

Riskvärdering av kadmium i dricksvatten

Underlag för riskhantering gällande egen brunn



Denna titel kan laddas ner från: [Livsmedelsverkets publikationer](#)

Citera gärna Livsmedelsverkets texter, men glöm inte att uppge källan. Bilder, fotografier och illustrationer är skyddade av upphovsrätten. Det innebär att du måste ha upphovsmannens tillstånd att använda dem.

© Livsmedelsverket, 2022.

Författare:

Daniel Edgar.

Rekommenderad citering:

Livsmedelsverket. Edgar, D. 2022. L 2022 nr 06: Riskvärdering av kadmium i dricksvatten. Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala.

L 2022 nr 06

ISSN 1104-7089

Omslag: Livsmedelsverket

Förord

På Livsmedelsverkets webbplats finns flera råd som riktar sig till konsumenter med egen brunn. Livsmedelsverket genomför nu en revision inom detta område. Syftet med riskvärderingen är att ge en bild av vilka risker det finns med att dricka vatten med olika halter av kadmium. Denna värdering har betydelse för hur Livsmedelsverket ska agera i form av råd och riktlinjer till de som har egen brunn. Underlaget skall i första hand användas i arbetet med att se över riktvärdet för kadmium i råd om enskild dricksvattenförsörjning. Målgrupper är privatpersoner med egen brunn.

Följande personer har arbetat med att ta fram denna rapport: Daniel Edgar, toxikolog, Salomon Sand, toxikolog, och Emma Ankarberg, toxikolog. Rapporten har granskats av Mia Kristersson, toxikolog, Jenny Aasa, toxikolog och Stina Wallin, toxikolog, Livsmedelsverket.

Livsmedelsverket

Per Bergman

Avdelningschef på Risk- och Nyttovärderingsavdelningen

April 2022

Innehåll

Förord.....	3
Syfte	6
Förkortningar	7
Ordlista.....	8
Sammanfattning.....	9
Summary	10
Risk assessment of cadmium in drinking water.....	10
Bakgrund	12
Faroidentifiering.....	12
Farokarakterisering.....	12
Njurskada	12
Barn och nervsystemet	12
Osteoporos.....	13
Andra effekter.....	14
Riskgrupper	14
Metod.....	16
Exponeringsuppskattning och riskkarakterisering.....	17
Halter i vatten	17
Kadmium i Mat.....	18
Biomonitoreringsdata	18
Scenarioberäkningar	18
Osäkerheter	22
Diskussion	23
Slutsatser.....	24
Referenser.....	25
Bilaga 1	28
Bilaga 2	29

Syfte

Syftet med rapporten är att ge en bild av vilka risker det finns med att dricka vatten med olika halter av kadmium. Detta har betydelse för hur Livsmedelsverket ska agera i form av råd och riktlinjer till de som har egen brunn. Mer specifikt ska dessa frågor besvaras:

1. Gör en riskvärdering för kadmium i dricksvatten. Om möjligt, gör allokering av acceptabel exponering av kadmium från dricksvatten.
2. Gör scenarioräkningar för olika åldersgrupper (spädbarn, småbarn, äldre barn, vuxna) med olika halter av kadmium i dricksvattnet. Vid vilken halt blir exponeringen sådan att risk för negativa hälsoeffekter kan uppkomma?
 - Särskilt av intresse är att undersöka om det finns negativa hälsoeffekter av att dricka ett vatten som innehåller 5, 3, 1 och 0,5 µg/liter.
3. Finns det några riskgrupper i befolkningen som är särskilt känsliga för kadmium, i så fall vilka?
4. Vilka andra källor för kadmium, utöver dricksvatten, finns att ta hänsyn till?

Förkortningar

bw body weight

EFSA European Food Safety Authority/Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten

IARC International Agency for Research on Cancer

kv kroppsvikt

µg mikrogram

SGU Sveriges Geologiska Undersökning

TWI tolerable weekly intake

TVI tolerabelt veckointag

WHO World Health Organization

Ordlista

Kreatinin - nedbrytningsprodukt av kreatinfosfat som är del av kroppens energisystem. Den utsöndras av njuren i urinen

Demineraliseras - Förlorar mineraler

Osteoporos – Benskörhet

Sammanfattning

Exponering för höga nivåer av kadmium medför ökad risk för vissa sjukdomar, framförallt benskörhet och njurskada. Efsa har tagit fram ett hälsorelaterat tolerabelt intag av kadmium på 2,5 mikrogramkadmium/kilo kroppsvikt/vecka baserat på risken för eventuella skador på njuren. Forskning har tillkommit sedan Efsa fastställt sitt TVI som tyder på att det kan uppstå skador på lägre nivåer av kadmiumexponering än vad TVI är baserat på. Livsmedel och rökning är de största källorna till kadmiumexponering.

I den här rapporten analyseras exponering för barn och vuxna vid olika halter av kadmium i dricksvatten. Eftersom kadmiumexponering huvudsakligen kan härröras till andra källor än dricksvatten, kan bara en viss del av kadmiumexponeringen komma ifrån vatten för att inte det tolerabla intaget ska överskridas. Vad som är en acceptabel mängd kadmium från ett enskilt livsmedel (ex dricksvatten) blir således en fråga om hur mycket denna källa bedöms få bidra med t.ex. i relation till tolerabelt intag eller utifrån det totala intaget från livsmedel.

Kadmiumexponeringen från mat i Sverige ligger nära det hälsbaserade tolerabla vecko-intaget (TVI). För barn är marginalerna minst. Av alla barn överskrider mellan 4 och 59 % TVI bara från livsmedel. För vuxna är exponeringen lägre och 13 % av vuxna beräknas överstiga tolerabelt intag vid en kadmiumhalt på 5 mikrogram/liter vatten när man räknar ihop exponeringen från livsmedel inklusive dricksvatten. Det råder dock stora osäkerheter i exponeringsuppskattningen. Det kan skilja mer än 100 % mellan exponeringsuppskattningar gjorda på den svenska befolkningen.

Eftersom exponeringen från livsmedel är hög kan endast en mindre del av kadmiumexponeringen komma från vatten utan att det tolerabla intaget överskrids. En allokering av acceptabel kadmiumexponering från dricksvatten har gjorts, 10 % av det tolerabla intaget kan komma från dricksvatten. Det vill säga endast 0,25 mikrogram/kadmium/kilo kroppsvikt/vecka får komma från dricksvatten. Vid en allokering på 10 % av det tolerabla intaget överskrider den allokerade dricksvattenexponeringen för alla vuxna vid en kadmiumhalt på 3 mikrogram/liter vatten, och för alla 3-4 åriga barn vid en kadmiumhalt på 1 mikrogram/liter vatten.

Ska andelen vuxna som överskrider 10 % av TVI inte öka väsentligt på grund av vattenkonsumtion kan halten inte överstiga 1 mikrogram/liter. Om andelen barn som överskrider 10 % av TVI inte öka väsentligt på grund av vattenkonsumtion kan halten inte överstiga 0,5 mikrogram/liter.

Summary

Risk assessment of cadmium in drinking water

Exposure to high levels of cadmium increases the risk of contracting several diseases, primarily osteoporosis and kidney damage. EFSA has set a tolerable weekly intake (TWI) for cadmium of 2.5 µg/kg b.w. based on increased risk of damage to the kidney. There has been additional research on the toxicity of cadmium since EFSA published its report, which suggests that some damage may occur at lower levels of cadmium exposure than what the TWI is based on.

This report analyses different exposure scenarios for children and adults at different levels of cadmium in drinking water. Food and smoking are the largest contributors to cadmium exposure. Since total cadmium exposure from all relevant sources is already significant, only a smaller proportion of the cadmium exposure can come from drinking water before the TWI is exceeded. In this context, the acceptable amount of cadmium in drinking water can be regarded as a percentage of the TWI (% allocated to TWI) or as a proportion of the total cadmium intake from food and water.

The exposure from food is close to the health based guidance value (TWI). For children there is very little or no room left for additional exposure. Many children exceed the TWI from food alone. The proportional exposure of adults is lower, and only 13% of adults are calculated to exceed the TWI when water concentrations reach 5 µg/l when calculating the exposure from food and water. There are however large uncertainties in the exposure estimate and how it relates to health outcomes. Some estimates of cadmium exposure in the Swedish population can vary as much as 100%. Since the establishment of the TWI by the EFSA new research has emerged pointing to harmful effects of cadmium exposure at lower levels than what the TWI was designed to protect against.

Cadmium exposure from food in Sweden is close to the TWI. For children these margins are the smallest, and many children (4-59%) exceed the TWI from food alone. For adults the exposure is proportionally lower and 13% of adults are estimated to exceed the TWI at a cadmium concentration of 5 µg/l if water is added to the exposure from food. There are however, uncertainties in the exposure estimates from food. There can be as much as a 100% difference in the exposure estimates done on the Swedish population.

Since the exposure from food is high, only part of the exposure can come from water before the TWI is reached. An allocation of cadmium in drinking water as a percentage of TWI are analyzed, i.e., 10% of the tolerable daily intake. That means that 0,25 µg/Cd/kg bw/week can

come from drinking water. If 10% of the total cadmium exposure can come from drinking water, 100% of adults exceed the TWI at 3 µg cadmium/l, and for children aged 3-4 100% exceed the TWI at 1 µg cadmium/l.

In order for the exposure from water not significantly increase the proportion of the adult population exceeding the 10 % of the TWI, the concentration cannot exceed 1 µg/l. If the proportion of children exceeding the 10% of the TWI should not significantly increase from water consumption, the concentration cannot exceed 0.5 µg/l.

N.B. The title of the publication is translated from Swedish, however no full version of the publication has been produced in English.

Bakgrund

Faroidentifiering

Kadmium är en tungmetall som finns naturligt i alla jordar. Det återförs/tillförs dessutom kadmium till åkermarken och vattnet genom avloppsvatten, luftföroreningar och genom handelsgödsel som kan vara förorenad med kadmium. Andra källor är rötslam och stallgödsel. Dricksvatten kan även bli kontaminerat av galvaniserade rör där zink i rören inte är rent från kadmium.(WHO, 2017). I Sverige gäller det endast ca 1,5% av rören(Malm, 2011).

Livsmedel är den största källan till kadmiumexponering men rökning kan också vara en starkt bidragande faktor. Rökare har i snitt dubbelt så höga kadmiumnivåer i kroppen som icke-rökare, men det kan handla om 4-5 ggr högre nivåer av kadmium i blodet (Satarug and Moore, 2004).

Kadmium absorberas genom tarmen via samma mekanism som järn. Det gör att upptaget av kadmium ökar vid låg järnstatus. Svenska studier har visat att halten av kadmium i blod eller urin ökar med minskad järnstatus. Detta har observerats hos gravida och ammande kvinnor (Akesson et al., 2002), kvinnor i allmänhet (20-50 år) (Julin et al., 2011), och hos vuxna män och kvinnor i allmänhet (18-80 år) (Bjeremo et al., 2013). Medelhalten hos kvinnorna i en svensk mammografikohort var 0,34 µg kadmium/g kreatinin i urin (Amzal et al., 2009).

Farokarakterisering

Det finns olika sätt att mäta kadmiumexponering. De vanligaste metoderna är att mäta i blod eller urin. Mäts kadmiumhalten i urin väljer man ofta att uttrycka mängden som µg/g kreatinin¹ för att normalisera för urinens utspäddhet. Blodhalter korrelerar bra med urinalter om exponeringen förblir konstant (Higashikawa et al., 2000). Annars reflekterar halten i blod bättre en exponering som inträffat nyligen medan halten i urin är ett bättre mått på långtidsexponering.

Njurskada

Den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet, Efsa har tagit fram en benchmarkdos (bilaga 1) för kadmium i urin. Den motsvarar den halt av kadmium i urin, som orsakar en

¹ Kreatinin är en nedbrytningsprodukt av kreatinfosfat som är del av kroppens energisystem. Den utsöndras av njuren i urinen.

ökning av antalet personer i befolkningen som överskrider en kritisk gräns av proteinhalt i urinen med 5 %. Detta beräknades utifrån en metaanalys av ett stort antal studier. Denna benchmarkdos användes för att ta fram ett TVI. Som utgångspunkt för TVI användes den kadmiumhalt i urin som motsvarar den lägre 95 % konfidensgränsen för benchmarkdosen (EFSA, 2009). Denna halt dividerades med en ”chemical specific adjustment factor” på 3,9² för att ta hänsyn till att man inte använt sig av individuella data för kadmiumhalten i urinen, utan medelvärden för olika grupper som studerats. Den slutliga kadmiumhalten i urin blev 1 µg/g kreatinin. Detta räknades sedan om till ett kroniskt kadmiumintag från livsmedel på 2,5 mikrogram/kg kroppsvikt/vecka (EFSA, 2009). Vid en exponering på 2,5 µg/kg kv/vecka överskrider 5 % av befolkningen den kritiska urinhalt 1 µg kadmium/g kreatinin. Ca 50 % av befolkningen kan exponeras för dubbelt så mycket kadmium utan att uppnå den kritiska urinhalt. Orsaker till detta kan vara bland annat järnstatus, genetik och kön. Sambandet mellan kadmiumintag från livsmedel och kadmium i urinen beräknades utifrån en svensk mammografikohort där kadmiumintag och urinhalt analyserades (Amzal et al., 2009). Det kan påpekas att TVI även ger marginal till skillnader i känslighet mellan individer så att det motsvarar intaget via livsmedel som kan konsumeras under en livstid utan att den kritiska halten (den lägre konfidensgränsen för benchmarkdosen) uppnås för 95 % av befolkningen.

Barn och nervsystemet

Det finns inte lika robust evidens på hälsoeffekter för barn som det finns för vuxna. Det verkar dock som att risken för negativa effekter på njuren minskar om kadmiumexponeringen minskar innan 50 års ålder (EFSA, 2009). Det är den kroniska exponeringen över 50 års tid som de hälsobaserade referensvärdena baseras på. Exponeringsuppskattningarna för vuxna kan därför ses som mer relevanta i riskvärderingen. Dock är det oklart om barns exponering medför en irreversibel skada på njurarna då exponeringen per kilo kroppsvikt minskar i takt med att barnet växer. Det finns också studier som tyder på att barns nervsystem tar skada av kadmiumexponering. Detta är dock inte vad TVI är baserat på. En kadmiumhalt på över 0,18 µg/l i urin var associerat med 3 ggr större risk att ha inlärningssvårigheter eller behov av specialundervisning (Ciesielski et al., 2012). Dessa data är oroväckande men det rör sig om några få studier. Mer forskning behövs på detta område.

Osteoporos

Kadmium kan även påverka mineralisering av skelettet och leda till benskörhet. Efsa drog slutsatsen att mineralisering av skelettet har påvisats vid liknande nivåer som för effekter på

² Tekniskt innebär detta att man delar benchmarkdosen för medianen med benchmarkdosen för den nittiofemte percentilen för att skydda 95 % av befolkningen. Kvoten mellan dessa är alltså 3,9.

njurarna (EFSA, 2009). Nyare studier har visat effekter på skelettet vid lägre nivåer (0,5 och 0,26 µg kadmium/g kreatinin) jämfört med den beräknade benchmarkdosen för effekter på njurarna. (Wallin et al., 2016, Gallagher et al., 2008). Det finns dock studier där man inte har sett en lika tydlig koppling mellan kadmiumhalter och effekter på skelettet-hälsa. I en studie såg man att högre halter kadmium i blodet hos kvinnor inte påverkade frekvens av benbrott men fördubblade dödligheten (Moberg et al., 2017). De flesta studier tyder dock på att kadmiumexponering är starkt kopplat till benbrott vilket rapporteras i en metaanalys från 2016 (Cheng et al., 2016).

Andra effekter

Kadmium är, av WHO's expertorgan för cancerklassificering, IARC, klassificerat som cancerframkallande hos människa (grupp 1) baserat på studier av yrkesexponerade (IARC, 1993). Nyare studier har funnit statistiska samband mellan kadmiumexponering i allmänbefolkningen och cancer i lungorna, endometriet, i urinblåsan samt bröstcancer (Larsson et al., 2015, Akesson et al., 2008) (EFSA, 2009). Efsa har gjort bedömningen att sambanden mellan kadmiumexponering från livsmedel hos allmänbefolkningen och risk för cancer fortfarande är så pass osäkra att de inte går att använda för att ta fram ett TVI gällande intag från livsmedel (EFSA, 2009).

Kadmium kan också påverka testiklarna negativt. Vid ökande kadmiumkoncentrationer ser man en ökad risk för försämrade spermimotoilitet (de Angelis et al., 2017).

Höga blodnivåer av kadmium har visat sig vara korrelerat med ökad incidens av hjärt- och kärlsjukdomar (Barregard et al., 2016). Tinkov et al har genomfört metaanalyser på flera utfall av hjärt- och kärlsjukdomar och visar att både höga blodnivåer och urinnivåer av kadmium korrelerar med hjärt- och kärlsjukdomar även när justering gjorts för rökning (Tinkov et al., 2018). Det är även så att kadmiumnivåerna där en negativ effekt observeras ofta är lägre än den kritiska urinhalten för njurskada. Även om sambandet mellan kadmiumnivåer i kroppen och hjärt- och kärlsjukdomar är tydligt så är sambandet mellan kadmiumintag från mat och hjärt- och kärlsjukdomar inte helt fastställt (Julin et al., 2013a, Julin et al., 2013b).

Riskgrupper

Barn är en riskgrupp på grund av att de äter mer i förhållande till sin kroppsvikt jämfört med vuxna. Kvinnor, veganer och vegetarianer är också riskgrupper. Detta beror på att dessa grupper ofta har låga järnnivåer. Detta kan leda till ökat upptag av kadmium. Förutom låga järnnivåer har vegetarianer och veganer även ofta ett ökat intag av kadmium. Det beror på att de äter mer kadmiumrik mat som spannmål och rotfrukter och mindre eller inget av kött fisk och mejerier som innehåller låga nivåer av kadmium. Veganer exponeras för kadmiumhalter

uppåt 5,4 µg/kg kv/vecka genom kosten (EFSA, 2009). Rökare kan också anses vara en riskgrupp eftersom de exponeras för mycket kadmium genom cigarettök. Rökare har i snitt dubbelt så höga kadmiumnivåer i kroppen som icke-rökare (Satarug and Moore, 2004).

Metod

Kadmiumhalter i livsmedel är tagna från Livsmedelsverkets matkorgsundersökning 2015 (Livsmedelsverket, 2017b). Konsumtionsdata och kroppsvikter är tagna från två av Livsmedelsverkets matvaneundersökningar: Riksmaten barn 2003 (Livsmedelsverket, 2006) och Riksmaten vuxna 2010 för (Livsmedelsverket, 2012). Alla kroppsvikter och kadmiumintagsdata är på individnivå. Detta betyder att enskilda kroppsvikter jämförs med respektive kadmium exponering. Standardvärden för dricksvattenkonsumtion har använts. För vuxna och för barn 11-13 år användes en dricksvattenkonsumtion på 2 liter per dag som standard och för barn 3-4 år samt barn 7-8 år användes 1,6 liter per dag. En enklare bedömning har gjorts för spädbarn där vi antar en standardvikt på 5 kg för 0-12 månader gamla barn och ett vattenintag på 1 l/dag. Dessa siffror är rekommenderade av Efsa (EFSA, 2012b){EFSA, 2010 #462}.

Olika scenarier har undersökts där halten av kadmium i vatten har antagits vara 0,5, 1, 3, 5 och 10 µg/l. Dessutom beräknades exponeringen antingen genom att allokera 10 % eller 20 % av TVI till dricksvatten eller genom att beräkna den totala exponeringen från mat och dricksvatten.

Vid beräkningar som endast rör en andel (%) av TVI användes individuella kroppsvikter. När totalexponeringen från mat och vatten beräknades användes också individuella kroppsvikter samt konsumtionsdata från mat och standardexponeringen från vatten vid olika kadmiumhalter. Den individuella exponeringen jämfördes med TVI för att få en bild av hur stor andel av populationen som överskrider det tolerabla intaget.

Exponeringsuppskattning och riskkaraktärisering

Halter i vatten

I Sverige får cirka 1,2 miljoner permanentboende och ungefär lika många fritidsboende sitt vatten från enskilda vattentäkter som till exempel egen brunn. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) samlar bl.a. in data på förekomst av kontaminanter i vatten i brunnar i hela Sverige. Halldata samlas också in till vattentäcksarkivet. Vattentäcksarkivet är en nationell databas med information om vattentäkter och vattenverk. Databasen omfattar allmänna vattentäkter och de enskilda vattentäkter där uttaget av vatten är större än 10 m³ per dygn eller som försörjer 50 personer eller fler. När man jämför kadmiumhalterna i svenska brunnar är dessa något högre än vad man finner i data från vattentäcksarkivet. Det är sannolikt att dessa brunnsprouver prover inte är representativa för hur det ser ut i Sverige generellt då prover oftare tas där det förekommer misstanke om höga halter. Av de prover som analyserades mellan 2007 och 2019 hade brunnsprouverna ett medianvärde på 0,011 µg/l och 90:e percentilen låg på 0,1 µg/l. I data från vattentäcksarkivet understeg medianhalten detektionsgränsen och i 90:e percentilen var kadmiumhalten 0,023 µg/l (Whitlock, 2014). Det innebär att de allra flesta av de provtagna brunnarna har låga nivåer av kadmium. Några mätningar ligger dock långt över dagens gällande åtgärdsgräns på 5 µg/l. En sammanställning av data från SGU (Pers. Kommunikation Lena Maxe) redovisas i tabell 1 nedan:

Tabell 1. Antal och andel prov av i vatten från egen brunn där kadmium överstiger halterna 10, 5, 3, 1, och 0,5 µg/l.

Halter	Antal prov	Procent (%) av totala antalet prov
10 – 73 µg/l	12	0,04
5 - 10 µg/l	16	0,05
3 - 5 µg/l	25	0,08
1 - 3 µg/l	198	0,6
0,5 - 3 µg/l	289	0,9
0 - 0,5 µg/l	31010	98
Totalt	31550	100

Kadmium i Mat

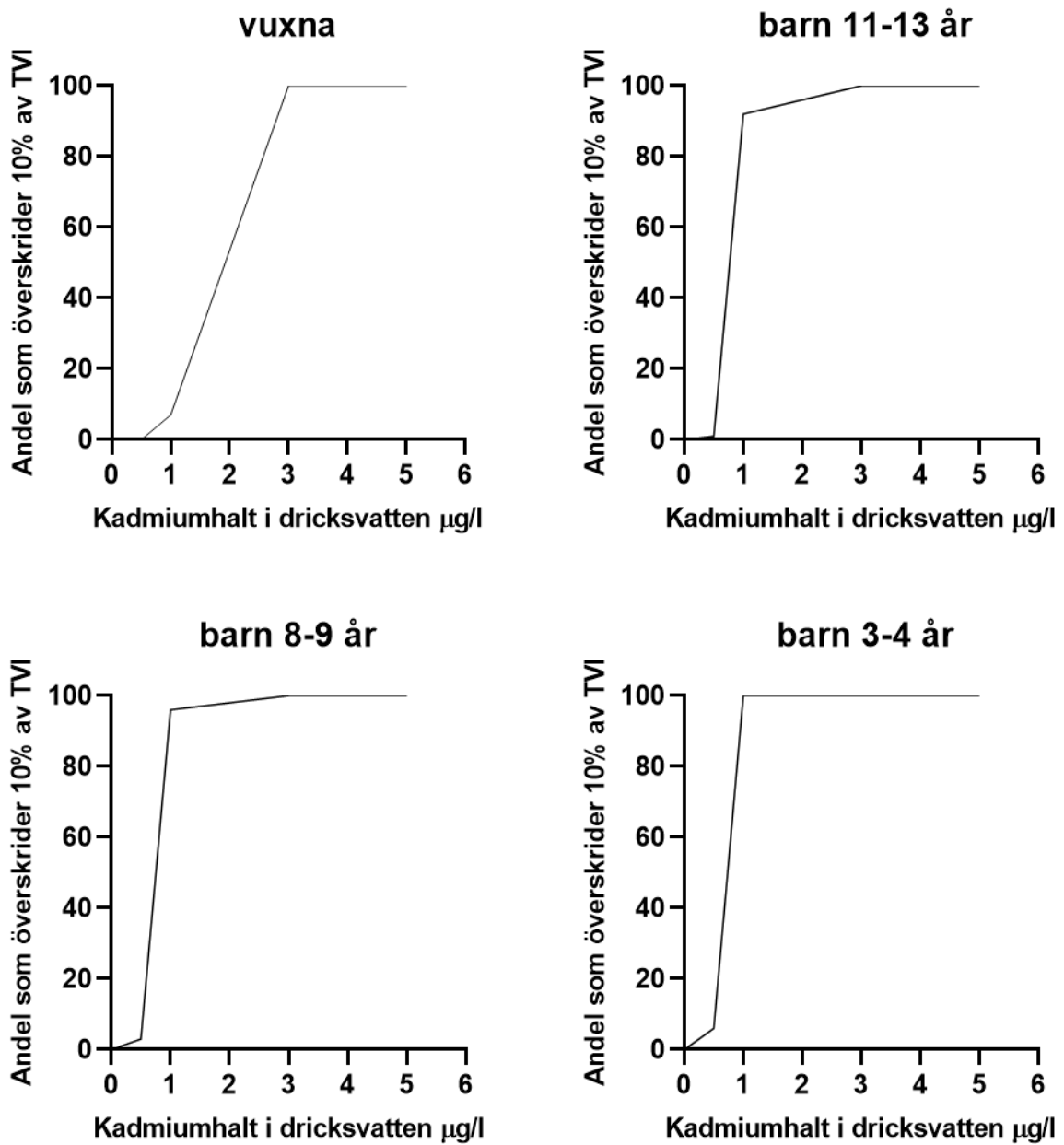
Cerealier är den största källan till kadmium exponering från mat, men potatis och rot frukter bidrar också mycket. Det finns även individuella livsmedel som kan bidra med mycket kadmium men som äts relativt sällan njure, snöbolls/kungschampinion och ”brunt kött” i krabba och hummer är sådana livsmedel {Livsmedelsverket, 2017 #49}. Enligt livsmedelsverkets matkorgen undersökning har svenska folket ett medelintag för vuxna på (1 µg kadmium/kg kv/vecka) (Livsmedelsverket, 2017a).

Biomonitoreringsdata

Biomonitoreringsdata från den senaste matvaneundersökningen Riksmaten ungdom (Livsmedelsverket, 2020) visar att medelhalten i blod hos ungdomar i årskurs 5, 8 och andra året på gymnasiet ligger på 0,16 µg/l. Kadmiumhalterna ökade med stigande ålder och var något högre hos flickor än hos pojkar. Detta ligger i linje med tidigare data från Barany et al. (2002) där de flesta svenska ungdomar hade halter under 0,2 µg/l. Halten i blod går inte att direkt relatera till den kritiska urinhalten på 1 µg kadmium/g kreatinin vilket TVI är baserat på men om exponeringen förblir konstant korrelerar blodhalter bra med urinhalter (Higashikawa et al., 2000). I sådana fall är förhållandet mellan µg/l i blod och µg/g kreatinin i urin ungefär 1:1.

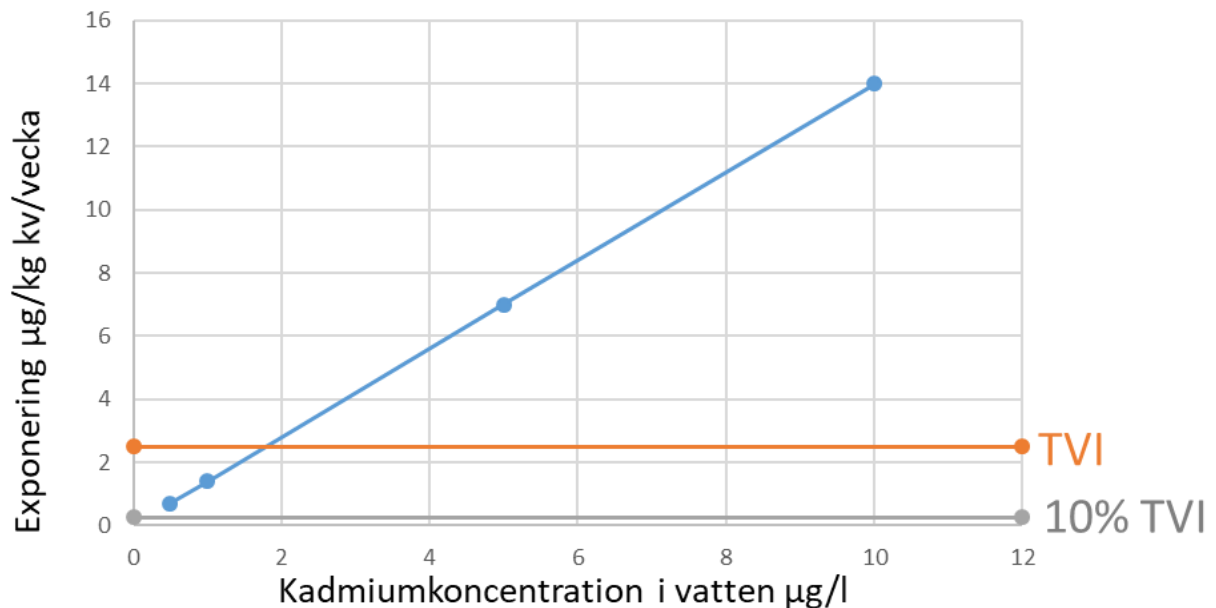
Scenarioberäkningar

WHO brukar ofta använda allokeringen 20 % av TVI till dricksvattnet för kontaminanter. I fallet kadmium använder de 10 % eftersom exponeringen ifrån livsmedel är så hög (WHO, 2017). Därför antas 10 % av TVI som gräns för exponering från dricksvatten i nedanstående beräkningar. Detta innebär att endast 0,25 µg Cd/kg kv/vecka får komma från dricksvatten. Baserat på individuella vikter och exponeringsdata från Riksmaten-undersökningarna samt antaganden om en dricksvattenkonsumtion på två liter/dag för vuxna, och äldre barn (11-13 år) och 1,6 liter/dag för yngre barn (3-4 år, 7-8 år) visar beräkningarna att alla personer i alla åldersgrupper överskrider 10 % av TVI vid en dricksvattenhalt av kadmium på 3 µg/l. Vid 1 µg/l överskrider nästan alla barn i alla åldrar (3-4 år 100 %, 8-9 år 96 % och 11-13 år 92 %) samt 7 % av de vuxna 10 % av TVI. (figur 1, tabell 2). En enklare bedömning har gjorts för spädbarn där vi antar en standardvikt på 5 kg för 0-12 månader gamla barn och ett vattenintag på 1l/dag. Spädbarn överskrider TVI från bara vatten vid 5 µg/l med 280%. För att komma under 10% av TVI för spädbarn kan vattnet inte innehålla mer än 0,18 µg/l . 95% av alla brunnsprover låg under denna nivå. En beräkning har även gjorts för 20% av TVI (bilaga 2).



Figur 1. Andel (%) av befolkningen för vilka exponering från dricksvatten överskrider 10 % av TVI vid olika kadmiumhalter.

Kadmiumexponering vatten spädbarn

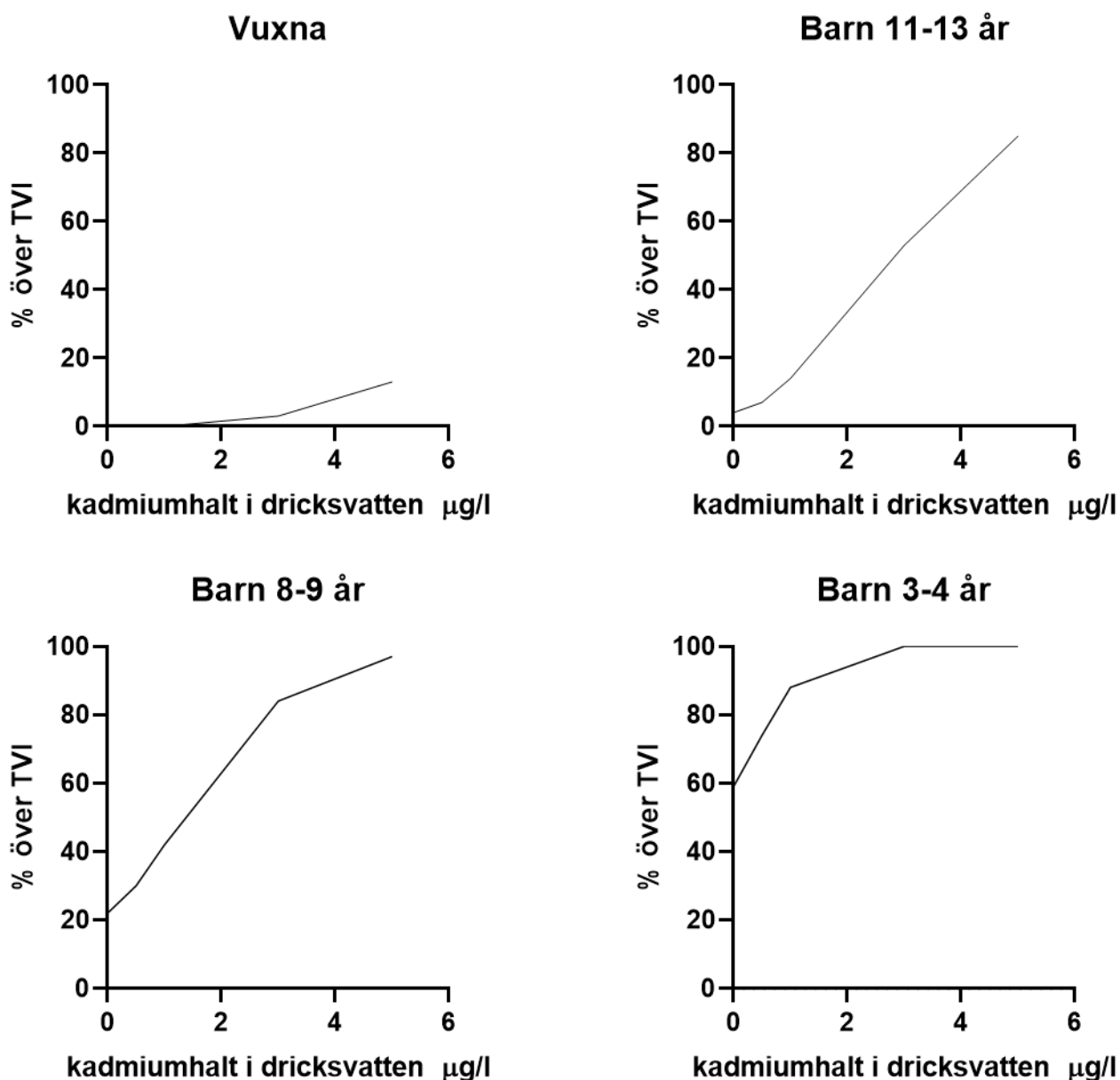


Figur 2. Kadmiumexponering från dricksvatten vid olika koncentrationer kadmium i vattnet (blå linje). Gränsen för TVI är utmärkt i orange och gränsen för 10 % av TVI är utmärkt i grått.

µg Cd/l	Allokering 10 %				mat och vatten			
	Barn 3-4 år	Barn 8-9 år	Barn 11-13 år	vuxna	Barn 3-4 år	Barn 8-9 år	Barn 11-13 år	vuxna
0	0	0	0	0	59	22	4	0
0,5	6	3	1	0	74	30	7	0
1	100	96	92	7	88	42	14	0
3	100	100	100	100	100	84	53	3
5	100	100	100	100	100	97	85	13

Tabell 2. Andel (%) av olika åldersgrupper som överstiger 10% TVI vid olika koncentrationer av kadmium i vattnet om vi allokerar 10 % av kadmiumexponeringen till dricksvatten. Samt en uppskattning av hur stor andel av befolkningen som överstiger TVI om vi räknar samman exponeringen från mat och vatten utan att använda en allokering. Exponering från mat är beräknad utifrån riskmaten och matkorgen 2015. För vuxna och för barn 11-13 år användes en dricksvattenkonsumtion på 2 liter per dag som standard och för barn 3-4 år samt barn 7-8 år användes 1,6 liter per dag.

Eftersom 59 % av alla barn i åldrarna 3-4 år överskrider TVI genom exponering via mat finns det inget utrymme för ytterligare exponering för kadmium via dricksvatten. Äldre barn kan exponeras för något högre halter av kadmium i dricksvattnet utan att överskrida TVI, men redan vid 1 µg/l överskrider 14 % av 11-13 år gamla barn TVI. Vuxna kan dricka vatten med betydligt högre kadmiumhalter utan att TVI överskrids. Vid en kadmiumhalt på 3 µg/l överskrider endast 3 % av de vuxna TVI. (Figur 2, Tabell 2)



Figur 3. Andel (%) av befolkningen i olika åldersgrupper som överskrider TVI när exponering från mat och dricksvatten adderas, vid olika halter av kadmium i dricksvatten.

Osäkerheter

Det kan finnas vissa felkällor i exponeringsuppskattningen från mat. Efsa bedömer att medelxponeringen från mat i Europa är 2,3 µg/kg kv/vecka (EFSA, 2009), eller 2,04 µg/kg kv/vecka (EFSA, 2012a) och att vegetarianer kan ha en betydligt högre exponering, uppåt 5,4 µg/kg kv/vecka. Enligt Efsas bedömning har Sverige en medelxponering på 2,32 µg/kg kv/vecka (EFSA, 2009) vilket är betydligt högre än de exponeringar som räknats med i de olika scenarierna i denna rapport. Medianexponeringen som använts i scenarioberäkningarna är 1 µg/kg kv/vecka och baseras på konsumtionsdata och kroppsvikter tagna från två av Livsmedelsverkets matvaneundersökningar: Riksmaten barn 2003 (Livsmedelsverket, 2006) och Riksmaten vuxna 2010 för (Livsmedelsverket, 2012). Kadmiumhalter i livsmedel är tagna från Livsmedelsverkets matkorgsundersökning 2015 (Livsmedelsverket, 2017b).

Skälet till att Efsa och Livsmedelsverket gör olika bedömningar av kadmiumexponering kan ha att göra med hur olika livsmedel klassificeras och vilka haltdata och kroppsvikter som används i beräkningarna. (Sand and Becker, 2012). En exponeringsuppskattning som kan vara värd att ta i beaktande är den svenska mammografikohort som använts av Efsa för att kunna konvertera urinhalter (som den kritiska effekten är baserad på) till kadmiumintag.

Omvandlingen av urinhalten till dagligt intag baseras på data från en svensk mammografikohort med 680 kvinnor i åldrarna 56-70 år (Amzal et al., 2009). I den studien beräknades medelintaget av kadmium till 0,2 µg/kg kv/dag eller 1,4 µg/kg kv/vecka, vilket är högre än Livsmedelsverkets beräknade medelintag för vuxna (1 µg/kg kv/vecka) (Livsmedelsverket, 2017a). Exponeringsuppskattningarna är gjorda på olika sätt. En skillnad är att Amzal studien matchar individuella haltdata till individuella livsmedel istället för matgruppsmedelvärden, som görs i den här riskvärderingen. Skillnaderna i exponeringsuppskattning gör att det är väldigt svårt att använda dessa till att bedöma utrymmet för ytterligare exponering från vatten. Svaret blir olika beroende på vilken exponeringsuppskattning man använder. För att undvika detta kan man istället allokera en viss % av TVI att komma från konsumtion av vatten.

Vilka negativa hälsoeffekter som riskerar att öka i de olika scenarierna går inte att säga med säkerhet. Dessutom är det inte säkert att alla som överskrider TVI får hälsoproblem då individer kan vara mer eller mindre känsliga. Trots att vi använder oss av TVI som är baserat på njurskada, finns det flera studier där man sett andra hälsoeffekter vid lägre nivåer, detta behöver dock studeras vidare. En svensk studie (Alfven et al., 2000) har sett påverkan på ben vid en urinhalt mellan 0,5 och 3 µg kadmium/g kreatinin, och en amerikansk studie (Gallagher et al., 2008) ser en 43-procentig ökning av osteoporos redan vid halter mellan 0,5 och 1 µg kadmium/g kreatinin. En senare svensk studie har sett effekter på skelettet hos män redan vid en urinhalt på 0,26 µg kadmium/g kreatinin (Wallin et al., 2016). Detta är alltså lägre än den urinhalt vilken TVI är baserad på (1 µg kadmium/g kreatinin).

Diskussion

Kadmiumexponeringen bland barn i Sverige är hög i förhållande till TVI och lämnar egentligen inte något utrymme för en ökad exponering från dricksvatten. Risken för njurskada minskar dock om kadmiumexponeringen uttryckt per kilo kroppsvikt minskar innan 50 års ålder (EFSA, 2009), vilket den troligtvis gör i och med att barnet växer. Rökare har ökad risk för kadmiumtoxicitet eftersom de har en högre exponering. Kvinnor, veganer och andra grupper med dålig järnstatus är också riskgrupper.

Den största exponeringskällan för icke-rökare är livsmedel. Av alla barn överskrider mellan 4 och 59 % TVI bara genom maten. Av alla brunnsprouver ligger 95 % under en nivå där alla kan dricka vattnet utan att överstiga någon gräns. Det vill säga, man inte överstiger 10 % av TVI för spädbarn.

WHO rekommenderar att exponeringen för kadmium från dricksvatten bör utgöra max 10 % av det hälsorelaterade riktvärdet. WHO's "guideline value" för kadmium i dricksvatten ligger på 3 µg/l (World Health Organization., 2011). WHO's hälsobaserade referensvärde för totalexponering (25 µg/kg kv/månad vilket motsvarar ca 5,77 µg/kg kv/vecka) är dock mer än dubbelt så högt som Efsas TVI (2,5 µg kadmium/kg kroppsvikt/vecka). Använder man 10 % av TVI som allokering till dricksvatten resulterar halter över 1 µg/l i exponeringar över 10% TVI för alla åldersgrupper. Om man istället beräknar den uppskattade totalexponeringen (mat plus dricksvatten) underskrider 97 % av vuxna TVI vid 3 µg/l (Tabell 2). Eftersom osäkerheterna är stora och exponeringen ligger nära TVI, kan små avvikelser få stor betydelse för hur många som beräknas överskrida TVI.

Slutsatser

Det är små marginaler mellan Efsas hälsobaserade riktvärde (TVI) och uppskattad exponering från livsmedel. Detta lämnar ett litet utrymme för ytterligare exponering från dricksvatten, speciellt för barn.

Förutom barn är kvinnor, veganer och andra grupper med dålig järnstatus är också riskgrupper.

Den största källan till exponering är inte dricksvatten utan livsmedel. Exponeringen från dricksvatten ser relativt bra ut i Sverige men vissa brunnar har för höga halter.

I denna rapport beskriver vi en allokering till dricksvatten på 10 % av TVI. Det vill säga endast 0,25 µg Cd/kg kv/vecka får komma från dricksvatten. Om man utgår ifrån de olika koncentrationerna av kadmium i dricksvattnet kan följande slutsatser dras:

Vid halter över 3 µg/l överskrider alla allokeringen på 10% av TVI. Betydligt fler klarar allokeringen vid 1 µg/l men 92-100% av barn överskrider fortfarande allokeringen. Ska andelen barn som överskrider TVI inte öka väsentligt genom exponering via vatten kan halten inte vara över 0,5 µg/l. Av alla mätningar på svenska brunnar ligger 98% under denna nivå. Om spädbarn inte ska överstiga 10% av TVI från endast vatten kan halten inte ligga högre än 0,18 µg/l.

Referenser

AKESSON, A., BERGLUND, M., SCHUTZ, A., BJELLERUP, P., BREMME, K. & VAHTER, M. 2002. Cadmium exposure in pregnancy and lactation in relation to iron status. *Am J Public Health*, 92, 284-7.

AKESSON, A., JULIN, B. & WOLK, A. 2008. Long-term dietary cadmium intake and postmenopausal endometrial cancer incidence: a population-based prospective cohort study. *Cancer Res*, 68, 6435-41.

ALFVEN, T., ELINDER, C. G., CARLSSON, M. D., GRUBB, A., HELLSTROM, L., PERSSON, B., PETTERSSON, C., SPANG, G., SCHUTZ, A. & JARUP, L. 2000. Low-level cadmium exposure and osteoporosis. *J Bone Miner Res*, 15, 1579-86.

AMZAL, B., JULIN, B., VAHTER, M., WOLK, A., JOHANSON, G. & AKESSON, A. 2009. Population toxicokinetic modeling of cadmium for health risk assessment. *Environ Health Perspect*, 117, 1293-301.

BARREGARD, L., SALLSTEN, G., FAGERBERG, B., BORNE, Y., PERSSON, M., HEDBLAD, B. & ENGSTROM, G. 2016. Blood Cadmium Levels and Incident Cardiovascular Events during Follow-up in a Population-Based Cohort of Swedish Adults: The Malmo Diet and Cancer Study. *Environ Health Perspect*, 124, 594-600.

BJERMO, H., SAND, S., NALSEN, C., LUNDH, T., ENGHARDT BARBIERI, H., PEARSON, M., LINDROOS, A. K., JONSSON, B. A., BARREGARD, L. & DARNERUD, P. O. 2013. Lead, mercury, and cadmium in blood and their relation to diet among Swedish adults. *Food Chem Toxicol*, 57, 161-9.

CHENG, X., NIU, Y., DING, Q., YIN, X., HUANG, G., PENG, J. & SONG, J. 2016. Cadmium Exposure and Risk of Any Fracture: A PRISMA-Compliant Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine (Baltimore)*, 95, e2932.

CIESIELSKI, T., WEUVE, J., BELLINGER, D. C., SCHWARTZ, J., LANPHEAR, B. & WRIGHT, R. O. 2012. Cadmium exposure and neurodevelopmental outcomes in U.S. children. *Environ Health Perspect*, 120, 758-63.

DE ANGELIS, C., GALDIERO, M., PIVONELLO, C., SALZANO, C., GIANFRILLI, D., PISCITELLI, P., LENZI, A., COLAO, A. & PIVONELLO, R. 2017. The environment and male reproduction: The

effect of cadmium exposure on reproductive function and its implication in fertility. *Reprod Toxicol*, 73, 105-127.

EFSA 2009. SCIENTIFIC OPINION Cadmium in food. *The EFSA Journal*.

EFSA 2012a. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*.

EFSA 2012b. Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. *EFSA Journal*.

GALLAGHER, C. M., KOVACH, J. S. & MELIKER, J. R. 2008. Urinary cadmium and osteoporosis in U.S. Women \geq 50 years of age: NHANES 1988-1994 and 1999-2004. *Environ Health Perspect*, 116, 1338-43.

HIGASHIKAWA, K., ZHANG, Z. W., SHIMBO, S., MOON, C. S., WATANABE, T., NAKATSUKA, H., MATSUDA-INOGUCHI, N. & IKEDA, M. 2000. Correlation between concentration in urine and in blood of cadmium and lead among women in Asia. *Sci Total Environ*, 246, 97-107.

IARC 1993. Beryllium, cadmium, mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. Working Group views and expert opinions, Lyon, 9-16 February 1993. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 58, 1-415.

JULIN, B., BERGKVIST, C., WOLK, A. & AKESSON, A. 2013a. Cadmium in diet and risk of cardiovascular disease in women. *Epidemiology*, 24, 880-5.

JULIN, B., VAHTER, M., AMZAL, B., WOLK, A., BERGLUND, M. & AKESSON, A. 2011. Relation between dietary cadmium intake and biomarkers of cadmium exposure in premenopausal women accounting for body iron stores. *Environ Health*, 10, 105.

JULIN, B., WOLK, A., THOMAS, L. D. & AKESSON, A. 2013b. Exposure to cadmium from food and risk of cardiovascular disease in men: a population-based prospective cohort study. *Eur J Epidemiol*, 28, 837-40.

LARSSON, S. C., ORSINI, N. & WOLK, A. 2015. Urinary cadmium concentration and risk of breast cancer: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Am J Epidemiol*, 182, 375-80.

LIVSMEDELSVERKET 2006. Riksmaten – barn 2003. Uppsala: Livsmedelsverket.

LIVSMEDELSVERKET 2012. Riksmaten - vuxna 2010-11. Uppsala: Livsmedelsverket.

LIVSMEDELSVERKET 2017a. Kadmium i livsmedel, Riskvärderingsrapport

Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala.

LIVSMEDELSVERKET 2017b. Swedish Market Basket Survey 2015. Uppsala.

LIVSMEDELSVERKET, N. 2020. Contaminants in blood and urine from adolescents in Sweden. Livsmedelsverkets samarbetsrapport. Uppsala.

MOBERG, L., NILSSON, P. M., SAMSIOE, G., SALLSTEN, G., BARREGARD, L., ENGSTROM, G. & BORGFELDT, C. 2017. Increased blood cadmium levels were not associated with increased fracture risk but with increased total mortality in women: the Malmo Diet and Cancer Study. *Osteoporos Int*, 28, 2401-2408.

SAND, S. & BECKER, W. 2012. Assessment of dietary cadmium exposure in Sweden and population health concern including scenario analysis. *Food Chem Toxicol*, 50, 536-44.

SATARUG, S. & MOORE, M. R. 2004. Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environ Health Perspect*, 112, 1099-103.

TINKOV, A. A., FILIPPINI, T., AJSUVAKOVA, O. P., SKALNAYA, M. G., AASETH, J., BJORKLUND, G., GATIATULINA, E. R., POPOVA, E. V., NEMERESHINA, O. N., HUANG, P. T., VINCETI, M. & SKALNY, A. V. 2018. Cadmium and atherosclerosis: A review of toxicological mechanisms and a meta-analysis of epidemiologic studies. *Environ Res*, 162, 240-260.

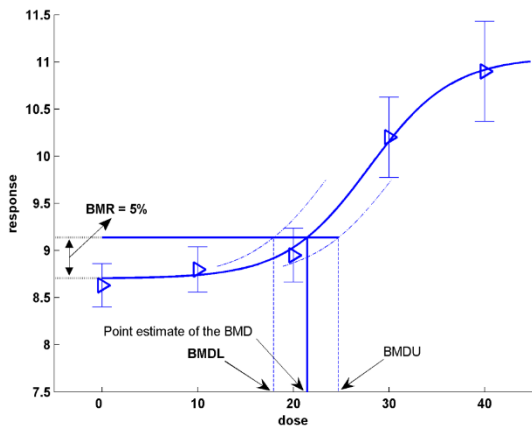
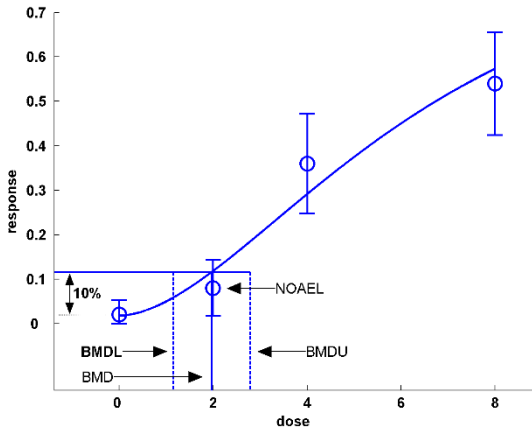
WALLIN, M., BARREGARD, L., SALLSTEN, G., LUNDH, T., KARLSSON, M. K., LORENTZON, M., OHLSSON, C. & MELLSTROM, D. 2016. Low-Level Cadmium Exposure Is Associated With Decreased Bone Mineral Density and Increased Risk of Incident Fractures in Elderly Men: The MrOS Sweden Study. *J Bone Miner Res*, 31, 732-41.

WHITLOCK, B. T. H. 2014. Egenskaper hos vattenanalysdata i Vattentäcksarkivet. Sveriges geologiska undersökning.

WHO 2017. Guidelines for Drinking-water Quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: WHO.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2011. *Guidelines for drinking-water quality*, Geneva, World Health Organization.

Bilaga 1

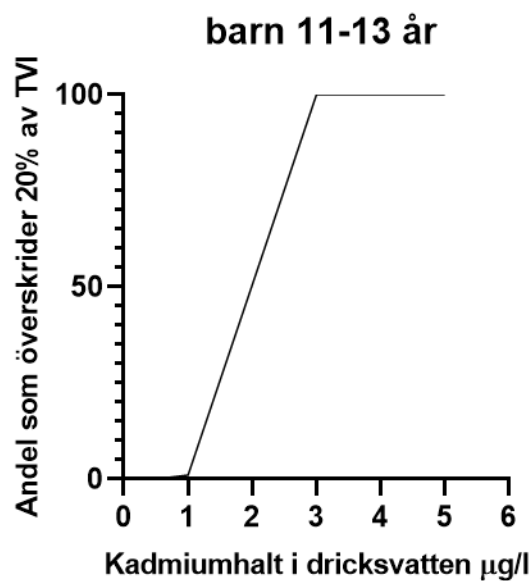
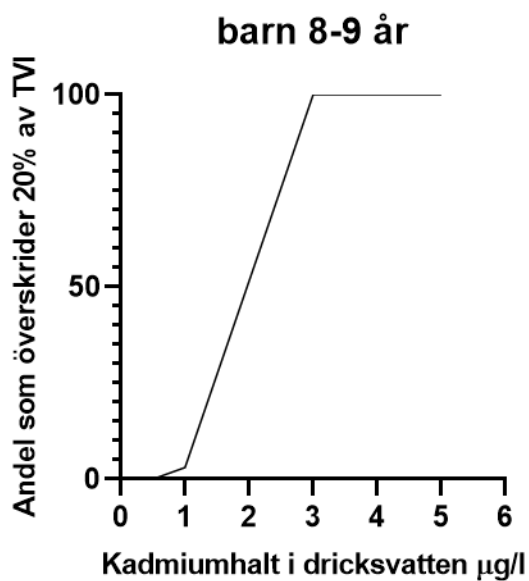
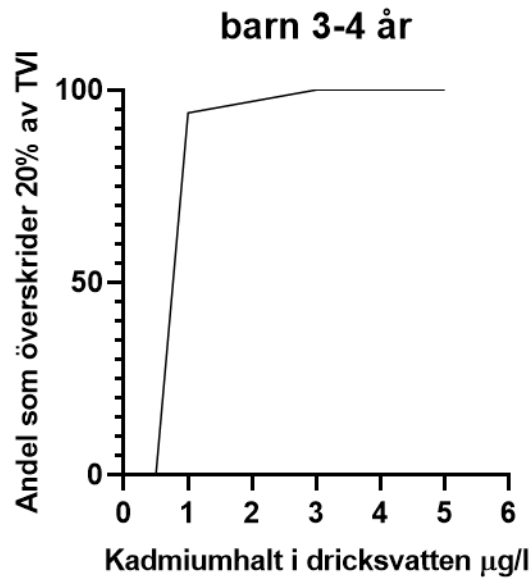
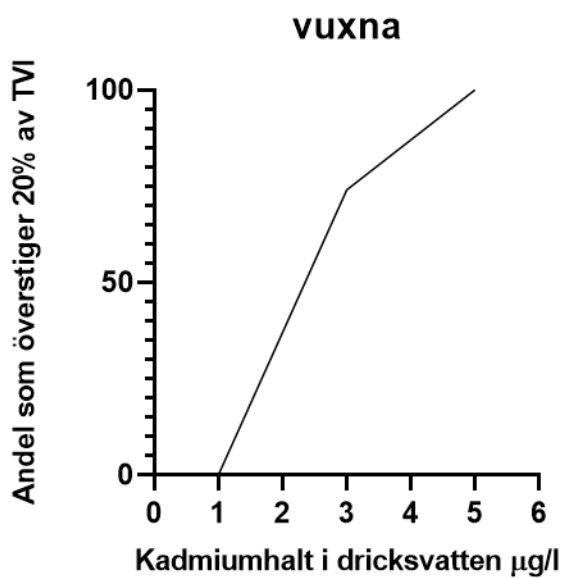


Översikt om benchmark dosmetoden

(BMD metoden). Den övre figuren visar en dos-responskurva anpassad till data som beskriver andelen (%) individer/djur som erhållit en viss hälsoeffekt/sjukdom vid (4) olika doser av ett kemiskt ämne, s.k. quantal data (respons eller ingen respons). Dos-responskurvan beskriver i detta fall hur sannolikheten för hälsoeffekten beror av dos. BMD är den dos som motsvarar en specificerad förändring i sannolikhet jämfört med utfallet i kontrollgruppen enligt kurvan. Denna responsförändring kallas benchmarkrespons (BMR) och är som standard 10% då data från djurstudier utgör underlaget [BMR definieras vanligen som en förändring relativt magnituden mellan 1 (maxvärdet) och bakgrundsvärdet].

Den nedre figuren beskriver på liknande sätt en dos-responskurvan, men för s.k. kontinuerliga data, där graden av effekt observeras hos respektive individ, och inte bara huruvida effekten erhållits eller ej. Exempel på kontinuerliga effektdata är organvikter eller biokemiska markörer. Här beskriver dos-responskurvan hur medelresponsen beror av dos, och BMD motsvarar en förändring av denna medelrespons jämfört med kurvans värde vid nolldosen. Ett BMR på 5% (förändring relativt bakgrundsmedelvärdet) är standard då data på djurstudier utgör underlaget. För bly används dock epidemiologiska data där BMR är satt till 1% dvs minskning av IQ med en enhet. Som kan noteras i figurerna beräknas ett konfidensintervall för BMD för att beakta statistiska osäkerheter. Den lägre och övre konfidensgränsen kallas BMDL respektive BMDU. BMDL är den dos som med hög säkerhet motsvarar en effektnivå som inte är högre än specificerat BMR. BMDL utgör startpunkt för fortsatt riskvärdering som i fallet med icke-gentoxiska effekter involverar division med osäkerhetsfaktorer/bedömningsfaktorer för framtagande av tolerabelt intag (TDI eller TVI) eller motsvarande. BMD rekommenderas över det traditionella s.k. NOAEL (se övre figur) i risvärderingprocessen

Bilaga 2



Andel (%) av befolkningen för vilka exponering från dricksvatten överstiger 20 % av TVI vid olika kadmiumhalter.

