSLA15 oktober 2009.

Knutsson, P. Spårelement i Sveriges jordbruksmark – flöden, trender och fältbalanser. Examensarbeten 2011:02. Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala.

Sternbeck, J., Eriksson, J, Österås A.H., 2011. The role of mineral fertilisers for cadmium in Swedish agricultural soil and crops. In: *Kadmiumhalten måste minska – för folkhälsans skull. En riskbedömning av kadmium med mineralgödsel i fokus. Kemikalieinspektionen, rapport 1/11.*