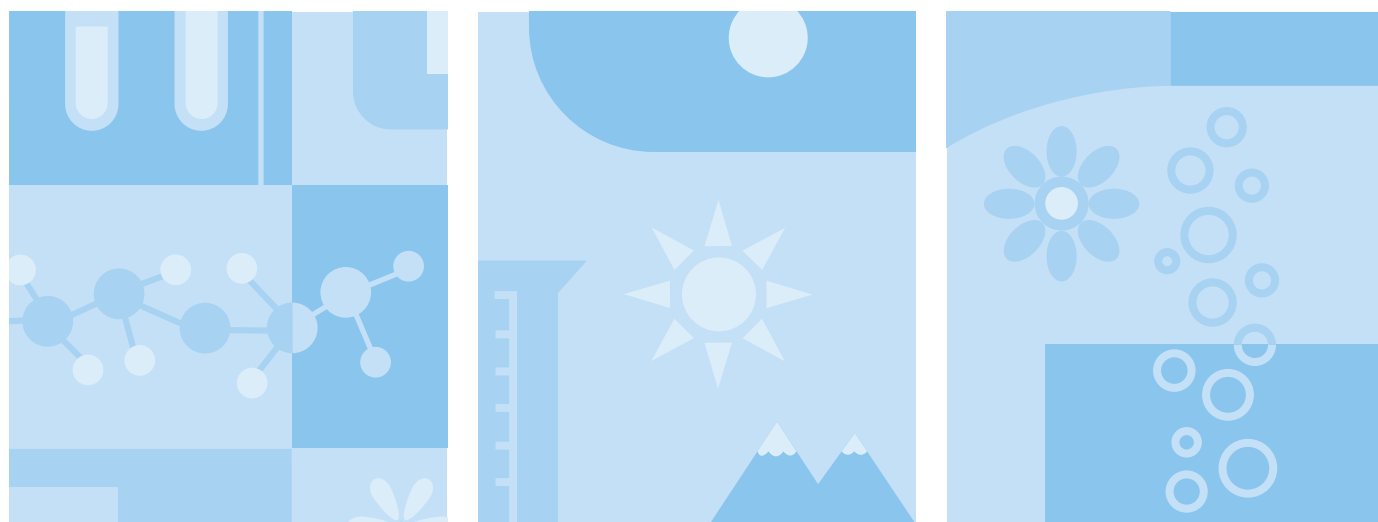


Samhälsekonomisk kostnad för frakturer orsakade av kadmiumintag via maten



Samhällsekonomisk kostnad för frakturer orsakade av kadmiumintag via maten

Best.nr. 511 071
Sundbyberg, oktober 2012
Utgivare: Kemikalieinspektionen©
Beställningsadress: CM Gruppen, Box 11063, 161 11 Bromma
Tel: 08-5059 33 35, fax 08-5059 33 99, e-post: kemi@cm.se
Rapporten finns som nedladdningsbar pdf på www.kemikalieinspektionen.se

Förord

Kemikalieinspektionen har på uppdrag av regeringen tagit fram en handlingsplan för en giftfri vardag Handlingsplan för en giftfri vardag 2011– 2014 – Skydda barnen bättre. Insatser sker nu på flera områden både nationellt, inom EU och internationellt och ofta i samarbete med andra myndigheter.

Att minska kemiska risker i vardagen är ett steg på vägen att nå riksdagens miljökvalitetsmål Giftfri miljö – det mål Kemikalieinspektionen ansvarar för.

Inom ramen för handlingsplanen tar KemI fram kunskapssammanställningar, som publiceras i KemI:s rapport respektive PM-serie. Bakom publikationerna står egna medarbetare, forskare eller konsulter. KemI vill på detta sätt dela med sig av ny och angelägen kunskap.

Publikationerna, som är kostnadsfria, finns på webbplatsen www.kemikalieinspektionen.se

Huvuddelen av studien har, på uppdrag av Kemikalieinspektionen, tagits fram av Jenny von Bahr, samhällsekonom, WSP Analys & Strategi (Jenny von Bahr är sedan 1/5 2012 anställd vid Kemikalieinspektionen). Dessutom har Agneta Åkesson, docent Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet haft i uppdrag av Kemikalieinspektionen att bidra med miljömedicinska och epidemiologiska aspekter samt genomfört vissa kompletterande beräkningar tillsammans med Annette Engström, Laura Thomas och Bettina Julin, Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet. Kemikalieinspektionens Sekretariat Strategier och styrmedel har varit ansvarigt för projektet. Lars Drake, vetenskaplig rådgivare på Kemikalieinspektionen har varit projektledare.

Förhoppningen är att denna studie ska bidra till en ökad förståelse och diskussion om samhällsekonomiska kostnader kopplade till kemikalier.

Kemikalieinspektionen

Innehåll

Sammanfattning	9
Summary	11
1 Inledning.....	13
2 Syfte	13
3 Metod	13
3.1 Avgränsningar och antaganden	14
4 Bakgrund	15
4.1 Benskörhet och frakturer i Sverige.....	15
4.1.1 Hög frekvens av frakturer i Sverige.....	15
4.1.2 Riskfaktorer för benskörhet	15
4.1.3 Riskfaktorer för frakturer	16
4.1.4 Vem drabbas av benskörhet?	16
4.2 Kadmiumflöden	17
4.2.1 Kadmiums hälsoeffekter.....	17
4.2.2 Kadmiumupptag	19
4.2.3 Gränsvärden och tolerabelt veckointag	19
4.2.4 Kadmium i livsmedel	19
4.2.5 Rökning och kadmium.....	22
4.2.6 Kadmiumhalter i naturen och åkermark	22
4.2.7 Tillförsel av kadmium	23
4.2.8 Kadmium i gödsel.....	23
4.2.9 Kadmium i varor och produkter.....	24
4.2.10 Historiska kadmiumnivåer och ekonomiska styrmedel	24
4.3 Hälsoekonomi	25
4.3.1 Kvalitetsjusterade levnadsår, QALY	25
4.3.2 Betalningsviljan för ett kvalitetsjusterat levnadsår	26
4.3.3 Kvalitetsjusterade år och frakturer	26
4.4 Miljöekonomi	26
5 Referensstudie A1+A2. Samband mellan kadmium i mat och frakturer	28
5.1 Hur kadmiumintag ökar kvinnors risk för frakturer	28
5.2 Hur kadmiumintag ökar mäns risk för frakturer	30
6 Referensstudie B. Samhällsekonomiska kostnaderna för frakturer	31
6.1 Frakturrelaterade vårdkostnader.....	31
7 Samhällsekonomiska kostnader för frakturer orsakade av kadmium	32
7.1 Kopplingen mellan kadmium i maten och frakturer.....	32
7.2 Samhällsekonomiska kostnader för frakturer som beror på kadmium i maten.....	33
7.3 Känslighetsanalys	34

8	Känslighetsanalys för lägre värde på ett QALY	34
8.1	Diskussion av resultaten	35
9	Slutsatser	36
10	Referenslista	37

Sammanfattning

Denna rapport bygger på resultaten från två nyligen publicerade medicinska rapporter samt en europeisk hälsoekonomisk studie. De förstnämnda visar bland annat att det finns ett statistiskt säkerställt samband mellan kadmiumintag via maten samt risken för att drabbas av en fraktur. Detta gäller både män och kvinnor. Den hälsoekonomiska studien visar att de samhällsekonomiska kostnaderna för frakturer uppgår till 39 miljarder kronor per år i Sverige.

Utifrån dessa studier och genom egna beräkningar har vi kommit fram till att den *samhälls-ekonomiska kostnaden för frakturer orsakade av höga kadmiumhalter i maten, grovt sett, uppgår till 4,2 miljarder kronor per år*. Kostnaderna utgörs dels av vårdkostnader för dessa personer på kort och på lång sikt, dels av kostnader för lägre livskvalitet och förkortad livslängd för de, oftast äldre, människor som drabbas av frakturer.

En viktig slutsats är därför att det finns stora samhällsvinster att hämta genom att sänka kadmiumintaget via maten. Omvänt gäller att ökade kadmiumintag i maten riskerar att öka de samhällsekonomiska kostnaderna för benbrott.

Summary

This report is based on the results of two recently published medical reports and a European health economic study. The two medical reports show, among other things, a statistically significant correlation between cadmium intake from food and the risk of suffering a fracture. This applies to both men and women. The health economic study shows that the socio-economic costs of fractures amount to 39 billion SEK per year in Sweden.

Based on these studies we have calculated that the socio-economic cost of fractures caused by high concentrations of cadmium in food amounts to approximately 4.2 billion SEK per year in Sweden. The costs are health care costs for these individuals in the short and long term and costs of lower quality of life and shortened life for those suffering from fractures, mostly the elderly.

An important conclusion is therefore that there are large social benefits to be gained by reducing cadmium intake through food. Reversely, increased intake of cadmium in food is likely to increase the socio-economic costs of fractures.

1 Inledning

Rapporten syftar till att i monetära termer beskriva effekterna av att människor exponeras för kadmium via maten, som ett resultat av att kadmium spridits i miljön och då särskilt på åkermark. Det blir därmed möjligt att jämföra en del av de kostnader som kadmium i mat medför med andra kostnader i samhället.

Att på detta sätt beräkna de *samhällsekonomiska kostnaderna* för miljöförorening är något som är relativt ovanligt inom kemikalieområdet. Det är däremot en vanlig metod inom till exempel de transportpolitiska och hälsoekonomiska områdena. Där används samhällsekonomiska kalkyler för att jämföra olika vägprojekt respektive olika mediciner och behandlingsmetoder med varandra för att underlätta prioritering mellan olika tänkbara alternativa projekt eller åtgärder.

Spridning av kemikalier till natur och människor är något som sker kontinuerligt över hela världen men som samtidigt är en relativt osynlig process som leder till gradvisa förändringar som är svåra för de flesta att ta till sig. Risken är därför att åtgärder för att bromsa denna förändring av människors livsmiljö prioriteras lågt i förhållande till åtgärder inom andra samhällsområden där effekterna är tydligare.

Vi hoppas därför att med denna rapport bidra till att tydliggöra hur stora ekonomiska effekter spridandet av kemikalier till naturen faktiskt har. Vi gör det genom att kombinera resultat från medicinsk och hälsoekonomisk forskning.

2 Syfte

Sverige hör till de länder i världen där risken att drabbas av frakturer – speciellt höftfrakturer – är som högst¹. Frakturer leder till ett stort lidande och höga vård- och omsorgskostnader för samhället². Samtidigt visar två nyligen publicerade studier att det finns ett samband mellan intag av kadmium via maten och risken för benskörhet och frakturer. En annan studie visar på att de samhällsekonomiska kostnaderna för frakturer är mycket höga i Sverige, 39 miljarder kronor per år och kostnaderna väntas stiga i takt med att befolkningen åldras. En okänd andel av dessa kostnader beror på högt kadmiumintag via maten. Denna rapport syftar därför till att beräkna hur stora de samhällsekonomiska kostnaderna för frakturer relaterade till höga kadmiumnivåer i maten är i Sverige.

Dessutom innebär rapporten ett test av möjligheten att genomföra samhällsekonomiska värderingsstudier inom kemikalieområdet.

3 Metod

Metoden för att skriva denna rapport har varit att använda och länka samman forskningsresultaten från medicinsk vetenskap med hälsoekonomisk vetenskap. Denna rapport grundar sig i huvudsak på andra rapporter, nämligen:

¹ Kanis et al, 2002.

² Borgström, 2007.

- Referensstudie A1. Engström A. (2011) *Cadmium As A Risk Factor For Osteoporosis And Fractures In Women*, , Akademisk avhandling Karolinska Institutet, som baseras på följande två publicerade artiklar:

1) Engström A, Michaëlsson K, Suwazono Y, Wolk A, Vahter M, Åkesson A. (2011) Long-term cadmium exposure and the association with bone mineral density and fractures in a population-based study among women. *J Bone Miner Res.* 26:486-95; 2011.

2) Engström A, Michaëlsson K, Vahter M, Julin B, Wolk A, Åkesson A. (2012) Associations between dietary cadmium exposure and bone mineral density and risk of osteoporosis and fractures among women. *Bone.* 50:1372-8.

- Referensstudie A2. Thomas, L DK, Michaëlsson K, Julin B, Wolk A and Åkesson A. (2011) Dietary Cadmium Exposure and fracture incidence Among Men: A population-Based Prospective Cohort Study, *J Bone Miner Res*, 7:1601-8, 2011.

- Referensstudie B. Ström O, Borgström F, Kanis J A, Compston J, Cooper C, McCloskey E V and Jönsson B (2011) Osteoporosis: burden, health care provision and opportunities in the EU, *Arch Osteoporos*, 1-2:59-155, 2011.

Utifrån Referensstudierna A1 och A2 har några av författarna på Karolinska Institutet beräknat hur stor andel av de studerade frakturerna som kan hänföras till förhöjda halter av kadmium i maten.

Referensstudie B ger oss den sammanlagda samhällsekonomiska kostnaden för frakturer. Genom att multiplicera andelen frakturer som härrör från förhöjt kadmiumintag med den totala samhällsekonomiska kostnaden för frakturer erhålls den samhällsekonomiska kostnaden från frakturer som härrör från kadmiumintag.

Utöver detta har en bred litteraturgenomgång genomförts.

3.1 Avgränsningar och antaganden

Endast samhällsekonomiska kostnader från ökad förekomst av frakturer studeras, inte kostnader av andra eventuella hälsoeffekter relaterade till kadmiumexponering.

Endast samhällsekonomiska kostnader kopplade kadmiumexponering via maten ingår, inte ökade kostnader till följd av exponering för kadmium via tobaksrökning. Här nedan anges de huvudantaganden som gjorts för beräkningarna i denna rapport. För de antaganden som gjorts i referensrapporterna hänvisas till dessa. Övriga antaganden redovisas under respektive avsnitt.

- Beräkningarna av samhällsekonomiska kostnader för frakturer avser personer från 50 år och uppåt.
- Studien korrigerar inte skillnader i undersökta åldersspann mellan de olika studierna ovan. Referensstudie B studerar de samhällsekonomiska kostnaderna för samtliga personer över 50 år medan studie A1 endast studerar frakturrisken för kvinnor i åldern 56 till 69 år och studie A2 omfattar män i åldern 45 till 79 år. Därför antar vi att ökningen av frakturrisken vid högre kadmiumintag inte påverkas av de något varierande åldersspannen.

- Beräkningarna bygger på antagandet att fördelningen mellan olika frakturer är tillräckligt likartade i de olika studierna för att resultaten ska gå att kombinera.
- Beräkningarna inkluderar personer som är eller har varit rökare.
- Studierna utgår från personer som inte tidigare har haft en fraktur. Detta innebär att en stor andel av de som har en hög frakturrisik utesluts från studierna, A1 och A2, vilket kan påverka resultaten.

4 Bakgrund

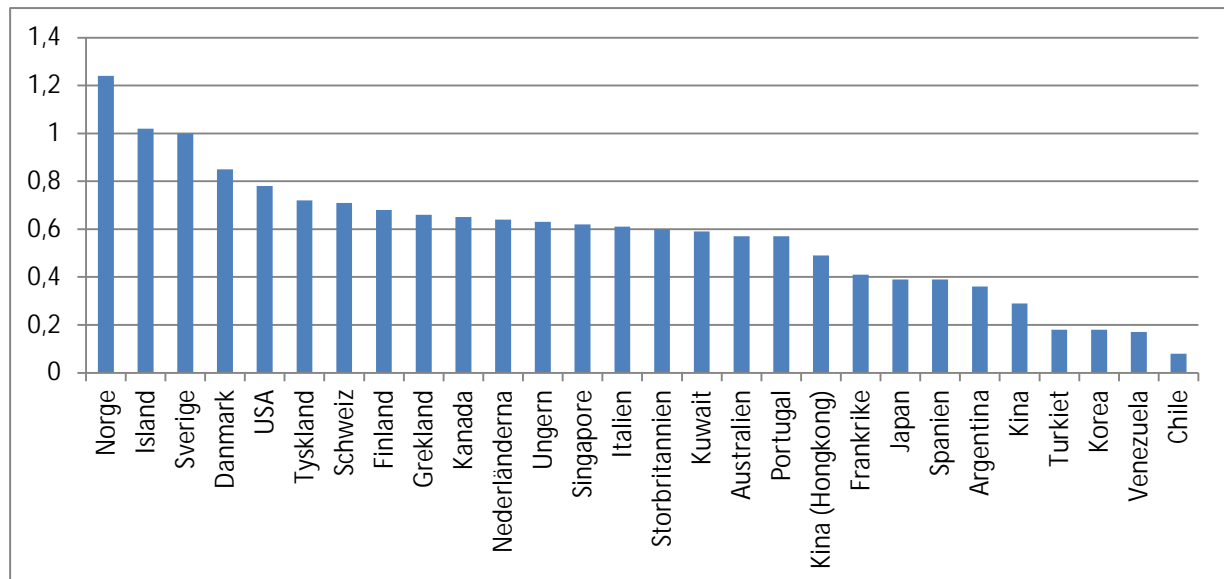
4.1 Benskörhet och frakturer i Sverige

I denna studie kommer vi främst att diskutera hur stor påverkan ett förhöjt kadmiumintag har på antalet frakturer. Därför ges här först en kort och allmän orientering i ämnet benskörhet och frakturer.

4.1.1 Hög frekvens av frakturer i Sverige

Förekomsten av frakturer är hög i Sverige, Norge och Island jämfört med övriga Europa³, se Figur 1. Orsaken till de stora geografiska skillnaderna är inte känd även om flera faktorer kan tänkas ha betydelse, en del av de faktorerna kommer diskuteras senare.

Figur 1. 10-årsrisken för höftfraktur bland kvinnor i Sverige jämfört med andra länder; risken i Sverige är satt till 1.¹



4.1.2 Riskfaktorer för benskörhet

Benskörhet, såsom begreppet är definierat av WHO, innebär att en individ har en låg bontäthet uppmätt med röntgen. Vanligen mäter man vid höft, ländrygg eller handled. Om bontätheten hos individen är lägre än 2,5 standardavvikelse under medelvärdet hos 20-åringar bedöms individen lida av benskörhet. Diagnosen benskörhet ger inga symtom i sig men

³ Kanis et al., 2002.

innebär en förhöjd risk för att individen inom en 10-årsperiod ska drabbas av en fraktur. Frakturrisken är i sig även starkt kopplad till flera andra riskfaktorer som beskrivs närmare i nästa stycke.

4.1.3 Riskfaktorer för frakturer

Frakturer beror på en mängd olika orsaker och kadmiumexponering kan utgöra en riskfaktor. I Statens Beredning för Medicinsk Utvärdering, SBU:s stora genomgång av riskfaktorer och preventivmedicin för frakturer, både benskörhetsrelaterade och icke-benskörhetsrelaterade frakturer⁴, konstateras att till de viktiga riskfaktorerna hör:

- ***hög ålder***
- ***låg bentäthet***
- ***kvinnligt kön***
- fysisk inaktivitet
- låg vikt (egentligen lågt BMI, *Body Mass Index*)
- ***tobaksrökning***
- hög alkoholkonsumtion
- neurologisk fallbenägenhet (yrsel mm)
- nedsatt syn
- ***låg solexponering***
- kortisonbehandling
- genetiska faktorer (d v s om har föräldrarna varit frakturdrabbade)
- tidigare fallskador
- andra sjukdomstillstånd

De riskfaktorer som listats i fet, kursiv stil anses vara evidensbaserat knutna till benskörhet. I amerikanska studier betonas även att etnicitet kan vara en viktig faktor till förhöjd frakturrisik.

4.1.4 Vem drabbas av benskörhet?

Benskörhet och frakturer är framförallt något som drabbar äldre kvinnor⁵. Bland kvinnor över 84 år lider över hälften av benskörhet och därmed en ökad risk att råka ut för frakturer. I samband med klimakteriet minskar mängden kvinnligt könshormon, östrogen. Östrogen har många funktioner, bland annat bidrar hormonet till att benmassan bibehålls. När östrogenproduktionen minskar ökar nedbrytningen av benmassa; benmassan minskar som mest under de första åren efter att menstruationen har upphört.

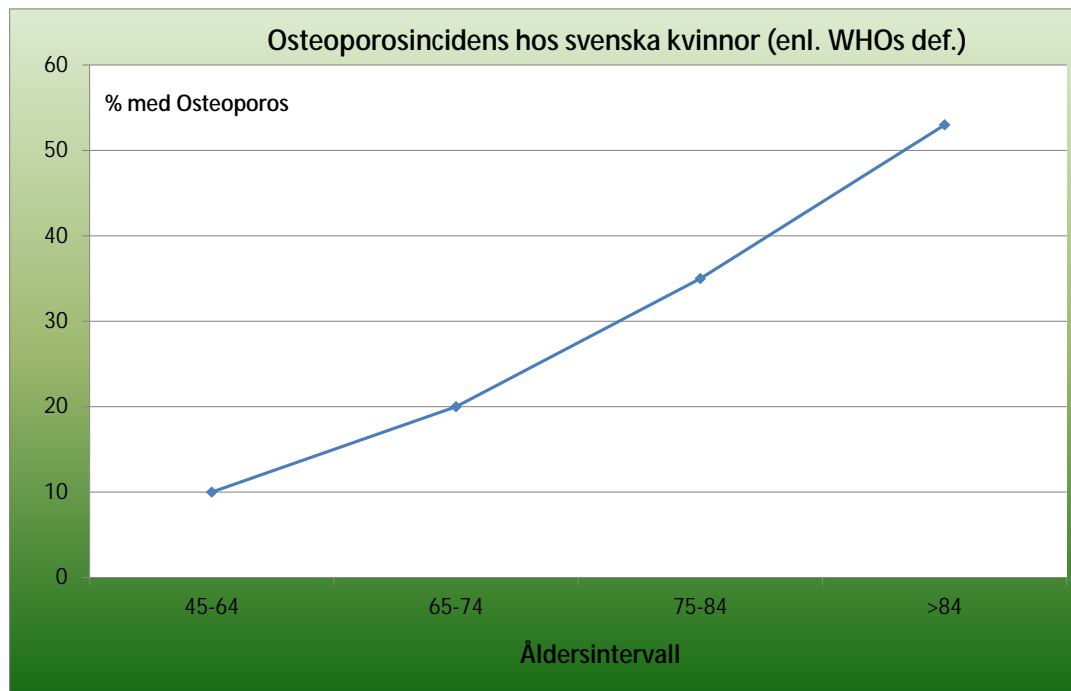
Kvinnor med högre andel kroppsfett tycks ha ett visst skydd mot benskörhet. Det beror på att kvinnor även efter klimakteriet kan tillverka ett östrogen hormon av det manliga hormonet androstendion. Detta sker i kroppens fettväv. En liten och tunn kroppsbyggnad kan således ge en ökad risk för benskörhet och även ett mindre skydd vid fall.

⁴ SBU, 2003

⁵ SBU, 2003

Figur 2 nedan visar hur andelen kvinnor som lider av benskörhet ökar med åldern.

Figur 2. Förekomst av benskörhet i Sverige, andelen kvinnor med benskörhet i olika åldrar. Enligt WHO's definition med $T\text{-score} < -2,5 SD$.⁶



4.2 Kadmiumflöden

4.2.1 Kadmiums hälsoeffekter

Det är sedan länge klarlagt att mycket hög exponering för kadmium kan leda till multipla frakturer: sjukdomen "Itai-itai" som karakteriserades av njurskada, minskad benmineralisering och benskörhet⁷. Ett femtontal vetenskapliga studier, huvudsakligen från Sverige, Belgien och USA, har sedan dess studerat samband mellan betydligt lägre kadmiumexponering och bentäthet och/eller benskörhet. Merparten av dessa studier visar på samband mellan kadmiumexponering – även vid de förhållandevis låga nivåer som föreligger i den allmänna befolkningen – och minskad bentäthet samt ökad risk för benskörhet. I fyra av dessa studier har emellertid inget statistiskt säkerställt samband mellan kadmium och låg bentäthet kunnat påvisas, vilket medför en viss osäkerhet i tolkningen. Vid närmare granskning av dessa fyra studier förefaller det som att sambandet inte kunnat påvisas på grund av antingen en för liten studiepopulation och, möjligen, för unga personer i urvalet eller en överjustering i de statistiska analyserna. Dessa studier kan därför inte anses tala emot ett samband.

Trots att ett samband mellan låg bentäthet/benskörhet och förhöjd frakturrisik är väletablerat, utgör de studier som påvisar direkt samband mellan kadmiumexponering och ökad risk för frakturer en viktig pusselbit och ett starkt stöd för att kadmiumexponering är kopplat till en påtaglig påverkan på folkhälsan⁸.

⁶⁶ Borgström et al., 2006

⁷ (Nordberg et al. 2007).

⁸ (Staessen et al. 1999; Wang et al. 2003; Alfvén et al. 2004; Engström et al. 2011; Engström et al. 2012; Thomas et al. 2011)

Följande problemställningar måste beaktas angående de aktuella referensstudier som beräkningarna i denna rapport bygger på:

1) Kan resultaten bero på skensamband, det vill säga att sambanden inte beskriver ett orsakssamband? De flesta studier som påvisat samband mellan kadmium och effekterna på ben har mätt kadmiumhalten i urin som ger ett integrerat mått på mer än ett decenniums exponering för metallen. Frågan är om det kan finnas någon annan faktor som samvarierar med kadmiumhalten i urin och som orsakar benskörhet? Två studier, varav en med mycket hög och en med betydligt lägre kadmiumexponering, har dock påvisat samband mellan kadmiumhalten i blod och minskad bentäthet⁹ – kadmium i blod speglar både nylig och längre tids exponering. Vidare har några prospektiva studier som påvisat samband mellan kadmium och benefekter använt en uppskattning av kadmiumintaget via maten genom att kombinera data från frågeformulär om individuella matvanor med data om kadmiuminnehållet i olika livsmedel¹⁰ eller uppmätt kadmiumhalt i jord eller i grönsaker odlade i deltagarnas trädgårdar¹¹. Trots att risken för felklassificering av exponering (kadmiumintaget) är betydligt större vid användning av kostenkäter och kadmiuminnehåll i livsmedel än vid mätning av kadmiumhalter i urin och blod, visar studierna signifikanta samband mellan uppskattat kadmiumintag och ökad frakturrisk. Dessutom erhöles påfallande lika resultat när kadmiumhalten i urin användes istället för uppskattad exponeringen via kostintaget i samma kvinnor.

Sammantaget är det låg sannolikhet att sambandet mellan kadmiumexponering och effekter på ben i den allmänna befolkningen är ett skensamband eftersom det har observerats med tre helt skilda metoder för exponeringsmätning (urin, blod samt uppskattat intag via maten). Även om mekanismen bakom kadmiums effekt på ben inte är helt klarlagd, stöder experimentella data ett orsakssamband.

Rökning är en så kallad förväxlingsfaktor som skulle kunna störa resultaten eftersom tobaksrök innehåller både kadmium och flera andra ämnen som kan påverka bentätheten eller frakturrisken. Några studier har dock hittat ett signifikant samband mellan urinkadmiumhalt eller kadmiumintaget via mat och minskad bentäthet eller frakturrisk hos personer som aldrig har rökt¹². Två av dessa visar till och med ett starkare samband för gruppen aldrig-rökare än för rökare eller hela gruppen¹³. Detta skulle kunna förklaras med att rökningen gör biomarkörerna osäkrare som långsiktiga markörer. Fynden stärker tesen att kadmiums påverkan på skelettet är oberoende av tobaksrökande.

2) Vid vilken exponeringsnivå uppstår skelettpåverkan? För närvarande saknas en så kallad metaanalys, dvs. en sammanvägd analys, som om den baseras på välgjorda benefektstudier kan ge ett säkrare mått på sambandet/riskökningen. En sådan analys kan sedan användas för att tydliggöra vid vilken exponeringsnivå som effekterna på skelettet börjar uppstå. Referensstudierna (A1 and A2) tillhör de studier som indikerar samband mellan kadmiumexponering och benskörhet/frakturer vid den lägsta exponeringsnivån. Den höga kvalitén på både kadmiumanalyser och bentäthetsmätning (A1) liksom ett stort antal individer och därmed hög statistisk styrka (A1 och A2) i studierna bidrar sannolikt till detta.

⁹ (Alfven et al. 2002)

¹⁰ (Baserat på svenska data; Thomas et al. 2011; Engström et al. 2012)

¹¹ (i Belgien; Staessen et al. 1999)

¹² (Åkesson et al. 2006; Thomas et al. 2011; Engström et al. 2011; Engström et al. 2012)

¹³ (Thomas et al., 2011; Engström et al, 2012).

4.2.2 Kadmiumupptag

Den främsta exponeringsvägen för kadmium för den svenska befolkningen är via livsmedel, den näst största genom rökning. Vid hög och långvarig rökning kan det kadmium som kommer från tobaksröken utgöra hälften av den totala kadmiumbelastningen i njurarna. Upptaget via maten av kadmium i tarmen påverkas av i vilken form kadmium förekommer i maten och hur maten är sammansatt.

Det finns även stora individuella variationer, bland annat beroende på individens järnstatus; personer med järnbrist har visat sig ta upp kadmium mer effektivt. Av det kadmium människor får i sig via maten tas vanligen bara några få procent upp, men upptaget kan variera med upp till ca 10 procent vid järnbrist. Även gravida och nyfödda och småbarn kan ha ett högre upptag av kadmium i tarmen. Kvinnor i fertil ålder löper stor risk att drabbas av järnbrist medan tillståndet är ovanligt hos män. Studier i Sverige har visat att förekomsten av järnbrist kan vara hög: 30 procent hos kvinnor i barnafödande ålder, men även högre förekomst (50 procent) har visats hos yngre (15 till 16-åringar). Andelen med järnbrist bland 6 månaders spädbarn var sex procent^{14 15}. Små barn har troligen ett högre upptag av kadmium i tarmen än vuxna. Kadmium som tas upp av tarmen ansamlas framför allt i njurarna. Halveringstiden för kadmium är 10-30 år, vilket innebär att halten i njuren ökar med åldern. Kadmiumhalten mätt i urin speglar njurhalten vilket anses vara ett bra mått på den totala kroppsbelastningen. Koncentrationen av kadmium i blodet avspeglar i högre utsträckning den närtida exponeringen.

4.2.3 Gränsvärden och tolerabelt veckointag

Den Europeiska Livsmedelsmyndigheten EFSA:s expertgrupp för toxikologi, CONTAM, har efter en ny riskbedömning av kadmium kommit fram till ett tolerabelt veckointag (TWI) på 2,5 µg Cd/kg kroppsvikt, baserat på kadmiums negativa effekter på njure¹⁶. CONTAM kom i sin bedömning fram till att kadmiumbelastningen på njuren inte bör överstiga kadmiumhalter i urin över 1 µg Cd/g kreatinin. Vetenskapliga fynd publicerade sedan dess talar för att även kadmiumhalter i urin som inte överstiger 1 µg Cd/g kreatinin visar samband med ökad risk för benskörhet och frakturer.¹⁷

4.2.4 Kadmium i livsmedel

Den främsta exponeringsvägen för kadmium är via maten och de livsmedel som ger det största bidraget till kadmiumintaget i Sverige är spannmål i bröd (39 procent), grönsaker och rotfrukter (25 procent) och potatis (16 procent), se figur 3. Mycket av stapelmaten utgörs av dessa livsmedel samtidigt som intaget av fullkornsprodukter, grönsaker och rotfrukter bör öka enligt kostrekommendationerna.

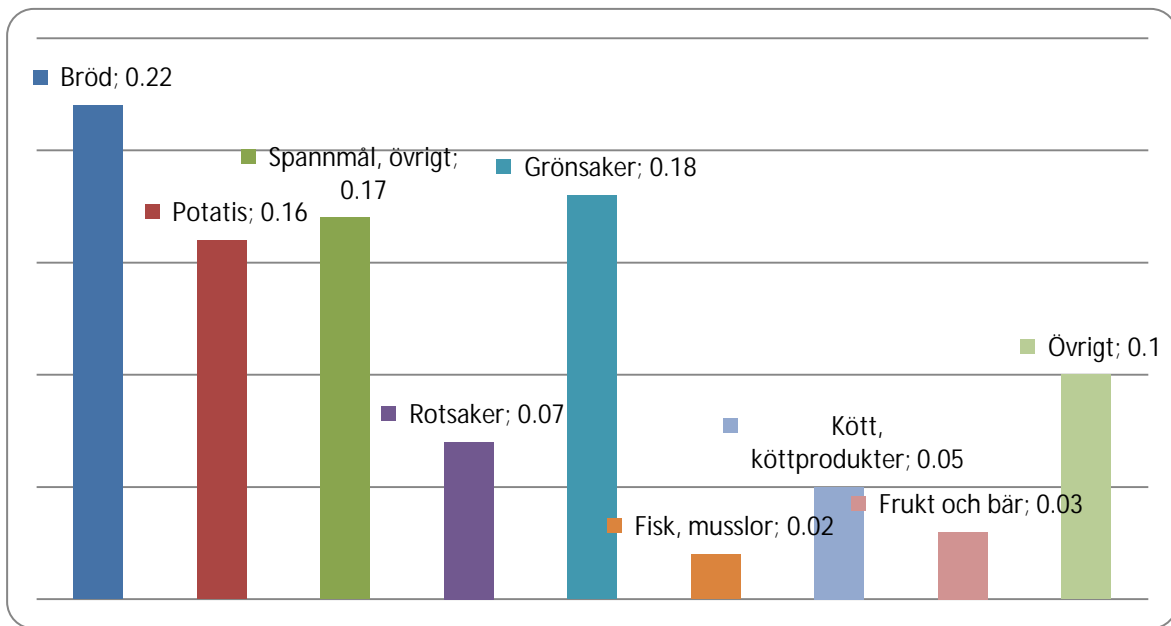
¹⁴ Hallberg et al., 1989

¹⁵ Hallberg & Hulthén, 1992.

¹⁶ EFSA, 2009

¹⁷ Engström 2011, Gallagher, 2004

Figur 3. Andel av kadmiumintag från olika livsmedel, kvinnor 49-79 år, år 1997.¹⁸



Höga halter av kadmium återfinns i lever och njure, skaldjur och vissa nötter och frön. Eftersom dessa födoämnen vanligtvis inte konsumeras i hög utsträckning eller i stora mängder blir dock dess bidrag till det genomsnittliga intaget mindre, vilket inte utesluter att vissa grupper kan ha hög exponeringen från dessa livsmedel. Ägg, mjölk och ost innehåller vanligen låga halter av kadmium.¹⁹

I tabellerna 1 och 2 visas genomsnittliga kadmiumhalter i ett urval av livsmedel. Av statistiken går det att läsa ut att personer som i högre utsträckning äter vegetabilisk kost (veganer och vegetarianer) har ett högre kadmiumintag än normalbefolkningen.

¹⁸ Julin, 2012.

¹⁹ EFSA, 2009

Tabell 1. Kadmiumhalter i livsmedel som analyserats av Livsmedelsverket²⁰.

Typ av livsmedel	År	Antal prover	Medelhalt kadmium, mg/kg färskvikt	EFSA- eller andra EU-gränsvärden ²¹ , mg/kg färskvikt
Mjök	1998	20	<0,001	
Ost	1995	23	0,002	
Frukt och grönsaker	1996-97 2000-2002	146	0,018	0,05
Spannmålsprodukter	1997-01	113	0,042	0,1 (0,2 för vete)
Kött	1994-97	344	0,007	0,05
Lever och njure	1994-99	460	2,56	0,5-1,0
Fisk	1993, 2001	75	0,017	0,1
Ägg	1998	5	<0,0007	
Potatis	2000	75	0,010	0,1 (för skalad potatis)

²⁰ Fritt efter KemI, 2011

²¹ EG, 2006

Tabell 2. Kadmiumhalter i livsmedelsprover analyserade av Livsmedelsverket 1995-2008²².

Typ av Livsmedel	År	Medelhalt kadmium, mg/kg färskvikt		
		Alla	Svenska	Import
Charkprodukter	1995	0,011	0,008	0,013
Fiskfilé exkl. ål	2001/2005	0,002	0,002	0,006
Ål	2001/2005	0,009	0,001	0,019
Ost	1995	0,002	0,001	0,002
Vete-, spelt- och risprodukter	2005/2007-2008	0,037	0,050	0,021
Pasta	1998	0,041	0,041	0,041
Rotgrönsaker exkl. potatis	2005/2007-2008	-	0,016	-
Potatis	2005/2007-2008	-	0,019	-
Spenat	2005	-	0,143	-

4.2.5 Rökning och kadmium

Efter livsmedel är rökning den främsta exponeringsvägen för kadmium för den svenska befolkningen. Tobaksplantan tar upp kadmium i hög utsträckning och när bladen sedan torkas och raffinerats till olika tobaksprodukter ökar kadmiumhalten i produkten (då vatteninnehållet minskar). Rökaren exponeras för kadmiumet via lungorna där upptagskinetiken är annorlunda än vid absorption via tarmen; kadmium tas upp till cirka 50 procent i luftvägarna²³. Detta gör att en person som röker 15 till 20 cigaretter per dag har en kroppsbelastning av kadmium som är ungefär dubbelt så hög som för icke-rökare. Metastudier har påvisat att rökning *de facto* kan kopplas till lägre BMD och därmed ökad frakturrisik²⁴.

4.2.6 Kadmiumhalter i naturen och åkermark

Kadmium återfinns i ytvatten, grundvatten, luft och åkerjord i Sverige eftersom det förekommer naturligt i jordskorpan. Medelhalten av kadmium i jord anses vara 0,23 mg/kg torrs substans²⁵, men varierar mellan 0,08-0,5 mg/kg torrs substans²⁶. Kadmium i miljön kan antingen vara rörligt och därmed biotillgängligt, eller föreligga i fast form. Det som styr

²² Fritt efter KemI, 2011

²³ WHO-ICPS, 1992

²⁴ Law & Bradshaw, 1997

²⁵ Eriksson et al., 1997.

²⁶ McBride, 1994

graden av biotillgänglighet för kadmium är vattnets eller markens pH^{27 28}. Ju lägre pH-värdet i marken är, det vill säga ju surare marken är, desto rörligare och mer vattenlösligt blir kadmium. Vidare tas lättlösligt kadmium upp av alla gröna växter i sura jordar. Kadmiumhalterna i svensk åkermark är vanligen något lägre än i många Europeiska länder. Trots det är halterna av kadmium i livsmedel inte lägre i svenskodlade livsmedel jämfört med importerade livsmedel. Det beror på att Sverige har surare jordar och mjukare vatten jämfört med många andra Europeiska länder. I svenska jordar är pH cirka en pH-enhet lägre än i Centraleuropa; cirka 70 procent av den odlade marken i Sverige har ett pH-värde mindre än 6,5 vilket är gränsen för när jordarna bör underhållskalkas och cirka 30 procent av jordarna har ett pH på 6,0 eller lägre²⁹. Halterna av kadmium i vete är också jämförbara mellan Sverige och många andra europeiska länder. Dessa förhållanden indikerar att upptaget av kadmium från jord till gröda kan vara något högre i Sverige än i Centraleuropa³⁰.

4.2.7 Tillförsel av kadmium

De främsta källorna för tillförsel av kadmium till den svenska jordbruksmarken är atmosfäriskt nedfall och olika typer av gödsel i jordbruket. Det atmosfäriska nedfallet härrör från förbränningen av fossila bränslen och biobränslen samt från industri³¹. Inte sällan har det kadmium som når Sverige via atmosfärisk deposition, regn och snö, ett ursprung från Centraleuropa. Dessutom föreligger punktutsläpp av kadmium, framförallt till luft i Sverige från metall-, pappers- och träfiberindustri samt från energisektorn. Historiskt har användningen av mineralkonstgödsel svarat för den största spridningen av kadmium till den svenska miljön medan atmosfäriskt nedfall numera ger den största tillförseln av kadmium³².

Av en studie³³ av kadmiumnedfallet i Uppsalatrakten framgår att 87 procent av kadmiumtillförseln på åkrar som gödslades med mineralgödsel kom från luftburet kadmium, medan den utgjorde 56 till 71 procent i marker som gödslades med stallgödsel och 37 till 59 procent i slamgödslade åkrar.

4.2.8 Kadmium i gödsel

Det kadmium som tillförs åkermarken via gödselgivor riskerar att dels tas upp i de växter och livsmedel som odlas på åkermarken, dels lakas ut med nederbörd och därmed nå grundvattnet eller föras vidare till sjöar och vattendrag.

Mineralgödselmedel tillverkas vanligen av råfosfat eller mineralen apatit; kadmiuminnehållet i mineralkonstgödsel varierar beroende på råvaran. Apatit ifrån Kolahalvön har en mycket låg kadmiumhalt (0,3 mg Cd / kg P₂O₅) medan råfosfat från Taiba i Senegal innehåller halter kring 200 mg Cd / kg P₂O₅ halter kadmium, för att ge några exempel^{34 35}. Halten av kadmium i mineralgödsel varierar således med en faktor tusen.

²⁷ He och Singh, 1993

²⁸ Eriksson 1989

²⁹ Eriksson et al., 1997

³⁰ Kemi, 2011, bilaga 4.

³¹ Anderson, 1992

³² Eriksson, 2009

³³ Eriksson, 2009

³⁴ Hyltén-Cavallius, 2010

³⁵ European Commission, 2000.

4.2.9 Kadmium i varor och produkter

Vad gäller kadmium i varor och produkter, som i slutet av sin livscykel riskerar att bidra till ytterligare kadmiumläckage, var användningen mycket stor fram tills regleringar i slutet av 1970-talet förbjöd eller begränsade ämnet i de flesta produkter, framförallt ytbehandlade stålartiklar³⁶. Kadmium får dock fortfarande användas i nickelkadmiumbatterier för vissa ändamål³⁷ och som färgpigment i konstnärs- och hobbyfärger³⁸. Elektronikprodukter som importerats till Sverige kan innehålla kadmium. Vanligen gäller högst 0,01 viktsprocent i homogena material, dock finns undantag som regleras i EUs RoHS-direktiv³⁹.

4.2.10 Historiska kadmiumnivåer och ekonomiska styrmedel

Halterna av kadmium i svensk åkermark beräknas ha ökat med cirka 33 procent de senaste 100 åren⁴⁰. Det innebär att den historiska kadmiumnivån uppgår till 75 procent av dagens nivå.

Det största bidraget till ökningen, cirka 55 procent, har över tid varit bruket av mineralgödsel. De senaste tio åren har istället atmosfärisk deposition av kadmium kommit att bli en större bidragande faktor till kadmiumhalterna i svensk åkerjord. Metallen ingår som en förorening i det fosfat som används för framställning av konstgödsel. Genom att minska halten kadmium i fosforgödning har mängden kadmium som tillförs åkermarken minskat kraftigt med 54 procent sedan växtsäsongen 2001/2002. Försäljningen av fosfatgödselmedel har under samma tid minskat med 17 procent⁴¹.

De mineralkonstgödseltyperna som kommit att dominera i svenskt jordbruk (NPK- och NP-gödsel) har numera ett mycket lågt kadmiuminnehåll. Halterna har sjunkit från 25 mg⁴² kadmium per kilo fosfor till i genomsnitt 5 mg kadmium per kilo fosfor⁴³ idag. En bidragande orsak var den miljöavgift på fosfor i konstgödsel som infördes 1988 och gjordes om till den skatt på kadmiuminnehållet i konstgödsel som infördes 1995 och som gällde fram till och med 2009. Skattesatsen var 30 kr för varje gram kadmium/ton fosfor som översteg 5 gram Cd/ton P.

Mineralgödsel får inte säljas i Sverige om kadmiuminnehållet är högre än 100 gram Cd/ton P. Inom EU finns ännu inget harmoniserat gränsvärde för kadmium i mineralgödsel men halten i de flesta produkter ligger mellan 50-210 gram kadmium/ton P.

Ytterligare faktorer som påverkar halterna i av kadmium i svensk åkerjord (och därigenom halterna i svenska grödor) är bruket av stallgödsel samt rötat eller kalkat slam som gödselgiva på åkermarken. Halterna av kadmium i stallgödsel (7-17 gram Cd/ton P)⁴⁴, där importerat foder kan bidra, är vanligen högre än i de mineralgödselprodukter som används.

I rötat/kalkat avloppsslam ifrån avloppsreningsverk har kadmiumhalterna legat på cirka 30 mg Cd/ton P men dessa halter minskar över tiden. För att få kvalitetscertifiera sitt produ-

³⁶ KemI, 1998

³⁷ Naturvårdsverket, 2007

³⁸ Weiss, 2006

³⁹ EG, 2002

⁴⁰ Andersson, 1992

⁴¹ SCB, 2011

⁴² Statens offentliga utredningar (SOU), 2003.

⁴³ Eriksson, 2009.

⁴⁴ Steinbeck et al, 1999.

cerade avloppsslam enligt de så kallade ReVAQ-kriterierna får slammet innehålla högst 35 mg Cd/ton P och målet är att detta gränsvärde skall sänkas till 17 mg Cd/ton P till år 2025. Vidare har Naturvårdsverket föreslagit ett gränsvärde om 45 mg Cd/ton P som den högsta kadmiumhalten vid vilken slammet kan användas som gödsel. I tabell 3 nedan redovisas aktuella försäljningsdata för gödselmedel i Sverige.

I dagsläget uppskattas 10-15 procent av den svenska åkerjorden gödglas med rötat ReVAQ-certifierat avloppsslam. På samma sätt som för mineralgödsel får inte alla jordar gödglas med slam. Fosforrika jordar får endast gödglas med en giva motsvarande 22 kg P/ha och år.

Tabell 3. Försäljning av gödselmedel i ton, 2009/10 ⁴⁵

Gödselmedel	Försåld mängd i form av ton fosfor (P) år 2009/10
P (Tillför fosfor)	100
NP (Tillför kväve och fosfor)	1300
PK (Tillför fosfor och kalium)	700
NPK (Tillför kväve, fosfor och kalium)	7700
Summa	9 800

4.3 Hälsoekonomi

Inom hälsoekonomin analyseras kostnader och nyttor inom hälso- och sjukvårdsområdet både med allmän ekonomisk metodik och med metoder specifikt utvecklade för området.

Syftet med hälsoekonomi är att skatta de effekter och kostnader, som exempelvis införandet av ett nytt läkemedel antas leda till. Men beräkningarna kan även avse kostnader och effekter som en specifik sjukdom orsakar samhället. Med effekter menas i detta sammanhang vanligen antal levnadsår eller kvalitetsjusterade levnadsår.

En hälsoekonomisk analys kan också inkludera så kallade indirekta kostnader som exempelvis produktionsbortfall eller kostnaden som uppstår när anhöriga vårdar den sjuke i hemmet.

4.3.1 Kvalitetsjusterade levnadsår, QALY

Med levnadsår avses hur många levnadsår en viss behandling, medicin eller sjukdom lägger till eller förkortar människors liv med. Hälso- och sjukvården syftar inte endast till att förlänga människors liv utan att i första hand förlänga de år i en människas liv som människan är frisk och vid god hälsa. Därför används begreppet *kvalitetsjusterade levnadsår, QALY*, efter engelskans *Quality-Adjusted Life Years*. Kvalitetsjusterade levnadsår är ett mått med vilket man kan väga olika medicinska insatser mot varandra. En fullt frisk person anses ha värdet 1 och en död har värdet 0. Ett år i full hälsa motsvarar 1 QALY. QALY kan räknas ut genom att patienten skattar sin hälsa på en skala eller att detta görs av en behandlande läkare.

⁴⁵ Jordbruksverket, 2011.

4.3.2 Betalningsviljan för ett kvalitetsjusterat levnadsår

För att beräkna den samhällsekonomiska nyttan av ett kvalitetsjusterat levnadsår undersöks betalningsviljan, WTP, (*willingness-to-pay*). Med detta avses individernas betalningsvilja för att en person får leva ytterligare år som helt frisk eller exempelvis ytterligare två år med en hälsa som skattats till 0,5. I denna studie antas att betalningsviljan för ett kvalitetsjusterat levnadsår ligger kring 600 000 kronor. Detta antagande diskuteras längre fram och ett alternativt värde används i en känslighetsanalys.

4.3.3 Kvalitetsjusterade år och frakturer

Frakturer orsakar stora hälsoekonomiska kostnader. Dels i form av direkta kostnader för exempelvis behandlingen av frakturen och dels i form av ökad dödlighet och sämre hälsa vilket leder till färre kvalitetsjusterade levnadsår. För många äldre (och deras anhöriga) är till exempel höftledsfrakturer kopplade till stort lidande, lång och osäker rehabilitering och även inskränkt möjlighet att leva ett fritt, oberoende liv som äldre.

4.4 Miljöekonomi⁴⁶

Miljöekonomi handlar om samspelet mellan samhällsekonomi och miljö, och om att hushålla med begränsade resurser. Miljöekonomi går bland annat ut på att inkludera miljöeffekter i samhällsekonomiska beräkningar vilka annars inte skulle ta hänsyn till dessa effekter.

Miljöekonomiska studier tydliggör miljöns värde för samhälle, näringsliv och individer. Miljövärdering och samhällsekonomiska konsekvensanalyser utgör exempel på viktiga redskap för att bidra till att fatta rätt beslut inom miljöpolitiken. Ekonomiska styrmedel är sin tur ett viktigt redskap för att genomföra miljöpolitiken.

En förklaring till varför miljöproblem i form av utsläpp uppkommer är att priset för att förorena miljön genom utsläpp inte återspeglar den samhällsekonomiska kostnaden. Ofta kostar det ingenting att förorena miljön. Följaktligen blir det ekonomiskt lönsamt att fortsätta förorena. Detta brukar kallas för marknadsmisslyckanden och kan förklaras av att påverkan på miljön ofta leder till externa effekter (som inte marknadens aktörer behöver ta ansvar för) och att miljövaror ofta är kollektiva varor (icke avgränsbara och/eller icke delbara). Det vill säga den som förorenar miljön drabbas visserligen till viss del av sina egna föroreningar men den totala kostnaden för hur samtliga individer drabbas av föroreningen utgör summan av alla individers upplevda kostnad för föroreningen.

Externa effekter

Externa effekter är effekter av ett val som en individ eller ett företag gör men som inte direkt påverkar individen eller företaget. Samtidigt har de en påverkan på samhällets välfärd. Externa effekter uppkommer till exempel när en persons konsumtion påverkar en annan individs nytta, eller när ett företags produktion påverkar ett annat företags produktionsmöjligheter utan tillåtelse eller kompensation.

Exempel på en negativ extern effekt kan vara när utsläpp från ett företag försämrar produktionsvillkoren för ett annat företag. Problemet uppstår när den som orsakar den externa

⁴⁶ Fritt efter Naturvårdsverket, 2011.

effekten bestämmer hur mycket som ska produceras och släppas ut utan hänsyn till vilken effekt detta har för andra, och därmed för samhället i stort.

I fallet med ett företags utsläpp så är företagets kostnader för produktionen lägre än den egentliga kostnaden för samhället av produktionen. Resultatet blir att företaget producerar mer och släpper ut mer föroreningar än vad som är samhällsekonomiskt optimalt.

Marknadsmislyckanden

Miljöekonomi handlar till stor del om att rätta till dessa marknadsmislyckanden. Detta innebär både att försöka beräkna den "rätta" nivån av produktion och konsumtion och att styra företag och privatpersoner mot att minska utsläppen till en hållbar nivå.

För att komma till rätta med de miljöproblem som uppkommer på grund av de ovan nämnda marknadsmislyckandena behöver marknaden styras. Staten görs till ställföreträdande ägare till miljövärden och ger dessa värden olika pris. Dessa priser ska återspegla den samhällsekonomiska nyttan eller kostnaden av att producera eller konsumera varan i fråga.

Kadmium i maten

I denna studie studerar vi de miljö- eller samhällsekonomiska kostnaderna som kadmium-exponering via maten orsakar samhället. Det kadmium som hamnar i maten kommer både från luftburna föroreningar och från det gödsel som används på våra åkrar. De luftburna föroreningarna utgör ett klassiskt exempel på en negativ extern miljöeffekt som förorenaren inte betalar för. Utsläppen härrör ofta från utländska förorenare. De som drabbas är konsumenterna av de grödor som produceras på åkrarna och lantbrukarna vars åkermark kan förlora i värde.

Eftersom konsumenterna inte har tillgång till någon information om hur hög kadmiumhalten är i ett enskilt livsmedelspaket blir det mycket svårt att välja bort livsmedel med höga halter av kadmium. Inte ens om det fanns sådan information att tillgå skulle det vara lätt för konsumenterna att undvika dessa livsmedel. Det finns redan ett stort antal parametrar att ta hänsyn till när man handlar mat såsom pris, fetthalt, näringsvärde, smak, kvalitet, eventuell ekologisk märkning med mera. Få konsumenter skulle ha tid och möjlighet att även ta hänsyn till en kadmiummärkning. Med andra ord utgör kadmium i maten en marknadsimperfection som drabbar konsumenterna av livsmedel.

Ekonomiska styrmedel för minskade kadmiumutsläpp

För att minska utsläpp av kväve, fosfor och bekämpningsmedel från jordbruket infördes år 1984 miljöavgifter på dessa ämnen^{47 48}. Avgiften på kväve motiverades med att kväve bidrar till övergödning. År 1995 ändrades avgiften på kväve till en skatt och avgiften på fosfor till en skatt på kadmiuminnehåll i fosforgödselmedel. Skatten uppgick till 1,80 kronor per helt kilogram kväve i handelsgödsel och 30 kronor per helt gram kadmium till den del som översteg 5 g Cd/ton P, om fosforhalten uppgick till minst två procent⁴⁹. Skattens andel motsvarade cirka 20 procent av priset på handelsgödsel. Huvuddelen av skatten utgjordes av kväveskatten. Handelsgödselskatten betalades in till Skattemyndigheten av grossisterna för

⁴⁷ Prop. 1983/84:176

⁴⁸ Prop.193/84:40

⁴⁹ SOU 2003:9

deras sammanlagda försäljning när varan levererades till kunden. En utredning tillsattes år 2001 med uppdrag att se över skattesatserna på handelsgödsel och bekämpningsmedel. Utredningen föreslog att skattesatsen på handelsgödsel skulle behållas på rådande nivåer med hänvisning till att man inte kunde förvänta sig en bättre styrningseffekt genom en höjd skatt. Från och med den 1 januari 2010 upphörde beskattningen av kadmium- och kväveinnehållet i handelsgödsel för att kompensera för den ökade skatteuppbörd som uppstod genom höjd koldioxidskatt och för att öka det svenska jordbrukets konkurrenskraft⁵⁰. Innan skatten slopades var Sverige i praktiken ensamt inom EU att tillämpa en generell skatt på handelsgödsel med avseende både på kväve- och kadmiuminnehåll.

5 Referensstudie A1+A2. Samband mellan kadmium i mat och frakturer

Studier av sambandet mellan kadmiumexponering och effekter på människors hälsa är ett relativt nytt forskningsområde. Det är först under 2011 som två mycket välgjorda studier påvisar samband mellan kadmiumintag i mat och ökat antal frakturer. Tidigare studier har visat på tydliga samband mellan kadmiumhalten i urin och förekomsten av benskörhet (lågt BMD i bentäthetsmätningar) och det är sedan länge känt att massiv exponering av kadmium leder till ett tillstånd som gett upphov till multipla frakturer, till exempel den så kallade Itai-Itai-sjuka (Toyama i Japan).

Inom den medicinsk-epidemiologiska forskningen anses ett samband inte klargjort förrän flera oberoende studier kan verifiera ett resultat. Inom samhällsekonomisk analys används bästa tillgängliga data. Vi utgår därför i denna samhällsekonomiska studie från två svenska populationsbaserade prospektiva studier som visar på ett tydligt samband mellan intag av kadmium i maten och ökat antal frakturer:

- Referensstudie A1. Engström A. (2011) *Cadmium As A Risk Factor For Osteoporosis And Fractures In Women*, , Akademisk avhandling Karolinska Institutet, Som baseras på följande två publicerade artiklar:

1) Engström A, Michaëlsson K, Suwazono Y, Wolk A, Vahter M, Åkesson A. (2011) Long-term cadmium exposure and the association with bone mineral density and fractures in a population-based study among women. *J Bone Miner Res.* 26:486-95; 2011.

2) Engström A, Michaëlsson K, Vahter M, Julin B, Wolk A, Åkesson A. (2012) Associations between dietary cadmium exposure and bone mineral density and risk of osteoporosis and fractures among women. *Bone.* 50:1372-8.

- Referensstudie A2. Thomas, L DK, Michaëlsson K, Julin B, Wolk A and Åkesson A. (2011) Dietary Cadmium Exposure and fracture incidence Among Men: A population-Based Prospective Cohort Study, *J Bone Miner Res.* 7:1601-8, 2011.

5.1 Hur kadmiumintag ökar kvinnors risk för frakturer

Här presenteras några centrala resultat från avhandlingen *Cadmium As A Risk Factor For Osteoporosis And Fractures In Women* (referensstudie A1). I avhandlingen studeras

⁵⁰ Prop. 2009/10:1

effekterna på benhälsan av låg långvarig kadmiumexponering i svenska kvinnor. Studien utgår från en populationsbaserad studie på cirka 2700 kvinnor i åldern 54 till 69 år. Kadmiumexponering bedömdes både genom mätningar av kadmium i urinen och genom att uppskatta intaget av kadmium via maten genom ett kostfrågeformulär kopplat till en databas med kadmiuminnehållet i livsmedel. Kadmiumhalten i urin utgör ett bra mått på det långsiktiga kadmiumintaget. Gruppen av kvinnor som studerades delades på mitten i två lika stora grupper, en grupp med lägre kadmiumexponering via maten och en grupp med högre kadmiumexponering via maten.

Tabell 4. Karaktäristiska (medelvärden) för de deltagande kvinnorna i Kvinnoriskfaktorstudien⁵¹

	<i>Grupp med lågt Cd intag (antal 1338)</i>	<i>Grupp med högt Cd intag (antal 1338)</i>
<i>Dagligt intag av kadmium (medel mikrogram/dag)</i>	<i>11</i>	<i>15</i>
<i>Ålder vid provtagning/ densitetsmätning av ben, år</i>	<i>64</i>	<i>64</i>
<i>Utbildning, > 9 år %</i>	<i>54</i>	<i>55</i>
<i>BMI, Body mass index, kg/m²</i>	<i>24</i>	<i>24</i>
<i>Någonsin ätit hormonersättning, %</i>	<i>59</i>	<i>61</i>
<i>Fysisk aktivitet, MET-timmar/dag</i>	<i>41</i>	<i>42</i>
<i>Har aldrig rökt, %</i>	<i>44</i>	<i>47</i>
<i>Alkoholkonsumtion, g alkohol/dag</i>	<i>6.8</i>	<i>5.8</i>
<i>Kalcium, intag mg per dag</i>	<i>1081</i>	<i>970</i>
<i>Magnesium, intag mg per dag</i>	<i>301</i>	<i>337</i>
<i>Järn, intag mg per dag</i>	<i>9.9</i>	<i>12</i>
<i>Fibrer, intag g per dag</i>	<i>19</i>	<i>24</i>

Som framgår av tabellen skiljer sig de listade faktorerna sig inte så mycket mellan de kvinnor som har ett högt intag av kadmium respektive ett lågt (Tabell 4). Generellt äter de med ett högt intag av kadmium något nyttigare mat än kvinnor med ett lägre intag eftersom kadmium ofta finns i nyttig mat som exempelvis fullkornsprodukter och grönsaker. Skattningarna som presenteras nedan och som ligger till grund för våra beräkningar har justerats med hjälp av

⁵¹ Engström, 2011

multivariabelanalys med avseende på ovanstående faktorer. Resultaten har också samkörts med resultaten från kopplingen mellan kadmiumhalterna i urin och risken för frakturer. De sammanlagda resultaten framgår av Tabell 5.

Tabell 5. Risk (oddskvot) för första fraktur hos kvinnor med högt kadmiumintag via maten (över medianen) jämfört med kvinnor med lågt intag (under medianen) under drygt 11 års uppföljning

	Kvinnor med lågt kadmiumintag	Kvinnor med högt kadmiumintag
Genomsnittligt intag av kadmium $\mu\text{g Cd/dag}$	11,0	15,0
Antalet frakturer	183	211
Oddsquot och 95 % konfidensintervall för fraktur där risken hos kvinnor med lågt intag är satt till 1.*	1.00 (referens)	1,31 (1,02 - 1,69)

* Multivariabeljusterad analys med hänsyn taget till faktorerna i tabell 3

5.2 Hur kadmiumintag ökar mäns risk för frakturer

I studien referensstudie A2, studeras hur mycket frakturrisken ökar för män med ökat intag av kadmium via maten.

Denna studie omfattar 20 173 män och 2 183 frakturer. Även här är resultaten justerade med hjälp av multivariabelanalys för att minimera att resultaten visar på andra samband än det som undersöks.

Tabell 6. Relativ risk för en första fraktur för män i relation till tertilen med lägst kadmiumintag*.

	Män i lägsta tertialen av kadmiumintag via maten	Män i mellersta tertialen av kadmiumintag via maten	Män i högsta tertialen av kadmiumintag via maten.
Antal frakturer	724	709	750
Genomsnittligt intag av kadmium ($\mu\text{g Cd/dag}$)	15,5	18,6	22,2
Relativ risk och 95 % konfidensintervall för fraktur där risken är satt till 1 i män i lägsta tertialen av kadmiumintaget.	1,0	1,09	1,19 (1,06 - 1,34)

* Multivariabeljusterad analys med hänsyn taget till ett tjugotal olika faktorer

Resultaten av denna studie indikerar att det finns ett samband mellan kadmiumintag och en första fraktur även för män. Sambanden ligger väl inom det 95 procentiga konfidensintervallet.

6 Referensstudie B. Samhällsekonomiska kostnaderna för frakturer

6.1 Frakturelaterade vårdkostnader

För att kunna beräkna hur stor samhällsekonomisk kostnad för frakturer som orsakas av kadmium i maten måste vi känna till hur stora de totala kostnaderna är. För detta syfte använder vi

- Referensstudie B. Ström O , Borgström F, Kanis J A, Compston J, Cooper C, McCloskey E V and Jönsson B (2011) Osteoporosis: the burden, health care provision and opportunities in the EU, *Arch Osteoporos*, 1-2:59-155, 2011.

. I den redogörs för de hälsoekonomiska kostnaderna för frakturer i Sverige samt i de fem stora EU-länderna, Tyskland, Storbritannien, Spanien, Italien och Frankrike. För mer detaljerade beskrivningar av hur beräkningarna i referensstudie B har genomförts hänvisas direkt till rapporten samt de underliggande studier den bygger på.

Referensstudie B tar hänsyn till frakturer som uppstår i åldersgruppen 50 år och uppåt. I rapporten skiljs på kortsiktiga vårdkostnader för behandling och omsorg som uppstår under det första året och på långsiktiga vårdkostnader som uppstår efter det första året. Dessutom redovisas kostnaderna för dödsfall, kroniskt nedsatt livskvalitet och funktionsnedsättning i form av förlust av kvalitetsjusterade levnadsår. Dessutom ingår även administrativa kostnader.

Tabell 7. Samhällsekonomiska kostnader för samtliga frakturer, oavsett orsak, i Sverige, miljoner Euro/år.

Kortsiktiga vårdkostnader	Långsiktiga vårdkostnader	Administration m.m.	Förlust av kvalitetsjusterade levnadsår	Summa
860	530	30	2 700	4 100

Kostnaderna för förlust av kvalitetsjusterade år utgör den allra största delen av den samhällsekonomiska kostnaden för frakturer (se förklaring i rapportens bakgrundskapitel). Anledningen till att kostnaden blir så stor är att frakturer leder till en ökad dödlighet och därmed en stor förlust av levnadsår samt även till en lägre livskvalitet vilket minskar värdet, kvaliteten, på patientens återstående levnadsår.

7 Samhällsekonomiska kostnader för frakturer orsakade av kadmium

7.1 Kopplingen mellan kadmium i maten och frakturer

Beräkningarna bygger på data från både kvinnor och män framtagna vid Karolinska Institutet. Ökningen av risk bygger på jämförelse mellan risken över medianen i kadmiumintag jämfört med risken under denna median. Etiologisk fraktion, se tabellen nedan, är den del av sjukligheten som kan förklaras av en viss exponering⁵². I det här fallet uppskattar vi den andel frakturer som kan förklaras av kadmiumexponering via maten. Formeln för beräkning lyder:

$$\text{Etiologisk fraktion} = p (RR - 1) / RR$$

där p utgör prevalensen i den exponerade gruppen, alltså antalet fall i den exponerade gruppen genom det totala antalet fall och RR utgör den relativa risken. Både p och RR erhålls från studierna A1 och A2, där RR är justerat för en mängd förväxlingsfaktorer

Tabell 8. Beräkningsförutsättningar för män (studie A2). Notera att relativa risken är omräknad från 3 exponeringsnivåer (presenterade i tabell 6 sid 34) till 2 nivåer (över och under medianen).

	Samtliga
Antalet frakturer i gruppen med kadmiumintag över medianen	1115
Totala antalet frakturer	2183
p, prevalens av exponering bland fallen	0,5108
RR (vid ett kadmiumintag över jämfört med under medianen)	1,153
Etiologisk fraktion; den del av frakturfallen i populationen som kan hänföras till exponering av kadmium via maten.	6.78
95 % KI för etiologisk fraktion Lägre (=5 %)	2.4
95 % KI för Etiologisk fraktion Högre (=95 %)	10.9

Tabell 9. Beräkningsförutsättningar för kvinnor (studie A1)

	Samtliga
Antal frakturer i gruppen med kadmiumintag över medianen	211
Totala antalet frakturer	394
p, prevalens av exponering bland fallen	0,5355
Oddsquot*	1,31
Etiologisk fraktion; den del av frakturfallen i populationen som kan hänföras till exponering av kadmium via maten.	12,7
95 % KI för etiologisk fraktion Lägre (=5 %)	0.8
95 % KI för Etiologisk fraktion Högre (=95 %)	23

⁵² (Ahlbom et.al, Grunderna i Epidemiologi)

Eftersom formeln för etiologisk fraktion bygger på den relativa risken (RR) och referensstudie A1 (men ej A2) baserades på oddskvoten gjordes en känslighetsanalys där RR estimerades på ojusterade värden och jämfördes med motsvarande oddskvot för att se om RR avviker tydligt från OR. $RR (= \text{incidensen i de med kadmiumintag över medianen} / \text{incidensen i de med kadmiumintag under medianen}) = [a/(a+c)] / [b/(b+d)] = (211/1338)/(183/1338) = 1.15$

OR enligt $a*d/b*c = 211*1155 / 183*1127 = 1.18$. Alltså ingen större avvikelse (RR=1.15 vs OR=1.18) men dock en antydning till överestimering av risken.

Beräkning av etiologisk fraktion bygger på antaganden att *i*) det föreligger ett orsakssamband mellan kadmiumexponering och frakturer (kap 4.2.1) och *ii*) att förhållandet mellan kadmiumintag och riskökningen är någorlunda proportionell vid olika intag över medianen. Både studie A1 och A2 ger stöd för en linjär ökning av frakturrisken vid ökande kadmiumintag.

7.2 Samhällsekonomiska kostnader för frakturer som beror på kadmium i maten

I detta avsnitt kombineras resultaten från de olika referensstudierna.

Vi har gjort några beräkningar för att kunna skilja på kostnaderna för män och kvinnor eftersom andelarna av alla frakturer som kan förklaras med kadmium i maten skiljer sig mellan könen och för att den relativa fördelningen av kostnaderna för vård respektive kvalitetsjusterade levnadsår, QALYs, också varierar med kön. 31 procent av vårdkostnaderna kan hänföras till männen och 69 procent till kvinnorna. För de kvalitetsjusterade levnadsåren står männen för 33 procent av kostnaderna medan kvinnorna står för 67 procent. Samtliga värden har räknats om från Euro till svenska kronor med en växelkurs 1:9. Sammantaget får vi då nedanstående resultat.

Tabell 10. Samhällsekonomiska kostnader för samtliga frakturer för kvinnor och män i Sverige, mkr/år.

	Kortsiktiga vårdkostnader	Långsiktiga vårdkostnader	Administration m.m.	Förlust av kvalitetsjusterade levnadsår	Summa
Män	2 500	1 600	79	8 900	13 000
Kvinnor	5 700	3 500	180	17 000	26 000
Samtliga	8 200	5 000	260	26 000	39 000

I nästa steg kombinerar vi dessa resultat med de värden som referensstudie A1 och A2 har fått fram för hur stor andel av mäns respektive kvinnors benbrott som höga kadmiumhalter i mat står för.

Resultatet indikerar att kadmiumintag från maten vilket skulle innebära en årlig samhällsekonomisk kostnad på 4,2 miljarder kronor. Som framgår av tabellen nedan utgör kostnaderna för dödsfall och lidande drygt två tredjedelar av kostnaden medan vårdkostnaderna uppgår knappt en tredjedel eller 1,4 miljarder.

Tabell 11. Samhällsekonomiska kostnader för frakturer orsakade av höga halter kadmium i maten, kvinnor och män i Sverige, mkr/år.

	Kortsiktiga vårdkostnader	Långsiktiga vårdkostnader	Administration m.m.	Förlust av kvalitetsjusterade levnadsår	Summa
Män	170	100	5	600	880
Kvinnor	720	440	22	2100	3 300
Samtliga	890	540	28	2700	4 200

7.3 Känslighetsanalys

I tabell 12 redovisas resultatet av en känslighetsanalys av resultatet för ytterlighetsnivåerna för den etiologiska fraktionen i det 95-procentiga konfidensintervallet. Analysen visar på att intervallet för kostnaden blir relativt stort.

Tabell 12. Känslighetsanalys givet den lägsta respektive högsta etiologiska fraktionen enligt 95-procentigt konfidensintervall (KI)

	Etiologisk fraktion; Andel av frakturfallen i populationen som kan hänföras till exponering av kadmium via maten.		Samhällsekonomisk kostnad, MSEK
	Kvinnor	Män	
Beräknat värde	12,7	6,78	4 200
Nedre KI (5 %)	0,8	2,4	520
Över KI (95 %)	23	10,9	7 400

8 Känslighetsanalys för lägre värde på ett QALY

Analysen bygger på referensstudie B:s uppskattning att värdet på ett kvalitetsjusterat levnadsår, QALY, ligger på cirka 630 000 kronor per. Det ligger i nivå med äldre studier av människors betalningsvilja för att undvika dödsolyckor från trafiksäkerhetsområdet⁵³. Sedan dess har uppskattningen av kostnaden för ett liv ökat till det dubbla⁵⁴. Detta indikerar att värdet borde ligga högre. Däremot indikerar Socialstyrelsens klassificering av kostnaden per kvalitetsjusterat år att 650 000 kronor ligger i rätt storleksordning, möjligen något högt. Socialstyrelsen anger spannet 100 000 till 500 000 kronor per QALY som en *måttlig kostnad* medan 500 000 till 1000 000 kronor anses som en *hög kostnad*. Detta tyder på att Socialstyrelsen ser 500 000 kronor per QALY som ett riktvärde⁵⁵. Ett värde på 500 000 MSEK per QALY skulle påverka den samhällsekonomiska kostnaden enligt tabell 13.

⁵³ (SIKA, 2002)

⁵⁴ (SIKA, 2002) samt (Trafikverket, 2009)

⁵⁵ (Socialstyrelsen, 2011)

Tabell 13. Känslighetsanalys, samhällsekonomisk kostnad för olika värde för ett QALY

	Samhällsekonomisk kostnad per år för frakturer orsakade av kadmium, MSEK
QALY värderat till cirka 660 000 SEK	4 200
QALY värderat till 500 000 SEK	3 500

8.1 Diskussion av resultaten

Det har visat sig att de kvinnor respektive män som har ett högre intag av kadmium via maten har en signifikant högre risk att drabbas av benbrott jämfört med de som har ett lägre intag. Det gäller sedan resultaten har justerats från en rad andra faktorer, såsom ålder och BMI etc.

Dessa resultat har flera styrkor. Dels bygger de på svenska data, vilket är viktigt eftersom Sverige avviker från andra länder när det gäller risken för frakturer. Frakturrisken är mycket hög i Sverige. För det andra bygger resultaten från studier där relativt många individer har ingått. Detta gäller särskilt studien av männen. För det tredje stöds resultaten i referensstudie A1 av motsvarande resultat för kadmiumexponering bestämt i urin och av resultat för både kadmiumintaget och i urin i relation till minskad bentäthet (mätt med röntgen) och ökad frakturrisik i samma kvinnor. För det fjärde är det observerade sambandet minst lika tydligt i gruppen som aldrig har rökt.

Som beskrivet i kap 7.1 bygger beräkningen på antaganden att det föreligger ett orsaks-samband mellan kadmiumexponering och frakturer (se vidare kap 4.2.1). I dagsläget finns inte sammanvägda data från flera olika studier, en så kallad metaanalys, som ger ett säkrare mått på riskökningen givet att analysen baseras på välgjorda studier, vilket är en begränsning. Ett sammanvägt resultat kan också ge ett säkrare mått på den exponeringsnivå som anses som säker, d.v.s. under vilken nivå negativa effekter på ben sannolikt inte uppstår. Nya studier av sambandet kadmium och frakturer är dock önskvärt för ytterligare stärka resultaten och för att tydliggöra samband vid låg exponering.

Referensstudierna har något olika åldersspann även om samtliga avser personer i den äldre delen av befolkningen. Exakt hur detta påverkar resultaten är svårt att säga, men vi antar att exponering av kadmium i yngre år även leder till förhöjd risk för frakturer vid senare år, bland annat beroende på att en persons matvanor kan antas ändras långsamt över tiden.

Referensstudierna A1 och A2 är rensade från personer som tidigare fått en fraktur. Materialet avser alltså personer som fått sin första fraktur s.k. incidenta fall. Detta riskerar att underskatta sambandet mellan kadmium och frakturer.

9 Slutsatser

Denna rapport bygger i huvudsak på resultat från vetenskapliga studier, två medicinska och en hälsoekonomisk studie. De förstnämnda visar bland annat att det finns ett statistiskt säkerställt samband mellan kadmiumintag via maten och ökad risk att drabbas av frakturer. Den andel av frakturerna som beror på att vi har kadmium i maten uppskattas till 13 % för kvinnor och 7 % för män. Den hälsoekonomiska studien visar att de samhällsekonomiska kostnaderna för frakturer hos personer över 50 år uppgår till 39 miljarder kronor per år i Sverige.

Beräkningar baserade på dessa studier visar att den samhällsekonomiska kostnaden för frakturer orsakade av höga kadmiumhalter i maten, grovt sett, uppgår till 4,2 miljarder kronor per år. Av dessa uppgår vårdkostnaderna till 1,5 miljarder kronor medan övriga kostnader beror på sänkt livskvalitet och förtidig död hos personer som drabbats av en fraktur. Detta resultat bekräftar tidigare misstankar om att de samhällsekonomiska kostnaderna för kadmium i vår mat är höga.

Resultaten visar att det ur samhällets synpunkt bör vara prioriterat att minska befolkningens exponering för kadmium via maten. Detta kan förväntas leda till minskade vårdkostnader och minskat lidande. Det gäller särskilt äldre kvinnor som oftare drabbas av frakturer. Detta bör inte ses som en individuell fråga utan det krävs ytterligare åtgärder för att minska tillförseln av kadmium till åkermark via luften och olika former av gödsling.

10 Referenslista

Ahlbom A, Alfredsson L, Alfvén T, Bennet A. Grunderna i Epidemiologi. Studentlitteratur. 2006

Alfven T, Jarup L, Elinder CG. Cadmium and lead in blood in relation to low bone mineral density and tubular proteinuria. *Environ Health Perspect* 2002;110(7):699-702.

Andersson A, 1992. "Trace elements in agricultural soils – fluxes, balances and background values." Swedish Environmental Protection Agency, report 4077.

Bernfort, Lars 2009. *Hälsoekonomiska utvärderingar - Vad menas och hur gör man?* CMT Rapport 2009:2

Borgström F, Zethraeus N, Johnell O, Lidgren, Ponzer S, Svensson O et al. 2006. Costs and quality of life associated with benskörhetis-related fractures in Sweden. *Osteoporosis Int*;17(5):637-50.

Borgström F et al. Cost and quality of life associated with benskörhetis-related fractures in Sweden. *Osteoporosis Int* 2005:1-14.

Direktiv 2002/95/EG om begränsning av användningen av vissa farliga ämnen i elektriska och elektroniska produkter (RoHS).

Drake, L och Hellstrand, S (1998). *The Economics of the Swedish Policy to Reduce Cadmium in Fertilisers*, KEMI Report PM 2/98, Kemikalieinspektionen, Solna, March 1998.

EFSA, European Food and Safety Administration, Scientific Opinion-Cadmium in food. "Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain (Question No EFSA-Q-2007-138)", Adopted on 30 January 2009, *The EFSA Journal* (2009) 980, 1-139.

EG 2002 Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment.

Eksvärd, Jan. LRF. Telefonintervju oktober 2011.

Cadmium As A Risk Factor For Osteoporosis And Fractures In Women, Annette Engström, Akademisk avhandling Karolinska Institutet, 2011.

Engström A, Michaëlsson K, Suwazono Y, Wolk A, Vahter M, Åkesson A. Long-term cadmium exposure and the association with bone mineral density and fractures in a population-based study among women. *J Bone Miner Res.* 26:486-95; 2011.

Engström A, Michaëlsson K, Vahter M, Julin B, Wolk A, Åkesson A. Associations between dietary cadmium exposure and bone mineral density and risk of osteoporosis and fractures among women. *Bone.* 50:1372-8; 2012.

Eriksson, J E. 1989. The influence of pH, soil type and time on absorption and uptake by plants of Cd added to soil. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol 48, pp 317-335.

Eriksson J, Söderström M, Andersson A. 1995. Kadmiumhalter i matjorden i Svensk åkermark. Rapport 4450, Stockholm: Naturvårdverkets förlag.

- Eriksson, J., Andersson, A., Andersson, R., 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket rapport 4778.
- Eriksson, J. 2009. Strategi för att minska kadmiumbelastningen i kedjan mark-livsmedel-människa. Rapport MAT21, nr 1/2009. SLU.
- EU, 2006, Kommissionens förordning(EG) nr 1881/2006 av den 19 december 2006 om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel. Europeiska unionens officiella tidning 20.12.2006, L364/5–24.
- European Commission, 2000. *A possible EU wide charge on cadmium in phosphate fertilisers: Economic and environmental implications*. Final report to the European Commission. Report number E-00/02.
- European Commission, 2007. European Union Risk Assessment Report, cadmium metal – Part II – Human health, Volume 74, European Commission, DG Joint Research Centre, Institute of Health and Consumer Protection European Chemicals Bureau, EUR 22767 EN. Editors: S.J. Munn, K. Aschberger, O. Cosgrove, W. de Coen, S. Pakalin, A. Paya-Perez, S. Vegro. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.EC, 2007.
- European Commission, 2009. Note to the members of the working group on fertiliser and to the participants to the meeting on cadmium in phosphate fertilisers. Brussel, 2009.
- Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter.
- Gallagher, C. M., J. S. Kovach, et al. Urinary cadmium and osteoporosis in U.S. Women \geq 50 years of age: NHANES 1988-1994 and 1999-2004. *Environ Health Perspect* 2008;116: 1338-1343.
- Hallberg L, Rossander-Hulten L, 1989. Prevalence of iron deficiency in European countries and attempts to analyze possible causes of differences. In: Somogyi J, Hejda S, eds. *Nutrition in the prevention of disease*. Basel: Karger 1989:94-105.
- Hallberg L, Hulthén L, 2002. Perspectives on iron absorption. *Blood Cells Mol Dis*. 2002 Nov-Dec;29(3):562-73.
- He, Q B, & Singh, B R. 1993. Plant availability of cadmium in soils. II. Factors related to the extractability and plant uptake of cadmium in cultivated soils. *Acta Agric. Scand. ,Sect. B, Soil and Plant Sci.* vol 43, pp 142-150
- Hyltén-Cavallius I. 2010, ”Kadmiumhalterna fortfarande låga”, *Växtpressen* Nr 2, ISSN 0346-4989.
- Jordbruksverket, 2011. Försäljning av mineralgödsel 2009/2010. Statistikrapport 2011:4
- Julin Bettina. Dietary cadmium exposure and the risk of hormone-related cancers. Akademisk avhandling, Karolinska Institutet, 2012.
- Kanis JA, Johnell O, De Laet C, Jonsson B, Oden A, Ogelsby AK, 2002. International variations in hip fracture probabilities: implications for risk assessment. *J Bone Miner Res*. Jul 2002;17(7):1237-1244.

Law MR, Hackshaw AK. A meta-analysis of cigarette smoking, bone mineral density and risk of hip fracture: recognition of a major effect. *BMJ* 1997; 315:841-6.

McBride, M. B, 1994, *Environmental Chemistry of Soils*, New York: Oxford University Press.

Naturvårdsverket 2007: Rapport angående genomförande av batteridirektivet, Rapport 5753, November 2007.

Naturvårdsverket 2011. Hemsida. <http://www.naturvardsverket.se/en/Start/Lagar-och-styrning/Miljoekonomi/> Updated: 8 February 2011, Content editor: Linda Karlsson

Nordberg GF, Nogawa K, Nordberg M, Friberg LT. Chapter 23. Cadmium. In: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT. *Handbook on the Toxicology of Metals*, Academic Press, Elsevier, 2007, p. 445-486. ISBN 978-0-369413-3.

Prop.1983/84:40, "Om vissa ekonomisk-politiska åtgärder m.m." Palme, Olof och Feldt, Kjell-Olov. Beslutad den 20 oktober 1983, Riksdagen 1983/84. I saml. Nr 40.

Prop. 1983/84:176, "Om avgifter på gödsel och bekämpningsmedel", Carlsson Ingvar, och Lundkvist, Svante. Beslutad den 15 mars 1984, Riksdagen 1983/84. 1 saml. Nr 176.

Prop. 2009/10:1, Regeringens budgetproposition för 2010, Finansdepartementet.

SBU rapport nr 165 (2003). Benskörhet- prevention, diagnostik och behandling, en systematisk litteraturöversikt. Göteborg: Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU), 361 pp.

Schutte R; Nawrot T S; Richart T; Thijs L; Vanderschueren D; Kuznetsova T; Van Hecke E; Roels H A; Staessen J A. "*Bone Resorption and Environmental Exposure to Cadmium in Women: A Population Study*", *Environmental Health Perspectives*, Vol 116 (6), 2008.

SIKA, 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA). Översyn av samhällsekonomiska metoder och kalkylvärden på transportområdet – ASEK. Stockholm: Statens institut för kommunikationsanalys; 2002. SIKA rapport 2002:4.

SIKA, 2009, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA). *Värden och metoder för transportsektorns samhällsekonomiska analyser – ASEK 4*. SIKA Rapport 2009:3.

Steineck S, Gustafsson G, Andersson A, Tersmeden M, Bergström J, 1999. Plant nutrients and trace elements in livestock wastes in Sweden. Naturvårdsverket report 5111.

Ström, Oskar, Borgström F, Kanis J, Compston J, Cooper C., McCloskey E and Jönsson B. *Osteoporosis: burden, health care provision and opportunities in the EU*, Arch Osteoporos, 2011.

Sveriges lantbruksuniversitet, (SLU), 2011. LJT-fakultetens faktablad, 2011:23, Fakta från Tillväxt Trädgård.

Socialstyrelsen, 2011. <http://www.socialstyrelsen.se/publikationer2011/2011-1-3/Documents/metodbilaga.pdf>. Metod för Socialstyrelsens arbete med nationella riktlinjer

SOU 2003:9, särskild utredning med uppdrag att se över skatterna på handelsgödsel och bekämpningsmedel. Curt Risper mfl.

”Försäljning av mineralgödsel för jord- och trädgårdsbruk under 2009/10 Slutlig statistik”, SCB-Statistiska Centralbyrån, MI 30 SM 1101, ISSN 1654-3815 Serie Miljövärd. Utkom den 19 maj 2011.

Skatt på handelsgödsel och bekämpningsmedel? (SOU 2003:9) Göteborg i februari 2003

Staessen JA, Roels HA, Emelianov D. “*Environmental exposure to cadmium, forearm bone density, and risk of fractures:prospective population study*”. Lancet, 1999;353:1140-1144.

Thomas LDK, Michaëlsson K, Julin B, Wolk A, Åkesson A. Dietary cadmium exposure and fracture incidence among men: A population-based prospective cohort study. J Bone Miner Res, 7:1601-8, 2011.

Weiss, J., 2006: Rening av tvättvatten från konstnärer – kadmium. Stockholms Miljöcenter, Examensarbete, Miljötekniker, 2004, 2006-06-26.

Woldegiorgis, Andreas. 2011. Översiktlig bedömning.

Wang H, Zhu G, Shi Y, Weng S, Jin T, Kong Q, et al. Influence of environmental cadmium exposure on forearm bone density. J Bone Miner Res 2003;18(3):553-60.

World Health Organisation (WHO) (1992). Environmental Health Criteria 134 - Cadmium International Programme on Chemical Safety (IPCS) Monograph.

Åkesson A, Bjellerup P, Lundh T, Lidfeldt J, Nerbrand C, Samsioe G, Skerfving S,3 and Vahter M. 2006. “Cadmium-Induced Effects on Bone in a Population-Based Study of Women”, Environ Health Perspect. 2006 June; 114(6): 830–834.

www.kemikalieinspektionen.se

**Kemikalieinspektionen, Box 2, 172 13 Sundbyberg. Besöksadress: Esplanaden 3A
Tel: 08-519 41 100, Fax: 08-735 76 98, E-post: kemi@kemi.se**