



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Rapport

Bly och kadmium i vegetabilier odlade kring Rönnskärsverken, Skelleftehamn 2017 + 2022

av Anna Augustsson





Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	1
<i>Bakgrund</i>	2
Utsläppshistorik.....	2
Metaller i jord.....	3
Metaller i vegetabilier	4
<i>Syfte och avgränsningar</i>	5
<i>Provtagning och analys</i>	5
Provtagning och provbearbetning	5
Kemisk analys.....	7
<i>Bedömning av haltnivåer och risker för människors hälsa</i>	7
Riskkaraktärisering	10
<i>Resultat</i>	12
Bly och kadmium i sallad och vinbär	12
Betydelsen av avstånd till smältverket.....	15
Bedömning av risker för konsumenter.....	16
Bly.....	16
Kadmium	18
Samlad bild samt rekommendationer	19
<i>Referenser</i>	20



Sammanfattning

Sedan 1979 har sallad och vinbär provtagits vart 5e-6e år (1979, 1985, 1990, 1996, 2001, 2006, 2012, 2017 och 2022) runt Rönnskärsverken i Skelleftehamn, och analyserats med avseende på innehåll av bly och kadmium. Den senaste rapporten från extern part som tolkat dessa resultat skrevs av Livsmedelsverket år 2014, och utgick då främst från resultaten från år 2012. Nu har en uppföljning gjorts av Linnéuniversitetet, med fokus på resultaten från 2017 och 2022 års provtagningar.

I rapporten från 2014 blev slutsatsen att koncentrationerna av både Pb och Cd, i närapå samtliga sallads- och vinbärsprover låg under då rådande gränsvärden för kommersiellt saluförda livsmedel inom EU. Sedan 2023 gäller en ny förordning, och i den har gränsvärdena för Cd skärpts. I materialet från 2017 och 2022 ligger omkring en femtedel av de analyserade Pb-halterna över EUs gränsvärden, för både sallads- och vinbärsproverna efter sköljning. För Cd låg ett par prover över EUs gränsvärden för sallad, medan samtliga klarade gränsen för vinbär. Som komplement så görs i denna rapport även en jämförelse med normalvärden för sallad och bär från butik, vilka finns publicerade av den europeiska livsmedelsmyndigheten (EFSA). En sådan jämförelse är ett bra tillägg till utvärderingen mot EUs gränsvärden, eftersom de sistnämnda är satta för att skydda konsumenter som äter kommersiella livsmedel - som ju kommer från olika platser/leverantörer. Enstaka portioner med ett högre innehåll av t.ex. Pb kan då tolereras. Skulle samtliga livsmedel man åt däremot ha de haltnivåer som gränsvärdena anger, kan totalintaget bli högre än vad som bedöms som hälsomässigt säkert. När salladen och vinbären från Rönnskärsområdet jämförs med redovisade normalhalter så framkommer att den stora majoriteten av Pb- halterna och samtliga uppmätta Cd-halter är förhöjda, motsvarande ungefär de nivåer man kan vänta sig i urbana miljöer. Det innebär att exponeringen kan förväntas vara högre för boende runt Rönnskär som äter egenodlade livsmedel än för en konsument som har samma konsumtion, men köper samtliga sina vegetabilier i butik. Exponeringen ökar i princip i proportion till andelen hemodlat man äter. De exponeringsberäkningar som gjorts för denna rapport utgår från den haltdata som erhöles för sallad, och de extrapoleringar som görs till den totala grönsakskonsumtionen ska därmed endast se som en indikation på möjlig riskökning.

För **ett rimligt normalscenario**, som kännetecknas av en genomsnittlig kroppsvikt, genomsnittlig grönsakskonsumtion, och där man som hemmaodlare runt Rönnskär antas odla 10% av sina grönsaker själv, så beräknas medianexponeringen av Pb vara ca 1,3 gånger högre för den som äter egenodlade grönsaker runt Rönnskär än för en referensperson som köper alla sina grönsaker i butik. Det högsta intaget av Pb runt Rönnskär vid 10% egenodling befanns vara 6,9 gånger så högt som för referenspersonen. Detta högsta värde är det som erhålls om man beräknar intaget utifrån datan från den trädgård som hade högst Pb-koncentration i den analyserade salladen. Motsvarande siffror för Cd är snarlika; 1,3 respektive 7,2 gånger.



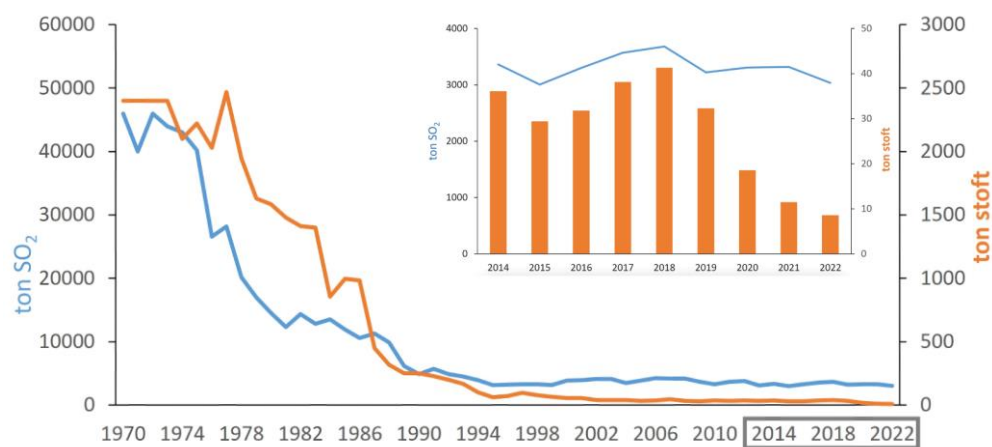
För ett **högriskscenario**, kännetecknat av en hög grönsakskonsumtion relativt kroppsvikt, och där hemmaodlaren antas producera 50% av sina grönsaker själv, så blir medianexponeringen runt Rönnskär 2,6 gånger så hög för Pb och 2,4 gånger för Cd, medan den maximala exponeringen blir så mycket som 30 och 32 gånger så hög som för en referensperson med samma konsumtion, men som köper all sallad i butik.

Eftersom resultaten och slutsatserna ovan baseras på sköljda prover så bedöms just sköljning inte vara en tillräcklig åtgärd för personer som äter stora mängder hemodlade bladgrönsaker. De bör även uppmuntras att odla i köpt planteringsjord, och gärna i växthus för att minimera deposition av luftburna partiklar.

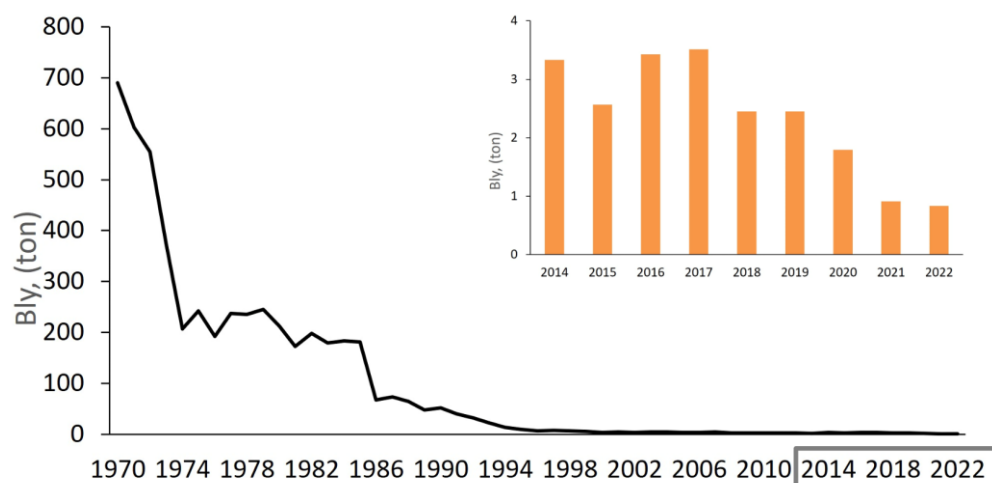
Bakgrund

Utsläppshistorik

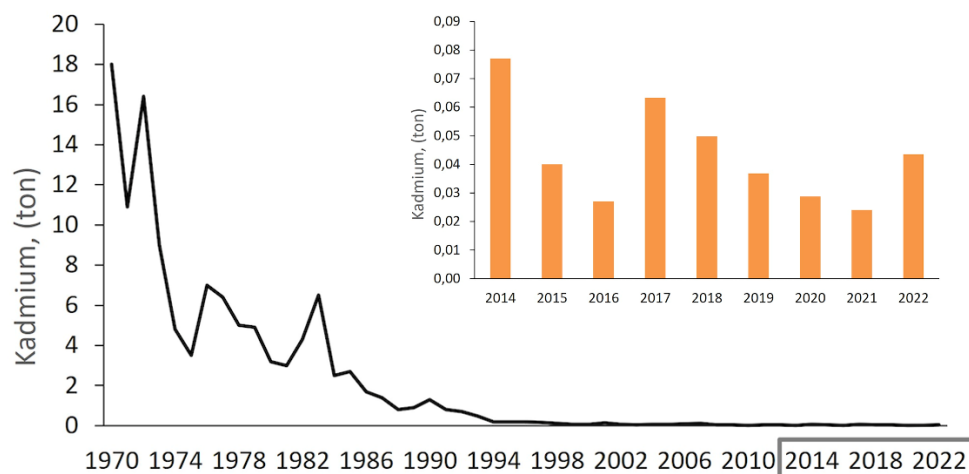
Bolidens anläggning Rönnskär i Skelleftehamn togs i drift 1930 och utgör idag ett av världens mest effektiva kopparsmältverk. Här utvinns metaller från komplexa sulfidmalmer och sekundära råvaror som t.ex. elektronikskrot och bilbatterier. Huvudprodukterna är koppar (Cu), bly (Pb) och zinkklinker (ZnO), jämte ädelmetaller som guld (Au) och silver (Ag). Parallellt produceras svavelsyra (H_2SO_4) och svaveldioxid (SO_2). Historiskt har verksamheten gett upphov till betydande utsläpp av metallerna ovan samt av SO_2 , men även av sådana metaller som utgör föroreningar i de processade malmerna, främst arsenik (As, som även var en produkt fram tills slutet av 1980-talet), kadmium (Cd), och kvicksilver (Hg). Sedan början av 1970-talet har omfattande åtgärder för att minska emissionerna införts, och utsläppen till luft har minskat kraftigt. **Figur 1** visar trenden för stoft och SO_2 , och **Figur 2 och 3** illustrerar utveckling för Pb respektive Cd.



Figur 1. Utsläpp av svaveldioxid (SO_2) och stoft till luft från Boliden Rönnskär, perioden 1970-2022. Figur från Boliden Rönnskärs Miljörapport 2022.



Figur 2. Utsläpp av bly till luft från Boliden Rönnskär, perioden 1970-2022. Figur producerad av Boliden Rönnskärs miljöavdelning.



Figur 3. Utsläpp av kadmium till luft från Boliden Rönnskär, perioden 1970-2022. Figur producerad av Boliden Rönnskärs miljöavdelning.

Metaller i jord

De risker som är kopplade till området idag är framförallt förknippade med de metaller som deponerats efter tidigare utsläpp. Tidigare undersökningar har påvisat förhöjda metallhalter i ytjord, i såväl skogsmark som tomtmark (Tyréns, 2023). Avseende risker med konsumtion av vegetabilier från egen trädgård är det främst tomtmark som är relevant. Ytjord från tomtmark, företrädesvis gräsmattor, provtogs under hösten 2022 av miljökonsultfirman Tyréns från områdena Skelleftehamn (ca 3 km norr om Rönnskär), Ursviken



(6 km åt nordväst), Örviken (4 km åt sydväst) och Bureå (6 km söder om Rönnskär). Totalt analyserades 146 markprover från de övre ca 4 decimetrarna från 23 olika tomter för bestämning av As, Cd, Cu, Hg, Pb och Zn. Koncentrationerna bestämdes enligt analyspaket M-2 på ALS Scandinavia i Luleå, vilket innefattar extraktion med koncentrerad salpetersyra. Resultaten i mg/kg torrsvikt finns sammanfattade i **Tabell 1**. Kvicksilver finns inte med i tabellen då flertalet analyser för detta element var under rapporteringsgräns.

Som jämförelse redovisas i tabellen också de generella riktvärden som Naturvårdsverket (2009) tagit fram för riskbedömningar av förorenade områden, där två bedömningsnivåer finns: en som gäller för så kallad *Känslig Markanvändning* (KM) och en för *Mindre Känslig Markanvändning* (MKM). Riktvärdena för känslig markanvändning gäller när marken används på sådana sätt att människor kan komma i väsentlig kontakt med den. Detta gäller till exempel för bostadsområden, där man bland annat beaktar att människor ska kunna anlägga egna trädgårdsland för odling av grönsaker. KM-gränsvärdena är dock även satta med hänsyn tagen till att ett gott skydd ska erhållas också för t.ex. marklevande organismer och lokalt grundvatten, så det är inte för alla metaller skydd av just människa som är dimensionerande. Mindre känslig markanvändning har man till exempel på industriområden, och på ytor som byggs över med till exempel vägar, parkeringsplatser och shoppingcentra, där kontakten med underliggande jord kommer att vara begränsad. För det scenario som fokuseras på här, det vill säga bostadsområden med odling av grönsaker, så är det alltså KM-gränsvärdena som är mest tillämpliga för jämförelse.

Som synes av **Tabell 1** så uppmättes samtliga metaller relativt ofta i halter över gränsen för KM, och detta gällde framförallt för As och Pb, som tillsammans med Cd utgör de metaller som är mest allvarliga ur hälsosynpunkt. **Tabell 1** sammanfattar också jämförelsekoncentrationer för icke föroreningspåverkad åkermark och för urban odlingsjord. Jämförelsedata för svensk åkermark kommer från SGUs Geokemiska atlas över Sverige (Andersson m.fl., 2014), och halterna för urbana odlingsjordar är hämtade från Qvarforth m.fl. (2022). Undantaget arsenik så är alltså halterna i tomtmark runt Rönnskär moderata i förhållande till vad man finner i storstäder, men höga jämfört med vad som är normalt för åkermark.

Metaller i vegetabilier

Halten av tungmetaller i grönsaker och bär från Rönnskärsområdet har analyserats regelbundet sedan 1979 (år 1979, 1985, 1990, 1996, 2006, 2012, 2017 och 2022). Över tid har undersökningarna smalnats av till att fokusera på innehållet av enbart Pb och Cd i sallad och vinbär. Den senaste omgången med prover som analyserats av en oberoende, extern part är den från 2012 års provtagning, och resultaten härifrån finns beskrivna i en rapport från Livsmedelsverket (Engman m.fl. 2014). Från de tidsserier som fanns



tillgängliga vid den tidpunkten så kunde man se en trend mot minskande halter över tid av Cd i sallad såväl som i vinbär, och för Pb i vinbär – dock inte tydligt i sallad. Ända sedan provtagningens start har man dock funnit att en del prover innehåller måttligt förhöjda halter av både Cd och Pb, vilket lett till rekommendationer till boende i området att skölja hemodlade livsmedel innan konsumtion.

Tabell 1. Koncentrationer (mg/kg torrsvikt) av metaller som uppmätts i de övre ca 40 cm av jord från tomtmark runt Rönnskär, samt som jämförelse från motsvarande djup från 21 koloniträdgårdar i europeiska storstäder (Qvarforth m.fl. 2022) och från svensk åkermark (Andersson m.fl. 2014).

	Min-Max	Medel	Median	Riktvärde KM	Riktvärde MKM	Andel över KM	Andel över MKM
As - Rönnskär	4,4-205	29	23	10	25	96%	40%
- Från åkermark	1,5*-16,2		2,7				
- Från stadsmiljö	3,9-130	21	11				
Cd - Rönnskär	0,10-6,1	0,75	0,59	0,8	12	31%	0%
- Från åkermark	0,10*-0,67		0,15				
- Från stadsmiljö	0,092-7,4	1,3	0,71				
Cu - Rönnskär	9,4-563	78	58	80	200	31%	4%
- Från åkermark	7,0*-52		10				
- Från stadsmiljö	16-690	140	46				
Pb - Rönnskär	6,3-605	73	55	50	180	55%	5%
- Från åkermark	9,0*-52		12				
- Från stadsmiljö	21-1900	330	110				
Zn - Rönnskär	34-1400	176	115	250	500	15%	5%
- Från åkermark	30*-137		47				
- Från stadsmiljö	61-2000	420	190				

* Minvärdena för svensk åkermark är egentligen för den 25e percentilen.

Syfte och avgränsningar

Syftet med denna rapport är att följa upp tidigare genomförda analyser med data från år 2017 och 2022. Under båda dessa år har fokus för provtagningen varit sallad och vinbär, och metallerna som analyserats har varit Pb och Cd.

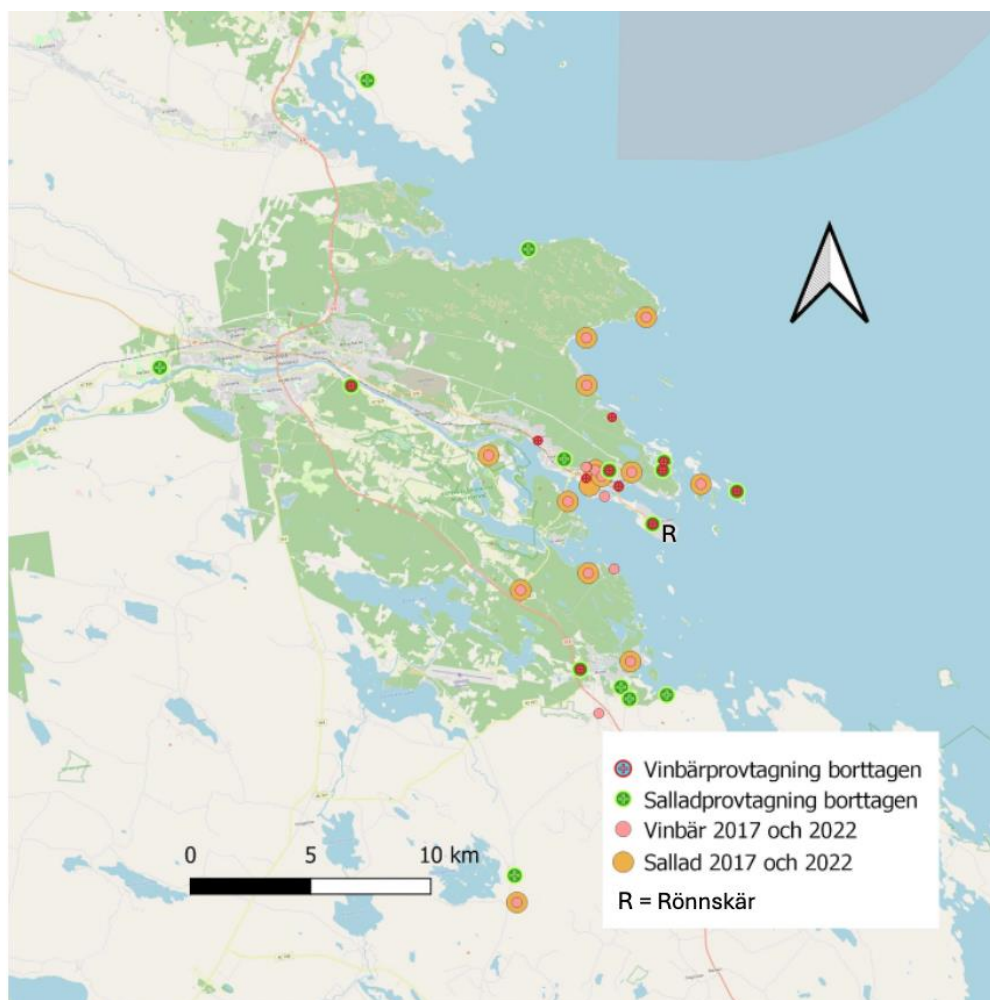
Provtagning och analys

Provtagning och provbearbetning

För att följa utvecklingen över tid har ambitionen över hela övervakningsperioden, dvs ända sedan 1979, varit att i möjligaste mån återkomma till samma trädgårdar för upprepad provtagning. Eftersom flera fastigheter bytt ägare har dock en del provpunkter försvunnit över tid. För att bibehålla ett tillräckligt högt antal provtagningspunkter totalt har det i sin tur inneburit att några nya punkter tillkommit. Av de 21 tomter där man odlade sallad vid den allra första analysomgången 1979 så finns bara 9 kvar bland de totalt 14 provpunkterna år 2022. De exakta siffrorna är lite annorlunda när man beaktar provtagningsplatserna för vinbär, men även här har



provtagningspunkterna delvis ändrats. Detta försvårar möjligheten att dra robusta slutsatser om förändringar över tid. Kartan i **Figur 4** visar var provpunkterna från år 2017 och 2022 ligger, samt var provpunkter som försvunnit legat.



Figur 4. Karta provpunkter.

De hushåll som bidrog med salladsprover under åren 2017 och/eller 2022 fick inför odlingssäsongen, liksom vid föregående år, fröer från Boliden Rönnskär så att variationer i metallackumulation mellan fastigheter och mellan år inte skulle kunna ha att göra med att man odlat olika sorters sallad. Sallad som nått konsumtionsstorlek, samt mogna vinbär, skördades från de deltagande trädgårdarna av personal från konsultfirma. Alla salladsprover sköljdes noggrant med avjoniserat vatten, det vill säga vatten som renats från bland annat metalljoner, innan de packades i plastpåsar och skickades för analys. Vinbären från varje trädgård delades upp på två delprover, varav det ena sköljdes.



Sedan Livsmedelsverkets rapport (2014) har 28 nya salladsprover samlats in, från 18 olika platser; 14 vardera år 2017 och 2022. Av dessa så var det 10 punkter som överlappade. Under samma tid har 36 nya vinbärsprover tagits; 21 stycken år 2017 och 15 stycken år 2022, från 22 olika platser. Av de 15 lokalerna som provtogs 2022 så var det 14 som ingick även 2017.

Kemisk analys

Koncentrationerna av Pb och Cd analyserades på det ackrediterade laboratoriet ALS Scandinavia i Luleå med ICP-SFMS, vilket är en känsligare form av ICP-MS (masspektrometer med induktivt kopplad plasma som jonkälla), där massan mäts även med en magnetsektor. Inför analys vägdes först de färska proverna, därefter torkades de i torkskåp, och sedan vägdes de på nytt för bestämning av vattenhalt. Proverna maldes sedan och löstes upp för att kunna injiceras i analysinstrumentet. Vid analysen år 2022 så användes en standardmetod för att lösa upp proverna (analyspaket F-15), baserad på en blandning av salpetersyra (HNO_3) och väteperoxid (H_2O_2). Detta ger en fullständig upplösning av växtmaterialet. Till proverna från 2017 så tillsattes även en liten mängd fluorvätesyra (HF), vilket ger upplösning även av små jordpartiklar som kan sitta inuti eller utanpå proverna. Det innebär att den provbehandling som användes år 2017 är aningen starkare, det vill säga kan ge något högre koncentrationer för en del element. För Pb och Cd är skillnaden dock i allmänhet liten. All provhantering sker i utrymmen med anpassad ventilation och med utrustning som håller risken för kontaminering av provmaterialen till ett minimum. För att resultatens riktighet och precision ska kunna valideras, har samtliga körningar dessutom innefattat blankprover, standardlösningar, certifierade referensmaterial och ett antal dubbelprover.

Bedömning av haltnivåer och risker för människors hälsa

Koncentrationerna av Pb och Cd i sallad och vinbär kan bedömas utifrån olika frågeställningar, antingen utifrån vad som är *normalt* eller vad som bedöms som *säkert* för konsumtion.

Huruvida halterna i de analyserade livsmedlen från Rönnskärsområdet är normala, eller representativa för vad man som genomsnittlig grönsakskonsument kan exponeras för, kan avgöras genom att halterna runt Rönnskär jämförs med halter som uppmätts i kommersiellt odlade grönsaker. Här tillhandahåller den europeiska livsmedelsmyndigheten EFSA gedigna underlag utgående från ett stort antal analyser på livsmedel från många europeiska länder. Dessa finns, för jämförelse, sammanfattade i kolumn A av **Tabell 2** nedan.



Det finns förvisso en del data från Sverige också, men den är mycket begränsad relativt EFSA:s sammanställningar. Livsmedelsverket publicerade till exempel en rapport om metaller i frukt, bär, grönsaker och svamp år 2016, men antalet prover är begränsat och det skiljer stort i tid när analyserna gjorts. Det kan ändå vara värt att notera att halterna som redovisas för sallad och vinbär i den svenska rapporten (SLV, 2016) är lägre än de som redovisas av EFSA, framförallt för Pb. För att illustrera detta så ligger även medel- och maxvärden från det svenska underlaget med i **Tabell 2**. Ytterligare en viktig kontrollfunktion för att övervaka innehållet av olika ämnen i svenska livsmedel är Livsmedelsverkets återkommande matkorgsundersökning. Den hänvisades till i den analys av haltdata från Rönnskärsområdet som gjordes av AMMnorr (2020). Matkorgsundersökningarna, där den senaste genomfördes år 2015 (SLV, 2017), syftar dock till att bestämma genomsnittligt innehåll av olika ämnen i bredare kategorier av livsmedel. Till kategorin grönsaker räknas därför både färska, frysta och konserverade grönsaker av många olika slag, och analysen har gått till så att alla livsmedel som räknats till denna kategori har mixats ihop och analyserat som ett enda så kallat samlingsprov. Därför finns ingen data att tillgå här avseende innehållet specifikt i t.ex. sallad.

För att avgöra huruvida halterna är ”säkra” för konsumtion så är det enklaste, och vanligaste, sättet att jämföra halterna i de livsmedel man vill utvärdera med gränsvärden för maximalt tillåtna koncentrationer i kommersiella livsmedel. Här har EU-kommissionen under våren 2023 antagit den nya förordningen (EU) 2023/915, vilken ersätter förorening (EG) nr 1881/2006. Den sistnämnda har tidigare tillämpats vid bedömning av sallads- och vinbärdata från Boliden, t.ex. i Livsmedelsverkets rapport från 2014. De nya gränsvärdena återges i kolumn B av **Tabell 2**, och innebär en skärpning för Cd.

Av **Tabell 2** framgår att det är sällsynt att sallad och bär som säljs i butik inom EU innehåller Pb och/eller Cd över de maximalt tillåtna halterna. En viktig detalj att ha med sig när man tolkar data från förorenade områden, som i Bolidenfallet, är att de gränsvärden som anges i B-kolumnen av **Tabell 2** inte självklart kan översättas till koncentrationer som är säkra för konsumtion i alla lägen. Skulle man till exempel äta mycket frukt och grönt som konsekvent innehöll metaller vid just gränsvärdeskoncentrationerna så skulle den totala dosen hamna över vad som bedöms som hälsomässigt tolerabelt.



Tabell 2. Referensvärden (i mg/kg färskvikt) som kan användas för att bedöma om Pb- och Cd- halter i sallads- och vinbärsprover är förhöjda jämfört med:

A) vad som observerats i kommersiella livsmedel enligt den europeiska livsmedelsmyndigheten (EFSA, 2009; EFSA, 2010) samt svenska livsmedelsverket (SLV, 2016). När dessa jämförvärden beräknats för Pb har koncentrationer under laboratoriets rapporteringsgräns satts till just gränsvärdet. För Cd har alla värden under rapporteringsgräns satts till halva rapporteringsgränsens värde;

B) gränsvärden för kommersiellt saluförda livsmedel enligt förordning (EU) 2023/915, vilken ersätter förordning (EG) nr 1881/2006. De uppdaterade gränsvärdena har inneburit en sänkning av den tillåtna halten av Cd i både sallad (från tidigare 0,20 mg/kg) och små bär och små frukter (tidigare 0,050 mg/kg). Gränsvärdena för Pb är oförändrade.

	A). Halter i kommersiella produkter		B) Gränsvärden enl. förordn. (EU) 2023/915	
	Pb	Cd	Pb	Cd
Sallad	EFSA N = 2303 ^a P5= 0,0050 Median = 0,0200 Medel=0,0631 P95= 0,1860 Max=11,30	EFSA N = 2389 ^a P5= 0,0005 Median = 0,0150 Medel=0,0231 P95= 0,0730 Max=0,2000	0,30 ^a	0,10 ^a
	SLV N = 21 ^e Medel= 0,0087 Max= 0,014	SLV N = 21 ^e Medel= 0,0086 Max=0,0340		
Vinbär	N = 1435 ^b P5= 0,0030 Median = 0,0110 Medel=0,0262 P95= 0,0860 Max=3,700	N = 4300 ^c P5= 0,0002 Median = 0,0005 Medel=0,0039 P95= 0,0162 Max=0,0500	0,20 ^d	0,030 ^b
	SLV N = 9 ^d Medel=0,0151 Max= 0,06	SLV N = 10 ^d Medel= 0,0013 Max= 0,003		

^a = bladgrönsaker

^b = bär och små frukter

^c = frukt

^d = vinbär

^e = isbergssallad, plocksallad, machesallad



Vi kan ta ett räkneexempel med Pb för att illustrera detta: Livsmedelsverket uppger en grönsakskonsumtion på ca 360 gram per dag för vuxna högkonsumenter (SLV, 2012). Anta att en person som väger 70 kg äter den mängden, och att grönsakerna innehåller Pb motsvarande EUs gränsvärde för sallad, dvs 0,30 mg/kg. Då skulle det dagliga intaget av Pb bli 1.5 µg/kg-dag; att jämföra med den lägsta effektdosen som är 0.63 µg/kg-dag (EFSA, 2010). För en person som köper all sin, låt säga, sallad i butik så kommer dock salladen man äter över tid att komma från olika leverantörer. Under sådana förhållanden kan enstaka förpackningar ha något förhöjda halter utan att det ökar risken väsentligt; den genomsnittliga exponeringen över tid hålls nere av att man även äter sallad från andra platser/leverantörer. Vid en riskbedömning av det slag som görs här, där man ska bedöma riskerna för personer som äter sallad från en och samma plats, dvs den egna trädgården, kan man inte på samma sätt anta att vissa portioner med relativt hög föroreningshalt vägs upp av att de flesta andra portioner har lägre halter. Denna omständighet innebär att jämförelser med gränsvärden för kommersiella livsmedel kan underskatta risken, och därmed blir jämförelser med normalvärden för dessa sorters livsmedel en bättre måttstock, eller i alla fall ett bra komplement.

Riskkaraktärisering

För en teoretisk kvantifiering av hur exponeringen för Pb och Cd ser ut för grönsakskonsumenter runt Rönnskär jämfört med normalbefolkningen så kan man börja med att uppskatta exponeringen för en referenskonsument som köper alla sina grönsaker i butik. Därefter, beräkna exponeringen av Pb och Cd för hemmaodlare runt Rönnskär. Med exponering avses helt enkelt intaget, vilket normalt anges som antalet mikrogram Pb eller Cd som man i genomsnitt får i sig per kilo kroppsvikt och dag (enheten blir då µg/kg-dag). Här kan man förstås räkna på en nästan oändlig mängd olika scenarier, men för att uttala sig om risker är det ofta lämpligt att utvärdera dels hur det ser ut för ett ”rimligt normalscenario”, dels för ett ”högrisksscenario”. Vid risker kopplade till grönsakskonsumtion så tänker man sig att personen i normalscenariot representerar någon som äter en genomsnittlig mängd frukt och grönsaker och också har en genomsnittlig kroppsvikt. För gruppen som odlar hemma antar man att ”normalpersonerna” äter en betydande, men fullt rimlig, andel från egen odling (medan resten kommer från affär).

De hypotetiska personerna som man vill beskriva i ”högriskscenariot” har en hög frukt- och grönsakskonsumtion, en låg kroppsvikt, och de som ägnar sig åt hemodling får också en stor del av sina egna vegetabilier från egen odling. I denna rapport så görs antagandet att 10% av de vegetabilier som ”normalkonsumenten” äter (både grönsaker, frukt, bär och svamp) kommer från egen odling eller från närområdet. För ”högriskskonsumenterna” antas 50% av intaget vara hemodlat eller lokalt.

Det totala Pb- samt Cd-intaget via hemodlade grönsaker från Rönnskärsområdet, uttryckt i µg/kg-dag, erhålls då genom att den totala dagliga grönsakskonsumtionen (Rig) först korrigeras för andelen som är



hemodlad (fhg) och sedan multipliceras med Pb-(eller Cd-)koncentrationen i de hemodlade grönsakerna (Cveg). Detta totala intag divideras sedan med kroppsvikten (BW):

$$I_{veg} = \frac{R_{ig} * fhg * C_{veg}}{BW}$$

Motsvarande beräkning görs sedan för intaget av Pb och Cd via köpta grönsaker, men då baserat på hur stor andel av grönsakskonsumtionen som dessa står för (här alltså 90 eller 50%) och haltdata i dessa grönsaker. Det totala intaget för hemmaodlare runt Rönnskär blir sedan lika med summan av båda beräkningarna. För referenspersonerna som köper alla sina grönsaker i affär är det bara denna sistnämnda beräkning som är aktuell.

En begränsning när denna analys nu tillämpas på Rönnskärs-datat är förstås att det tillgängliga underlaget inte speglar alla de olika sorters grönsaker, frukt, bär och svamp som teoretiskt (eller i praktiken) konsumeras från området. Vi kan bara göra beräkningarna på sallad och/eller vinbär, och får sedan anta att effekten vi ser på Pb- och Cd- exponeringen för de som äter lokala vegetabilier också gäller om man skalar upp och beaktar att man i praktiken äter även andra saker. Eftersom bra jämförelsedata finns för kommersiellt odlad sallad, men inte vinbär, så används endast sallad i denna rapport för att skatta om och i så fall hur mycket högre intaget av Pb och Cd kan vara för boende runt Rönnskär. Resultaten baserade på detta underlag ger alltså en uppskattning av **hur många gånger högre exponeringen via grönsaker kan vara runt Rönnskär relativt normalbefolkningen**, men de rymmer osäkerheter eftersom det inte är säkert att haltökningen som vi ser i den egenodlade salladen (jämfört med sallad från butik) gäller för alla sorters hemodlade grönsaker. Förmodligen överskattas riskerna när man utgår från sallad; både för att sallad är känd för att ta upp många metaller från mark mer effektivt än många andra grönsaker, och för att sallad har en stor yta i förhållande till volym och således är mer utsatt för deposition av luftburna jordpartiklar som kan vara förorenade (RIVM, 2007).

Beräkningarna utgår vidare enbart utifrån vuxna kvinnliga konsumenter, eftersom vuxna personer – och framförallt kvinnor - generellt äter mer grönsaker än barn, även uttryckt per kilo kroppsvikt. För att definiera kroppsvikt i beräkningarna användes medelvärdet (68 kg) och den 5e percentilen, P5, (52 kg) från Filipsson m.fl. (2011). Den dagliga konsumtionen av sallad (R_{ig}) beräknades utifrån rådata som beställdes från Livsmedelsverket och deras senaste Riksmaten-undersökning för vuxna, vilken genomfördes 2010-2011 (SLV 2012). Deras slutgiltiga rapport redovisar bara det samlade grönsaksintaget, men specifikt för sallad så var medelvärdet 13 gram per dag och högkonsumentvärdet (P95) 96 gram/dag. För de ”normalkonsumenter” som åt en del hemodlat så antogs alltså den andelen (fhg) vara 10% och för ”högkonsumenten” antogs 50%. Någon data över andelen hemodlade grönsaker bland svenska konsumenter finns inte att tillgå, så dessa procentsiffror är antaganden. Att man skulle äta 50% av just



sallad från egen odling är förstås inte ett realistiskt scenario givet att sallad har en så kort växtsäsong och inte går att lagra, men siffran är tänkt att spegla den totala andelen grönsaker, frukt, bär och svamp som är hemodlad eller lokal.

Resultat

Bly och kadmium i sallad och vinbär

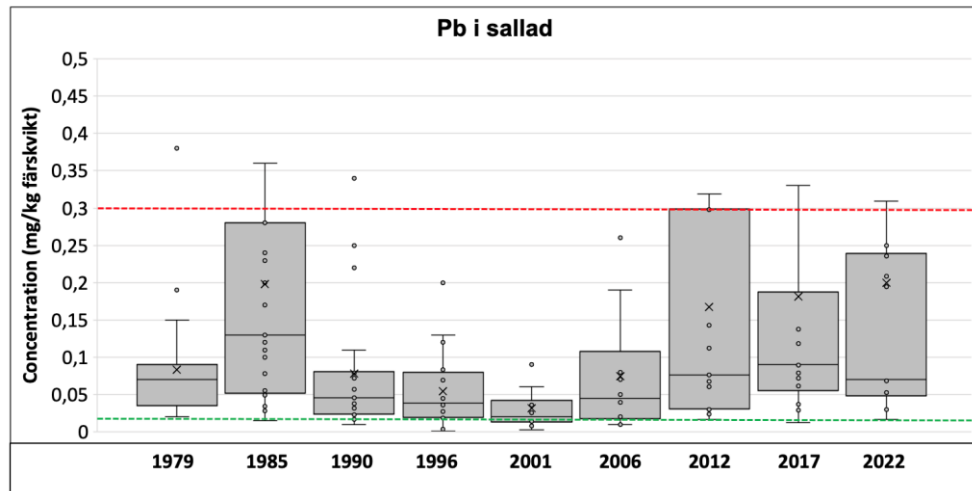
Trots att utsläppen av Pb och Cd till luft minskat kraftigt sedan den första sallads- och vinbärsprovtagningen 1979 så ligger koncentrationerna i de analyserade vegetabilerna fortfarande högt. En sammanfattning över halterna över tid ges i **Figur 5 och 6**, och rådata finns presenterad i **Bilagan** till denna rapport.

När de uppmätta koncentrationerna från 2017 och 2022 jämförs med referensdatan från **Tabell 2**, så framkommer att omkring en femtedel av både salladsproverna (5/28=18%) och de sköljda vinbärena (7/36=19%) uppvisade koncentrationer av Pb över EUs gränsvärden på 0,30 respektive 0,20 mg/kg. För den stora majoriteten låg koncentrationen dessutom över det medianvärde som redovisats av EFSA för dessa livsmedel från butiker inom EU (26/28 = 93% för sallad, och 35/36 = 97% för vinbär). Avseende Cd i sallad så hade ett par prover koncentrationer över EUs gränsvärden (4/28=14%), medan alla (36/36 = 100%) var förhöjda relativt medianvärdet i saluförda bladgrönsaker. För de sköljda vinbärsproverna var samtliga Cd-koncentrationer under EU-gränsvärdet, men återigen i samtliga fall (36/36=100%) över medianvärdet för kommersiellt saluförda bär.

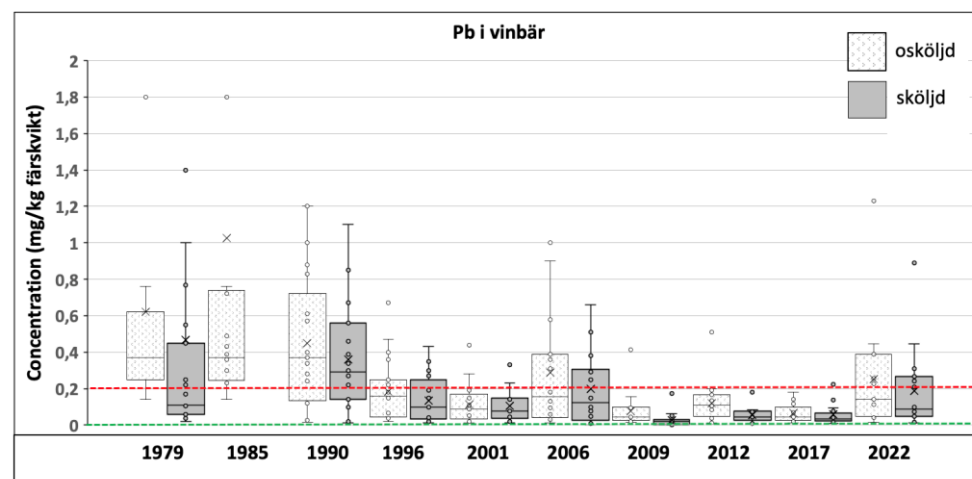
För ytterligare jämförelse så ges en sammanfattning av halterna av Pb och Cd i sallad från Rönnskärsområdet i **Tabell 3** tillsammans med motsvarande halter för 1) egenodlad sallad från icke föroreningspåverkad åkermark, samt för 2) sallad som odlats i jord från urbana odlingslotter. Av tabellen framgår att både Pb- och Cd-halterna runt Rönnskär är förhöjda jämfört med vad man normalt ser i hemodlade grönsaker på landsbygden, men det syns inte lika tydligt när man jämför med sallad som odlats i urban jord. Jämförelsen är aningen trubbig, eftersom det är svårt att hitta tillräckligt stora jämförelsedataset där man odlat samma vegetabilier under samma förhållanden. Den urbana datan, från Qvarforth et al. (2022), är t.ex. baserad på ett odlingsexperiment inomhus, så deposition av luftburet damm har inte förekommit där. Givet att det i normal utomhusmiljö också avsätts en del föroreningar via luftdeposition, som inte helt går att skölja bort, så är det rimligt att säga att haltdatan runt Rönnskär är ungefär på den nivå man skulle vänta sig i stadsmiljöer.



a)



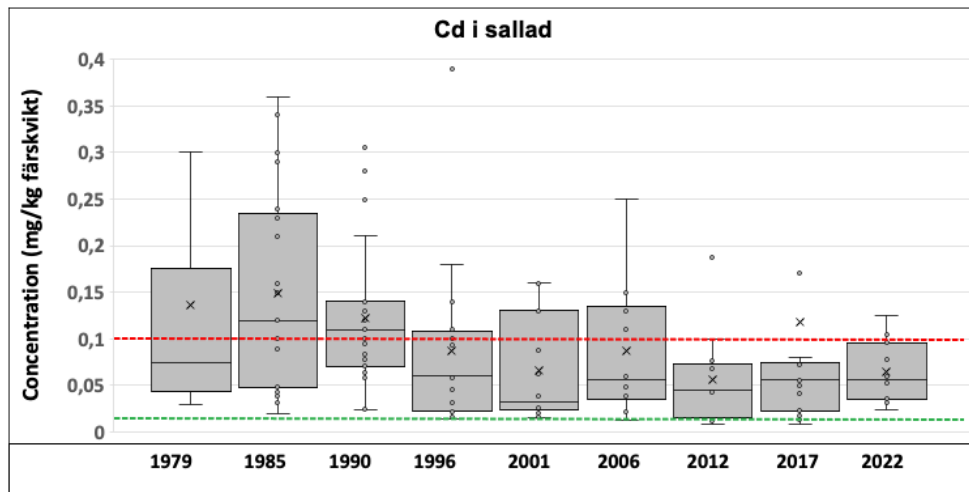
b)



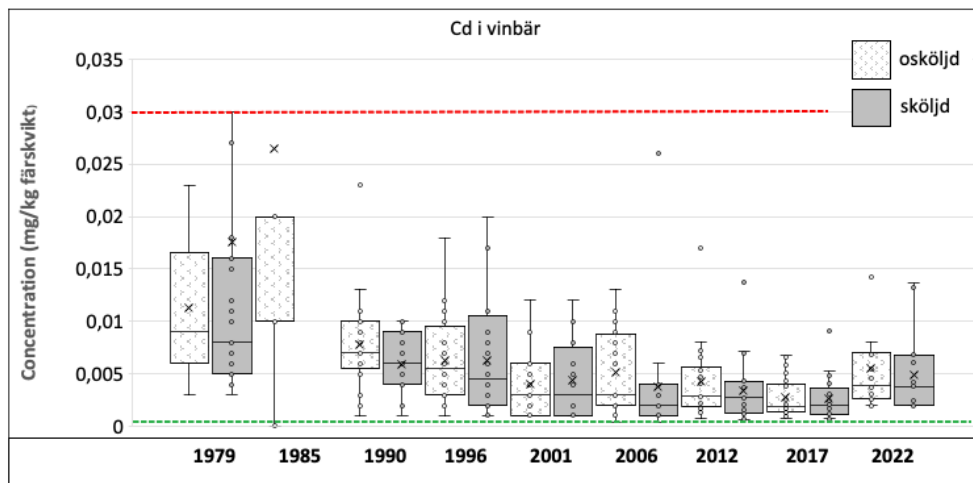
Figur 5. Koncentrationer av Pb i sallad (a) samt vinbär (b) runt Rönnskär under åren 1979-2022. Varje enskild provpunkt är markerad med en liten ring. Boxarna avgränsas av den första kvartilen (Q1) i nederkant och den tredje kvartilen (Q3) i ovkant. Det horisontella strecket inuti boxen visar medianvärdets placering (Q2) och krysset anger medelvärdet. De vertikala strecken nedanför och ovanför boxarna är utdragna för att visa min- respektive maxvärdena när datapunkter som är betraktade som outliers är borträknade. Röda linjer markerar gränsvärden enligt förordning (EU) 2023/915, och gröna linjer visar mediankoncentrationer i sallad och bär enligt EFSA (EFSA 2009; 2010). Notera att y-axeln i delfigur a) är trunckerad så att ett par höga värden inte visas. I sallad hade två prover från 2017 och ett från 2022 koncentrationer över det som visas; på 0,62, 0,72 samt 1,20 mg/kg.



a)



b)



Figur 6. Koncentrationer av Cd i sallad (a) samt vinbär (b) provtagna runt Rönnskär under åren 1979-2022. Röda linjer markerar gränsvärden enligt förordning (EU) 2023/915, och gröna linjer visar mediankoncentrationer i sallad och bär enligt EFSA (EFSA 2009; 2010). Notera att y-axeln i delfigur a) är trunkerad så att ett par höga värden inte visas. I sallad hade två prover från 2017 och ett från 2022 koncentrationer över det som visas; på 0,62, 0,72 samt 1,20 mg/kg.



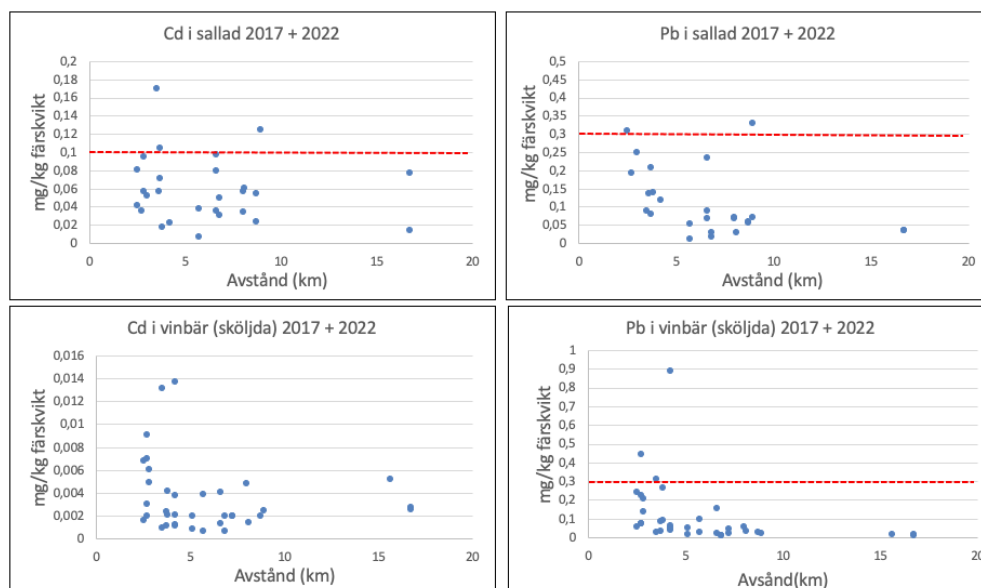
Tabell 3. Koncentrationer av Pb och Cd som uppmätts i sallad runt Rönnskär 2017+2022, i mg/kg färskvikt. Som jämförelse redovisas också data över koncentrationer i sallad som odlats jord från 21 urbana koloniträdgårdar i Europa (Malmö, Köpenhamn, Berlin, Manchester, Prag, Madrid). Odlingsexperimentet som datan kommer från finns närmare beskriven av Qvarforth et al. (2022). I den artikeln redovisas halterna redovisas för torrsvikt, men nedan i färskvikt. Referensdata för sallad som odlats på landsbygd utan närhet till förorenad punktkälla är hämtad från Augustsson et al. (2018).

	Min-Max	Medel	Median
Pb - Rönnskär	0,012 – 1,2	0,19	0,084
- Från landsbygd	0,0059 – 0,074	0,021	0,0081
- Från stadsmiljö	0,014 – 1,3	0,12	0,036
Cd - Rönnskär	0,0077 - 0,94	0,091	0,056
- Från landsbygd	0,013 – 0,026	0,017	0,016
- Från stadsmiljö	0,011 – 2,7	0,20	0,040

Som väntat så minskar metallinnehållet i de analyserade grönsakerna när de sköljs (**se Figur 5b och 6b**), även om det här bara finns data över detta för vinbären. Att halterna är höga i både sallad och vinbär, även efter sköljning, bör dock tas som ett observandum över att sköljning ensamt inte förmår reducera föroreningsbelastningen till säkra nivåer, vilket också tidigare studier visat (Augustsson et al., 2023). För Cd, som är ett element som betydligt lättare tas upp via rötterna än Pb, ses för vinbärnsdatan rentav att minskningen i koncentration i många fall är försumbar. För Pb, som jämfört med Cd har en lägre tillgänglighet för rotupptag, så tillförs generellt sett en större andel av metallen till ovanjordiska växtdelar via damning. Därmed blir också tvätteffekten något tydligare för Pb.

Betydelsen av avstånd till smältverket

I **Figur 7** visas koncentrationerna av Cd och Pb i sallad och vinbär mot avståndet till Rönnskär. De trädgårdar som proverna hämtats från har legat på ett avstånd mellan 2.4 och 16.7 km från centrum av Rönnskärs industriområde, och även om förekomsten av prover med förhöjda halter generellt är högre inom de närmaste 5 kilometrarna och man kan ana en trend mot minskande halter med avståndet, så är trenderna inte tydliga nog för att man ska kunna göra någon självklar distinktion i vad man ger för råd till olika boende beroende på var de bor (**Figur 7**).



Figur 7. Koncentrationer av Cd och Pb i sallad och vinbär (båda efter sköljning) på olika avstånd från Rönnskär. De röda streckade linjerna markerar gränsvärden enligt förordning (EU) 2023/915. Eftersom gränsvärdet för Cd i vinbär är 0,030 mg/kg, så ryms inget rött streck i den delfiguren.

Bedömning av risker för konsumenter

Trots kraftigt minskade utsläpp till luft (**Figur 1-3**), så innehåller grönsaker från Rönnskärsområdet alltså fortfarande högre halter av Pb och Cd än vad man normalt påträffar i motsvarande livsmedel från butik, eller vad man som hemmaodlare i icke förorenade områden utsätts för. Även om flertalet mätvärden låg under EUs gränsvärden så innebär de förhöjda halterna att konsumtion av en viss mängd vegetabilier från Rönnskärsområdet ger ett högre Pb- och Cd-intag än samma mängd kommersiellt odlade grönsaker. Frågan är då hur mycket förhöjt intaget kan vara, och om ökningen är medicinskt relevant – dvs om det ska anses kopplat till en betydande riskökning. Eftersom exponering/intag är linjärt beroende av koncentrationen i de livsmedel man äter så kan man förstås nöja sig med att bara kvantifiera hur mycket högre koncentrationerna är runt Rönnskär. Å andra sidan kan en analys av intag relativt toxikologiska gränsvärden ge en mer heltäckande förståelse. Jämförelserna nedan görs därför utifrån beräknad exponering.

Bly

Kritiska intag

För vuxna personer ligger det genomsnittliga intaget av Pb via mat och dryck omkring 0,36-1,24 μg Pb per kg kroppsvikt och dag ($\mu\text{g}/\text{kg}$ - dag), enligt EFSA's CONTAM-panel (EFSA 2009). Vid en exponering motsvarande den 95:e percentilen (P95) är intaget omkring det dubbla; 0,73 - 2,43 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -dag. Att dessa exponeringsmått presenteras som intervall beror dels på att olika



EU-länder rapporterat olika värden, och dels på att mätvärden som legat under detektionsgräns har hanterats olika. Dessa exponeringsnivåer kan jämföras med de nivåer som kopplats till kritiska hälsoeffekter. För vuxna individer är utvecklandet av kronisk njursjukdom den effekt som noteras vid lägst koncentration av bly i blodet (B-Pb). En riskökning om 1%, uttryckt som benchmarkdosen $BMDL_{01}$, bedöms då motsvaras en B-Pb-koncentration på omkring $15 \mu\text{g/L}$. Det, i sin tur, motsvarar ett oralt intag av Pb på $0.63 \mu\text{g}$ per kilo kroppsvikt och dag ($\mu\text{g}/\text{kg-dag}$).

Barn (ca 4-7 år gamla) får i genomsnitt i sig Pb med mat och dryck i storleksordningen $0,80\text{-}2,61 \mu\text{g}/\text{kg-dag}$. Vid ett högt intag (motsvarande P95) ökar intervallet till $1,20\text{-}4,83 \mu\text{g}/\text{kg-dag}$. För barn är neurotoxicitet den mest kritiska effekten, där en 1% ökad risk för påverkan på den intellektuella funktionen bedöms föreligga vid en kroppsbelastning på omkring $12 \mu\text{g/L}$ i B-Pb, vilket väntas vid ett oralt Pb-intag om $0.50 \mu\text{g}/\text{kg-dag}$.

Från beskrivningen ovan kan man alltså dra slutsatsen, när man jämför värdena över normala Pb-intag via mat och dryck med de intag som kan ge upphov till toxikologiska effekter, att det inte är ovanligt att människor har ett högre intag av Pb än vad som bedöms tolerabelt. Åtgärder för att minska Pb-exponeringen är således angelägna. Kan man till exempel identifiera specifika livsmedelskällor som väsentligt kan höja Pb-exponeringen bör utgångspunkten vara att begränsa konsumtionen, alternativt införa åtgärder som minskar kontamineringen, av dessa livsmedel. Grönsaker är en av de livsmedelsgrupper som bidrar mest till den totala Pb-exponeringen, för normalbefolkningen uppemot 10-15% som mest. En stor andel hemodlade vegetabilier, och förhöjda Pb-halter i dessa, riskerar alltså att öka den totala orala dosen väsentligt. En bedömning av exponering kopplad till intag av hemodlade grönsaker för boende runt förorenade områden behöver också ta hänsyn till att även andra livsmedel kommer att bidra till det totala intaget.

Riskkaraktärisering baserad på grönsaksdata

För det ”rimliga normalscenariot”, där man äter i genomsnitt 13 gram sallad om dagen och väger 68 kilo, så blir intaget av Pb för en referenskonsument som köper alla sina vegetabilier i affär $0,0038 \mu\text{g}/\text{kg-dag}$. Då antar vi att salladen, som är den exempelgröda vi räknar på, innehåller i genomsnitt $0,020 \text{ mg Pb per kilo}$ (**Tabell 2**). För hemmaodlaren runt Rönnskär, som för detta scenario antas få 10 % av sin årskonsumtion från egen odling, så ger koncentrationerna i sallad från 2017-2022 (totalt 28 mätvärden) ett Pb-intag på mellan $0,0037$ och $0,0264 \mu\text{g}/\text{kg-dag}$, med ett medianvärde på $0,0051 \mu\text{g}/\text{kg-dag}$. Det bör understrykas igen att dessa intag enbart baseras på konsumtion av, och halter i, sallad. Som sådana står de för en mycket liten andel av det totala Pb-intaget. Vi kan dock anta i brist på annat underlag att de skillnader vi beräknat för sallad gäller även för övriga vegetabilier.

Vad vi ser då är 26 av 28 analyserade salladsprover runt Rönnskär innehöll Pb som ger ett intag som är högre än för en referensperson. Ökningen är i flertalet fall dock inte dramatisk: medianvärdet motsvarar till exempel en



ökning med en faktor 1,3. För det högsta värdet – vilket representerar konsumtion av sallad från den trädgård som gav högst koncentrationer – så ökar dock intaget relativt referenspersonen med en faktor 6,9.

För högriskscenariot, som kännetecknas av en hög salladskonsumtion i förhållande till kroppsvikt, så erhålls för en referensperson som köper alla sina grönsaker i affär ett dagligt intag på 0,037 µg/kg-dag. För motsvarande scenario runt Rönnskär, där 50% av salladen antas vara hemodlad, erhålls ett intag på mellan 0,030 och 1,13 µg/kg-dag, med ett medianvärde på 0,096 µg/kg-dag. I detta fall så motsvarar medianvärdet ett intag som är 2,6 gånger så högt som för referenspersonen, medan maxvärdet är över 30 gånger så högt. För högkonsumenter får det således bedömas som direkt olämpligt att äta stora mängder egna vegetabilier som odlats direkt i trädgårdens matjord, utan åtgärder som minskar upptaget av Pb från marken samt depositionen av luftburna dammpartiklar.

Kadmium

Kritiska intag

Den mest kritiska, icke-carcinogena, effekten av Cd-exponering är skador på njurar. Dessa manifesteras först efter lång tids exponering, där den biologiska halveringstiden för Cd är så lång som 10-30 år. Den mest användbara biomarkören för att upptäcka njurskador är ett protein (beta-2-mikroglobulin, B2M) som utsöndras till urin. Eftersom halten av Cd i urin korrelerar väl med den ackumulerade mängden i njurarna, så kan den tolerabla Cd-belastningen på njurarna bestämmas utifrån dos-responssambandet mellan Cd och B2M i urin. Här bedöms en riskökning om 5%, definierad genom ökade B2M-nivåer, föreligga vid en Cd-koncentration i urin på omkring 1,0 µg Cd/g kreatinin. Den kostrelaterade Cd-exponeringen som motsvarar just denna urinhalt efter 50 års exponering ligger då på i genomsnitt 0,36 µg Cd/kg-dag.

För vuxna personer ligger det genomsnittliga intaget av Cd via mat och dryck på 2,3 µg/kg- vecka, enligt EFSA's CONTAM-panel (EFSA 2010). För högexponerade individer, motsvarande den 95:e percentilen, är intaget 3,0 µg/kg-vecka. Omräknade till dagliga intag blir siffrorna istället 0,3 och 0,4 µg/kg. Det är således inte ovanligt att människor i normalbefolkningen erfar en potentiellt skadlig exponering även av Cd via sin livsmedelskonsumtion, och därmed bör utgångspunkten vara att sådana livsmedel som väsentligt kan öka intaget bör utföra föremål för riskreducerande åtgärder.

Riskkaraktärisering baserad på grönsaksdata

För det ”rimliga normalscenariot”, där kommersiellt odlad sallad innehåller i snitt 0,0150 mg Cd per kilo (**Tabell 2**), så blir intaget för en referensperson 0,0029 µg/kg-dag. För personer som äter sallad från trädgårdarna runt Rönnskär ger detta scenario ett intag mellan 0,0027 och 0,021 µg/kg-dag, beroende på vilken trädgård som salladen kommer ifrån, med ett medianvärde på 0,0037 µg/kg-dag.



För Cd, likväl som för Pb, så blir det beräknade intaget högre än för referenspersonen för 26 av 28 lokaler, även om de två trädgårdar som gav lägre intag inte var samma för båda metallerna. Ökningen är också i samma storleksordning för Cd som för Pb; 1,3 gånger så hög för medianvärdet från Rönnskärnsdatan och 7,2 gånger så hög när man beaktar konsumtion av sallad från trädgården med högst Cd-koncentration. I förhållande till det genomsnittliga totala dagliga intaget av Cd via mat och dryck som EFSA (2009) redovisat, 0,3 µg/kg-dag, så motsvarar det högsta intaget beräknat för Rönnskär hela 7%, vilket är en hög siffra när man beaktar att sallad utgör en mycket liten del av vårt totala födointag.

För högriskscenariot så blir intaget av Cd för en referensperson 0,028 µg/kg-dag. Runt Rönnskär så ger Cd-koncentrationerna i sköljd sallad från de 28 trädgårdarna ett intag på mellan 0,021 och 0,88 µg/kg-dag, med ett medianvärde på 0,065 µg/kg-dag. I detta fall så motsvarar medianvärdet ett intag som är 2,4 gånger så högt som för en referensperson, medan maxvärdet är över 32 gånger så högt.

Samlad bild samt rekommendationer

Beräkningarna för Pb och Cd ger mycket snarlika resultat, där slutsatsen blir att måttlig konsumtion av lokalt odlade vegetabilier för de allra flesta inte höjer riskbilden väsentligt. Redan 10% hemodlade vegetabilier kan dock ge en påtagligt ökad exponering relativt vad man ser hos de som köper alla sina grönsaker i affär. För högkonsumenter av grönsaker får det bedömas som olämpligt att äta stora mängder som odlats direkt i trädgårdens matjord.

Rekommendationen att skölja grönsakerna noggrant innan konsumtion kvarstår då det minskar halterna av ffa Pb, men det är bra att ha i åtanke att Pb- och Cd-koncentrationerna fortfarande kan vara förhöjda relativt vad man normalt finner i sallad och bär från affären, eller från hemodling i områden som inte är föroreningspåverkade.

Den som äter egenodlade grönsaker regelbundet kan därför rådas att komplettera sköljningen med åtgärder som minskar upptaget av Pb och Cd från marken, samt minskar depositionen av luftburna dammpartiklar. För att minimera rotupptaget av lokala föroreningar är det lämpligt att anlägga sin odling i köpt planteringsjord, och med odlingsduk eller annan barriär som avskiljer odlingsjorden från den naturliga jorden. Odlar man endast i liten skala är odling i pallkragar en bra lösning. För odling av grönsaker där man äter delarna som vuxit ovan mark är odling i växthus ett sätt att minimera kontaminering av dammpartiklar som kan virvla upp från närliggande ytor med högre innehåll av föroreningar än själva odlingsjorden.



Referenser

AMMnorr (Arbets- och Miljömedicin norr; Region Jämtland Härjedalen + Region Västernorrland + Region Västerbotten + Region Norrbotten). 2020.

Miljömedicinsiak synpunkter på riskbedömning av hälsorisker vid vistelse i naturmark på Näsudden, Skellefteå kommun.

Andersson M, Carlsson M, Ladenberger A, Morris G, Sadegh M & Uhlbäck J. (2014). *Geokemisk atlas över Sverige [Geochemical atlas of Sweden]*.

[http://resource.sgu.se/dokument/mineralnaring/Geokemisk atlas/text/geokemisk-atlas-over-sverige.pdf](http://resource.sgu.se/dokument/mineralnaring/Geokemisk%20atlas/text/geokemisk-atlas-over-sverige.pdf)

Augustsson A, Uddh-Söderberg T, Filipsson M, Helmfrid I, Berglund M, Karlsson H, Hogmalm J, Karlsson A, Alriksson S. 2018. Challenges in assessing the health risks of consuming vegetables in metal-contaminated environments. *Environment International* 113, 269-280.

Augustsson A, Lundgren M, Qvarforth A, Hough R, Engström E, Paulukat C, Rodushkin I. 2023. Managing health risks in urban agriculture: The effect of vegetable washing for reducing exposure to metal contaminants. *Science of the Total Environment* 863, 160996.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2009. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *EFSA Journal* 980, 1-139.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2010. Scientific opinion on lead in food. *EFSA Journal* 8 (4), 1570.

Engman J, Sundström B, Abrahamsson Zetterberg L. 2014. Bly och kadmium i vegetabilier odlade kring Rönnskärsverken, Skelleftehamn 2012. Livsmedelsverket Rapport 26.

Filipsson M, Öberg T, Bergbäck B. 2011. Variability and Uncertainty in Swedish exposure Factors for Use in Quantitative Exposure Assessments. *Risk Analysis* 31, 108-119.

Naturvårdsverket. 2009. Riktvärden för förorenad mark - modellbeskrivning och vägledning. Rapport 5976.

RIVM, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. 2009. Human health risks due to consumption of vegetables from contaminated sites - Towards a protocol for site-specific assessment. RIVM report 711701040 / 2007

SLV, Svenska Livsmedelsverket. 2012. Riksmaten – vuxna 2010–11. Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige.



SLV, Svenska Livsmedelsverket. 2016. Frukt, bär, grönsaker och svamp. Metaller i livsmedel - fyra decenniers analyser. SLV Rapport 10 – 2016

SLV, Svenska Livsmedelsverket. 2017. Swedish Market Basket Survey 2015 – per capita-based analysis of nutrients and toxic compounds in market baskets and assessment of benefit or risk. SLV Rapport 26 - 2017

Tyréns. 2023. Resultatrapport Provtagning tomtmark – Boliden Rönnskär, Skellefteå. Slutrapport 2023-06-21.

Qvarforth A, Lundgren M, Rodushkin I, Engström E, Paulukat C, Hough R.L, Moreno-Jiménez E, Beesley L, Trakal L, Augustsson A. **2022**. Technology-critical elements (TCEs) as potential future food contaminants – a comparison of bioconcentration factors for TCEs and traditional metal contaminants. *Environment International* 69:107504.