

Del 2 – Riskvärdering

Oorganisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden

av Salomon Sand, Gabriela Concha, och Lilianne Abramsson

Innehåll

Förord	2
Tack till	5
Ordförklaringar och förkortningar	6
Sammanfattning	7
Summary	8
Faroidentifiering	9
Exponeringsuppskattning	9
Material och metod	9
Portionsstorlekar	10
Halter av arsenik i livsmedel	10
Exponering	10
Resultat och diskussion	10
Farokarakterisering	15
Riskkarakterisering	17
Metod	17
Resultat: bedömning av uppskattad exponering	20
Resultat: scenarioanalyser	25
Nyttoaspekter	33
Slutsatser	34
Referenser	35

Förord

Livsmedelsverket arbetar i konsumenternas intressen för säker mat, bra dricksvatten, ärlig mat och bra matvanor.

Den europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet, Efsa, bedömer att arsenik är ett ämne som ska undvikas så långt möjligt och Livsmedelsverket arbetar sedan många år med att kartlägga källorna till konsumenternas intag av arsenik. Ris och risprodukter bidrar med en tredjedel av den totala arsenikexponeringen i Sverige.

Under 2013 undersökte Livsmedelsverket arsenikhalter i ett urval av produkter avsedda för barn. Undersökningen ledde till nya råd om att inte ensidigt äta mycket av samma risbaserade gröt- och vällingprodukter samt att avråda barn under 6 år från att dricka risdrycker. Resultaten från undersökningen ledde också till att flera företag sedan dess aktivt har arbetat för att sänka arsenikhalterna i sina produkter. Det här projektet är en del av Livsmedelsverkets arbete med att kartlägga förekomsten av arsenik i olika livsmedel och undersöka intaget av arsenik från olika typer av livsmedel. Det är också en del i arbetet med ett mer långsiktigt mål, att förmå risproducenter att mer aktivt arbeta för att risråvaran har lägre arsenikhalter och på så sätt sänka konsumentarnas intag av arsenik via livsmedel.

Från och med 1 januari 2016 införs gränsvärden för oorganisk arsenik i ris och vissa risprodukter inom den Europeiska unionen (EU) och längre fram även globalt (CODEX Alimentarius¹). Som en följd av att det finns gränsvärden blir det möjligt att utföra kontroller av oorganisk arsenik i ris och risprodukter. Livsmedelsverket är sedan 2014 ackrediterat för att analysera oorganisk arsenik i livsmedel och kommer att utföra sådana kontroller. Anaysmetoden (prEN16802) kommer att bli europeisk standard för analys av oorganisk arsenik under 2016. EU-kommissionen uppmanar därutöver sina medlemsstater att under år 2015 och 2016, samla in så mycket data som möjligt för arsenik i alla typer av livsmedel, även från de livsmedel som inte har några gränsvärden. Syftet är att bättre kunna bedöma risker med arsenik i olika livsmedel på/i EU: s inre marknad och för att kunna sätta relevanta gränsvärden för arsenik.

Förekomsten av arsenik i livsmedel beror både på naturliga orsaker och på mänsklig aktivitet som till exempel gruvdrift. Arsenik är ett grundämne som förekommer naturligt i varierande halter i berggrunden och i sediment. I områden med

¹ Codex Alimentarius är en mellanstatlig organisation som bildades 1963 av FN-organen FAO och WHO i syfte att ta fram internationella standarder för säkra livsmedel, redlighet i livsmedelshandlingen och frihandel med livsmedel.

arsenikinnehållande mineral kan arsenik lösas ut till omgivande grundvatten och blir på så vis tillgängligt för växter, djur och människor.

Arsenik finns i många olika kemiska föreningar och dessa brukar delas in i två huvudgrupper, organisk och oorganisk arsenik. Den oorganiska formen är cancerframkallande och anses vara den giftigaste formen för människan. Ett livsmedel kan innehålla båda formerna samtidigt. I grundvatten som innehåller arsenik, finns främst den oorganiska formen av arsenik medan den organiska formen dominerar i havslevande fisk och skaldjur. Ris är ett av de livsmedel som innehåller högst halter av oorganisk arsenik samt även en del organisk arsenik.

Den här rapporten avser att svara på frågorna:

- Hur mycket oorganisk arsenik finns i det ris och risprodukter som finns tillgängliga i livsmedelsbutiker i Sverige?
- Hur stort är medianintaget av oorganisk arsenik hos barn och vuxna?
- Finns det risk att glutenintoleranta är mer utsatta för oorganisk arsenik eftersom ersättningsprodukter ofta är baserade på ris?
- Påverkas halten av oorganisk arsenik i ris beroende på hur man tillagar riset?
- Ligger de nya gränsvärdena för oorganisk arsenik vid rätt nivåer, dvs, skyddar de konsumenterna tillräckligt?
- Behöver Livsmedelsverket ge råd angående konsumtion av ris och risprodukter, och i så fall vilka?

Rapporten nr 16/2015 *Oorganisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden 2015*, består av tre delar.

- *Kartläggning av oorganisk arsenik i ris och risprodukter:* I *Del 1* redovisas vilka halter av oorganisk arsenik som förekommer i ris och risprodukter på den svenska marknaden. I denna delrapport beskrivs också hur tillagning av ris kan påverka halten av oorganisk arsenik.
- *Risvärdering:* I *Del 2* beskrivs de risker som oorganisk arsenik kan medföra med hjälp av scenarioanalyser och med hjälp av Livsmedelsverkets så kallade Risktermometer.

Med utgångspunkt från de två vetenskapliga delrapporterna om kartläggning och riskvärdering samt annan vetenskaplig litteratur har sedan avvägningar gjorts för att bedöma om, och vilka, åtgärder som kan vidtas för att minska konsumenternas

intag av oorganisk arsenik. I dessa bedömningar har även andra relevanta faktorer vägts in, till exempel om det är möjligt för konsumenterna att följa ett givet råd rörande konsumtion av ris och risprodukter, hur ett sådant råd kan uppfattas, hur det kan tillämpas av målgrupperna, vilka kontrollmöjligheter som finns och om konsekvensen av en åtgärd är proportionerlig i förhållande till risken och nyttan med ett specifikt livsmedel.

- *Riskhantering:* I *Del 3* redovisas de avvägningar och bedömningar som resulterat i de åtgärder som Livsmedelsverket anser vara befogade för att hantera förekomsten av oorganisk arsenik i ris och risprodukter samt minska exponeringen för oorganisk arsenik på kort och lång sikt.

Rapportens syfte är att tydligt redovisa hur Livsmedelsverket motiverar de åtgärder som har beslutats.

Livsmedelsverket 25 september 2015

Tack till

Författarna i denna delrapport, Oorganisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden 2015, Del 2 - Riskvärdering, vill rikta särskilt tack till:

Toxikolog Celia Fischer för värdefull assistans vid beräkningar av arsenikexponeringen.

Ordförklaringar och förkortningar

AF	Assessment factor –bedömningsfaktor
BMD	Benchmark dose - den en dos/exponeringsnivå som motsvarar en specificerad effekt eller risknivå. BMD beräknas genom att en dos-responsmodell anpassas till data; utifrån den anpassade modellen kan den dos som ger den definierade effekten/riskökningen erhållas. Ett konfidensintervall som mäter osäkerheten i BMD beräknas även (se BMDL)
BMDL	Lower confidence limit on the benchmark dose - BMDL är det lägre 95-procentiga konfidensintervallet för BMD. BMDL mäter osäkerheten i BMD. BMDL utgör startpunkt vid etablerande av ett tolerabelt dagligt intag (TDI)
Efsa	European Food Safety Authority - Europeiska myndigheten för Livsmedelssäkerhet
EU	European Union - Europeiska unionen
IARC	International Agency for Research on Cancer
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
MOE	Margin of exposure - marginalen (kvoten) mellan den dos som orsakade en tioprocentig ökning i tumörfrekvens hos djur och den dos som människor vanligtvis utsätts för
NNR	Nordiska näringsrekommendationer
NRC	National Research Council (USA)
RP	Reference Point – referenspunkt
SAMOE	Severity-adjusted margin of exposure
TDI	Tolerabelt dagligt intag - den beräknade högsta mängd av ett ämne som en person kan inta dagligen under hela sin livstid utan hälsorisk
WHO	World Health Organization - Världshälsoorganisationen

Sammanfattning

Exponeringen för oorganisk arsenik i Sverige sker till största delen via vissa livsmedel. Livsmedelsverkets undersökning visar att ris är den enskilt största exponeringskällan för oorganisk arsenik (27-31 procent) för befolkningen i Sverige. Medianexponeringen per kilo kroppsvikt och dag från livsmedel, inklusive ris, uppskattas till cirka 0,07 µg för vuxna, 0,10 µg för 11/12-åringar, 0,13 µg för 8/9-åringar och 0,18 µg för 4-åringar.

Livsmedelsverkets så kallade ”Risktermometer” har använts för att värdera riskerna. Risktermometern har fem olika risknivåer och den uppskattade exponeringen av arsenik i livsmedel ligger generellt sett i riskklass 3. För barn, och speciellt för yngre barn, ligger exponeringen nära eller över gränsen för vad som är acceptabelt ur ett hälsoriskperspektiv. Acceptabel arsenikexponeringen bedöms vara cirka 0,15 µg per kg kroppsvikt och dag, varav 0,045 µg per kg kroppsvikt och dag kommer från ris, det vill säga 30 procent.

För vuxna innebär en mediankonsumtion av ris inte någon förhöjd hälsorisk. Det går dock inte att utesluta att arsenikexponeringen från livsmedel skulle kunna vara högre än önskvärd för delar av den vuxna befolkningen.

Summary

In Sweden, exposure to inorganic arsenic occur mainly via certain food products. This assessment indicates that rice is the single most important source to dietary exposure to inorganic arsenic at population level (27 - 31 percent). The median dietary exposure was estimated to 0.07, 0.10, 0.13, and 0.18 μg per kilo body weight and day for adults, 11/12-year-olds, 8/9-year-olds, 4-year-olds, respectively.

The Swedish National Food Agency has developed a tool for comparative risk characterization, called the "Risk Thermometer", that was applied in this assessment. The Risk Thermometer consists of a five graded risk classification scale (Risk Class 1 to 5), and the estimated dietary exposure to inorganic arsenic generally categorised in Risk Class 3. For children (small children, especially) the exposure is close to, or above, the level considered acceptable from a health perspective. The acceptable exposure to inorganic arsenic is regarded to be 0.15 μg per kg body weight and day, which translates to an exposure of 0.045 μg per kg body weight from rice (i.e., 30 percent).

For adults, the median consumption of rice is not regarded to pose a health concern. Considering the uncertainties involved, however, it cannot be excluded that the dietary exposure to inorganic arsenic is higher than desirable for parts of the adult population.

Faroidentifiering

Arsenik är ett grundämne som förekommer naturligt i varierande halter i berggrunden och i sediment. I områden med arsenikinnehålliga mineral kan arseniken lösas ut till omgivande grundvattnet. Arsenik utgör ett globalt problem på grund av kontamineringen av vatten, jord och föda.

Arsenik uppträder i två huvudformer, organisk och oorganisk. Grundvatten innehåller framför allt oorganisk arsenik som är den för människan giftigaste formen. Den oorganiska formen förekommer huvudsakligen som trevärd (arsenit) och femvärd (arsenat), vilket har betydelse för till exempel akuttoxicitet och upptag i växter. Generellt kan sägas att trevärd arsenikföreningar är mer reaktiva och har högre toxicitet. Olika livsmedel, i huvudsak fisk och skaldjur kan innehålla mycket höga halter arsenik i form av organiska föreningar som t ex arsenobetain och arsenik-sockerföreningar, vilka inte anses medföra några hälsorisker. I den europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhets (Efsa) dataregister är dock 98 procent av de inrapporterade värdena totalhalter för arsenik i livsmedel (EFSA 2014).

Arsenikkontaminerat grundvatten används i många länder för bevattning av odlingar av bland annat spannmål, rot- och bladgrönsaker. Av dessa grödor verkar ris vara särskilt mottagligt för upptag och lagring av höga halter av arsenik (Zhu et al., 2008). Även då sådant vatten ej används, har förhöjda halter arsenik påvisats i ris (Meharg et al., 2009). Absorptionen av oorganisk arsenik i magtarmkanalen via ris är lika hög som via dricksvatten, det vill säga över 90 procent (Zheng et al., 2002; Brandon et al, 2014).

Exponeringsuppskattning

Material och metod

Under våren och hösten 2003 genomförde Livsmedelsverket en kostundersökning på barn. De rekryterade barnen från 56 kommuner utgjorde ett riksrepresentativt urval av Sveriges kommuner. Undersökningen omfattade 590 4-åringar och 889 skolbarn i årskurs 2 (8/9 år) samt 1016 i årskurs 5 (11/12 år). Varje enskilt barn fick i en matdagbok anteckna all konsumtion av mat och dryck under fyra på varandra följande dagar.

I Livsmedelsverkets undersökning Riksmaten 2010-11 bjöds ett representativt urval på 5 000 personer mellan 18-80 år boende i Sverige in, att delta i undersök-

ningen som pågick mellan maj 2010 och juli 2011. Deltagarna, totalt 1797 personer, registrerade allt de åt och drack under fyra dagar i en web-baserad kostregistrering och besvarade ett femtiotal enkätfrågor.

Portionsstorlekar

Portionsstorlekar skattades med hjälp av Matmallen, ett häfte med tecknade illustrationer av livsmedel och fotografier av portionsstorlekar samt portionsstorlekar på barnmatsburk.

Halter av arsenik i livsmedel

Halter av arsenik i livsmedel har framtagits av Livsmedelsverket och dessa redovisas i *Del 1 Kartläggning av oorganisk arsenik i ris och risprodukter*. De medelhalter som använts för exponeringsuppskattningar redovisas nedan i Tabell 1. Indelningen av livsmedel i Tabell 1 baseras på benämningar som använts Livsmedelsverkets undersökningar Riksmaten 2010-11 och Matkorgen 2010.

Exponering

Exponeringsuppskattningarna har utförts med avseende på den del av befolkningen som konsumerar ris och risprodukter. I Livsmedelsverkets matvaneundersökningar har cirka hälften av individerna rapporterat någon grad av riskkonsumtion (Amcoff et al., 2012; Enghardt Barbieri et al., 2006). Dessa data utgör alltså underlag för riskvärdering med avseende på den grupp individer i Sverige som konsumerar ris.

Exponering för oorganisk arsenik har beräknats per dag samt per kg kroppsvikt och dag. Vid beräkningen användes individuella vikter för vuxna och barn. Vid beräkningen av olika scenarier användes medelvikten: 74 kg för vuxna, 42 kg för 11/12 åringar, 31 kg för 8/9 åringar, och 18 kg för 4 åringar. För 2 år respektive 8 månader gamla barn användes medelvikter från en studie utförd av Niklasson och Albertsson-Wickland, 2008: 12,8 kg respektive 8,5 kg.

Resultat och diskussion

Exponeringsuppskattningarna baseras på sammalagt 1 377 barn och 745 vuxna. I kostundersökningen deltog 2495 barn i olika åldrar och 1 797 vuxna men det var inte alla som rapporterat konsumtion av ris. Totalt uppgav 64 procent av barnen och 46 procent av vuxna att de åt ris under undersökningstillfällena.

Halter av oorganisk arsenik i olika livsmedelskategorier redovisas i Tabell 1. Den högsta arsenikhalten rapporteras för ris medan den lägsta halten återfanns i livsmedelsgruppen ”Läsk”. Bland rissorterna är medelhalten högst för fullkornris.

Tabell 1. Livsmedel och medelhalter av oorganisk arsenik som utgör underlag vid beräkning av exponering för oorganisk arsenik.

Livsmedelsgrupp	Oorganisk arsenik µg/kg ^a	Provtag- ningsår	Referens/ beskrivning
Cerealer (mjöl, kakor, frukostflingor, pasta, bröd)	10,6	2010	Livsmedelsverkets matkorgsprojekt (Market Basket 2010) - haltanalyser 2014 av homogenat av resp. livsmedelsgrupp
Bakverk (kakor, bullar, pizza, kex)	1,5		
Kött (inkl. köttprodukter; nöt, lamm, kyckling, processat kött)	1		
Fisk (inkl. fiskprodukter; färsk och fryst, fisk på burk, skaldjur)	13,4		
Mejeri (mjölk, yoghurt, ost, grädde, cottage cheese)	0,7		
Ägg (färska)	1		
Matfett (smör, margarin, majonnäs, matolja)	1		
Grönsaker (inkl. rotgrönsaker, färska, frysta, på burk)	1,4		
Frukt (färsk, fryst, på burk, juice, saft, nötter)	2,6		
Potatis (färska, potatismospulver, pomme fries, chips)	1,2		
Socker o dyl (strösocker, honung, lösgodis, ketchup, glass, såser, dressing)	4,6		
Läsk (läsk, mineralvatten, öl)	0,6		
Ris, kokt^b	-	2015	haltanalyser 2015 av specifika livsmedel
<i>Basmatiris, n=17</i>	20,9		
<i>Jasminris, n=18</i>	22,8		
<i>Långkornigt, parboiled^c, n=7</i>	28,9		
<i>Råris, fullkorn, långkornigt, n=7</i>	40,9		
<i>Vildris, n=1</i>	36,7		
<i>Glasnudlar, risnudlar, n=3</i>	23,3		
<i>Risrätter</i>	28,4 ^d		
<i>Persiskt ris</i>	28,4 ^d		
<i>Glasnudlar, kokta m salt</i>	28,4 ^d		

^a Notering: Vid beräkning av medelhalter har halter under detektionsgränsen (LOD) satts till LOD/2. För mer detaljerad information om halter, se *Del 1 Kartläggning av oorganisk arsenik i ris och risprodukter*.

^b Undergrupper av "Ris" avser konsumtion enligt Riksmaten 2010-11 och Riskmaten 2003. Angivna medelhalter motsvarar en tredjedel av resultaten som avser torrt ris (100 g torrt ris motsvarar cirka 300 g kokt ris).

^c Parboiled = ångbehandlat ris

^d Dessa rissorter analyserades inte i *Del 1* men eftersom konsumtionsdata finns uppskattas dessa halter genom ett viktat medelvärde för basmatiris, jasminris, parboiled ris och fullkornsriss (n = 49)

Det totala intaget av oorganisk arsenik från samtliga livsmedel redovisas i Tabell 2. Medianintaget av oorganisk arsenik per kg kroppsvikt var högre hos barn i jämförelse med vuxna. Medianintaget av oorganisk arsenik per kg kroppsvikt och dag var lägre hos 11/12 åringar i jämförelse med 4- och 8/9-åringar. Medianintaget bland 4- och 8/9-åringar var 0,134 – 0,181 µg/kg kroppsvikt och dag, medan 95:e percentilen varierade mellan 0,210 och 0,265 µg/kg kroppsvikt och dag (Tabell 2). Bland 11 åringar var medianintaget av oorganisk arsenik 0,099 µg/kg kroppsvikt och dag och 95:e percentilen var 0,160 µg/kg kroppsvikt och dag. Bland vuxna observerades ingen skillnad mellan kvinnor och män.

Tabell 2. Total exponering för oorganisk arsenik från livsmedel med avseende på den del av befolkningen som konsumerar ris/risprodukter

	µg per dag	µg per kg kroppsvikt och dag
Vuxna (N = 745)		
Medel	4,9	0,068
Median	4,7	0,065
P95	7,7	0,109
Kvinnor (N = 449)		
Medel	4,5	0,068
Median	4,4	0,065
P95	6,7	0,108
Män (N = 296)		
Medel	5,6	0,068
Median	5,3	0,066
P95	8,6	0,111
4 åringar (N = 337)		
Medel	3,4	0,185
Median	3,3	0,181
P95	4,9	0,265
8/9 åringar (N = 476)		
Medel	4,2	0,138
Median	4,0	0,134
P95	6,3	0,210
11/12 åringar (N = 564)		
Medel	4,2	0,102
Median	4,1	0,099
P95	6,2	0,160

4 åringar hade högre dagligt oorganisk arsenik medelintag än 8/9 åringar och 11/12 åringar räknat per person. För både barn och vuxna var intaget av oorganisk arsenik från ris högre jämfört med de andra livsmedelsgrupperna. Intaget av oorganisk arsenik från alla livsmedel sjunker med åldern (Tabell 3).

Bland vuxna och barn utgjorde ris den största exponeringskällan för oorganisk arsenik (27-31 procent av det totala intaget av oorganisk arsenik), följt av livsmedelsgrupp Cerealier där bland annat mjöl, kakor, frukostflingor, pasta och brödingick (Figur 1). Enligt Tabell 4 konsumeras ris vanligen cirka 2-3 gånger i veckan, och en högkonsumtion mostvarar cirka 5-7 gånger i veckan.

Tabell 3. Exponering för oorganisk arsenik från respektive livsmedelsgrupp (μg per kg kroppsvikt och dag) med avseende på den del av befolkningen som konsumerar ris/risprodukter

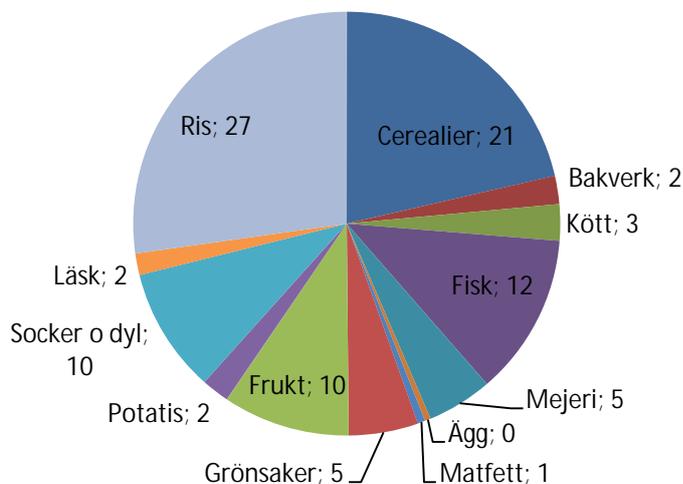
Grupp	Vuxna			4 åringar			8/9 åringar			11/12 åringar		
	Medel	Median	P95	Medel	Median	P95	Medel	Median	P95	Medel	Median	P95
Cerealier	0,015	0,013	0,031	0,038	0,037	0,072	0,030	0,027	0,058	0,022	0,020	0,045
Bakverk	0,001	0,001	0,005	0,003	0,002	0,007	0,002	0,002	0,006	0,002	0,001	0,005
Kött	0,002	0,002	0,004	0,006	0,005	0,010	0,005	0,004	0,009	0,003	0,003	0,006
Fisk	0,008	0,006	0,025	0,013	0,011	0,027	0,011	0,009	0,023	0,009	0,007	0,021
Mejeri	0,003	0,003	0,007	0,016	0,015	0,030	0,012	0,011	0,022	0,008	0,007	0,016
Ägg	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
Matfett	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
Grönsaker	0,004	0,003	0,007	0,004	0,003	0,010	0,003	0,003	0,009	0,002	0,001	0,005
Frukt	0,007	0,006	0,015	0,028	0,026	0,054	0,015	0,014	0,032	0,008	0,007	0,020
Potatis	0,001	0,001	0,004	0,005	0,005	0,011	0,004	0,004	0,010	0,003	0,003	0,007
Socker o dyl	0,006	0,006	0,014	0,016	0,014	0,033	0,010	0,009	0,025	0,007	0,006	0,017
Läsk	0,001	0,001	0,004	0,002	0,001	0,008	0,002	0,002	0,007	0,002	0,002	0,006
Ris	0,019	0,015	0,042	0,053	0,045	0,122	0,042	0,035	0,104	0,036	0,029	0,084

Tabell 4. Riskkonsumtion och motsvarande antal portioner per vecka

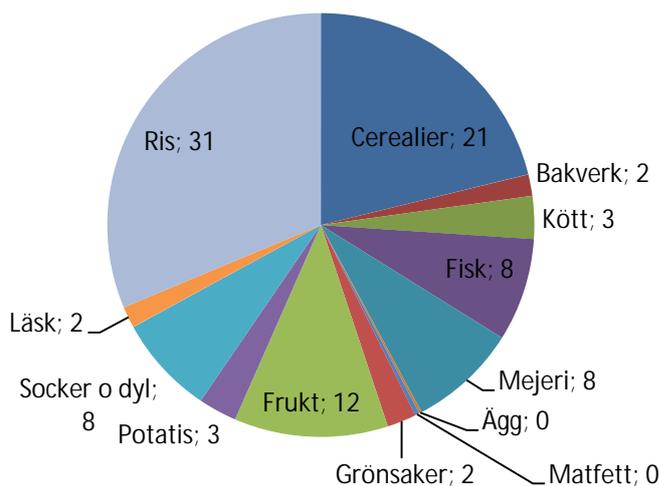
Konsument-grupp	Riskkonsumtion (g/dag)		portionsstorlek ^a (g)	Antal portioner per vecka	
	median	P95		mediankonsument	högkonsument
4 åringar	29	81	91	2-3	6-7
8/9 åringar	38	113	117	2-3	6-7
11/12 åringar	42	119	143	2	5-6
vuxna	44	114	147	2	5-6

^aUppskattade portionsstorlekar för matris (basmatiris, fullkornsris, parboiled ris, jasminris), se Tabell 10.

Vuxna



Barn



Figur 1. Procentuellt bidrag till totala oorganisk arsenikexponeringen från olika livsmedel hos vuxna och barn (baserat på medelintaget av oorganisk arsenik från respektive livsmedel). I livsmedelsgrupp Cerealier ingår bland annat mjöl, kakor, frukostflingor, pasta och bröd.

Efsa har gjort intagsberäkningar av oorganisk arsenik via kosten (Efsa 2014). I den europeiska befolkningen (vuxna och barn) visade det sig att spannmålsbaserade produkter (ej risbaserade) gav det största bidraget (15-18 procent) till den totala arsenikexponeringen via kosten. Därefter bland livsmedelsgrupperna kom mejeriprodukter som bidrog med 8-15 procent till det totala arsenikintaget. Om man ser till enskilda livsmedel, det ska noteras dock, att det största bidraget kom från ris, som uppskattats bidra med 8-11 procent.

Farokarakterisering

Oorganisk arsenik är cancerframkallande och kan efter många års exponering ge tumörer i hud, lunga, urinblåsa och njure (IARC 2004, 2012). Det har även rapporterats samband mellan arsenikexponering och perifera kärlskador, leverskador och diabetes (NRC 2001, WHO 2001, 2004). Dessa effekter har framför allt studerats hos vuxna individer. Arsenik passerar lätt över till fostret (Concha et al., 1998), men väldigt lite till bröstmjök (Fångström et al., 2008). Epidemiologiska studier tyder på att barn kan vara känsligare för arsenik än vuxna. Exponering av tämligen låga halter arsenik i dricksvatten (<50 µg/L) har visats öka risken för foster- och spädbarnsdöd (Rahman et al., 2007), minskad födelsevikt (Rahman et al., 2009), samt påverkan på barnens kognitiva utveckling i form av nedsatt verbalförmåga och intelligens (Tyler & Allan, 2014). Dessutom tycks exponering tidigt i livet eller under fosterliv öka risken för lung- och urinblåscancer senare i livet (Steinmaus et al., 2014).

Oorganisk arsenik metaboliseras i kroppen genom metylering till mono- och dimetylarсенiksyra. Dessa metaboliter utsöndras i urinen. Medan den dimetylerade metaboliten kan betraktas som en avgiftningsmekanism, har andelen av den monometylerade formen visats utgöra en riskfaktor (Vahter 2009). Det är stora skillnader i metabolism av arsenik mellan olika individer, vilket delvis är genetiskt betingat (Engström 2011).

WHO har klassat arsenik som cancerframkallande (IARC 2004; IARC 2012). Risken för cancer vid långtidsexponering via dricksvatten som innehåller 10 µg arsenik per liter har uppskattats till cirka tre fall (lung- och urinblåscancer) per 1000 exponerade personer (NRC 2001). Denna risk är högre än den lågrisknivå på 1 extra cancerfall per 100 000 exponerade som brukar betraktas som ”acceptabel” när man sätter hälsobaserade riktvärden.

Efsa har etablerat ett hälsobaserat referensvärde (BMDL₀₁) för oorganisk arsenik (EFSA 2009). BMDL₀₁ är den lägre konfidensgränsen för den dos som motsvarar en riskökning på 1 procent (det vill säga 1 fall på 100 personer). Efsa presenterar referensvärdet som ett intervall mellan 0,3 och 8 µg/kg kroppsvikt och dag. Intervallet reflekterar hur resultatet beror på val av studie, kritisk hälsoeffekt (cancer i lunga, hud och urinblåsa, eller hudförändringar), samt antagandet om vilken andel av exponeringen som kommer från vatten respektive övriga livsmedel. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (Jecfa) etablerade senare ett BMDL_{0.5} på 3,0 µg/kg kroppsvikt och dag för lungcancer (FAO/WHO 2011). BMDL_{0.5} är den lägre konfidensgränsen för den dos som motsvarar en riskökning på 0.5 procent (det vill säga 1 fall på 200 personer), för lungcancer i detta fall.

Jefca's huvudsakliga referenspunkt (BMDL_{0.5}) på 3,0 µg/kg kroppsvikt och dag avser cancer (lungcancer) specifikt medan Efsa's intervall för referenspunkten även omfattar hudförändringar (Efsa 2009). Jefcas värdering har bland annat

beaktat Efsa (2009). Jecfa's slutliga bedömning baseras dock på nyare data från Chen et al. (2010a) som inte fanns tillgängliga i samband med Efsa's bedömning: Chen et al. (2010a) redovisar resultat från en (prospektiv) kohortstudie omfattande 6888 individer från nordöstra Taiwan med en ålder på 40 år eller mer (och uppföljningstiden var cirka 12 år). Livsmedelsverket använder sig av det hälsobaserade referensvärdet som Jecfa tagit fram specifikt för lungcancer eftersom 1) det baseras på en nyare värdering och dataunderlag (FAO/WHO 2011) samt 2) att hudförändringar (pigmentförändringar och hyperkeratos, det vill säga att hornlagret förtjockas, framför allt på handflator och fotsulor) som omfattas i Efsa's intervall för referenspunkten (Efsa, 2009) anses vara en mindre allvarlig effekt än cancer. Jecfa gjorde även bedömningar för cancer i urinblåsa (data från Chen et al. 2010b) som gav högre BMD och BMDL värden än det för lungcancer.

I Jecfa's analys utvärderades data med flera olika modeller som beskriver sambandet mellan arsenikexponering och cancerrisk. BMDL_{0.5} värdet på 3,0 µg/kg kroppsvikt och dag motsvarade resultatet från den mest konservativa modellen (quantal linear), det vill säga den modell som gav lägst BMD värden. Observera att tillgängliga epidemiologiska data beskriver hur halten av arsenik i dricksvatten korrelerar till cancerrisk. För att bedöma hur risken beror av själva intaget av arsenik från mat måste en bedömning göras av hur mycket vatten den studerade befolkningen konsumerar direkt och indirekt (i samband med matlagning) samt hur mycket arsenik de utsätts för från övriga livsmedel. Jecfa gjorde även en analys av hur BMD och BMDL värden beror på dessa antaganden/bedömningar. Detta redovisas även i Tabell 5 med avseende på den aktuella modellen (quantal linear). Utifrån data i Tabell 5 valdes BMD_{0.5} på 4,5 µg/kg kroppsvikt och dag och BMDL på 3,0 µg/kg kroppsvikt och dag eftersom resultat från analysen av olika antagandens betydelse inte skiljer sig markant.

Tabell 5. BMD värden för oorganisk arsenik med avseende på lungcancer givet olika scenarion för intag via livsmedel och konsumtion av vatten

Arsenikexponering via mat (µg/dag) ^a	Vattenkonsumtion (liter/dag)	BMD _{0.5} (µg/kg kroppsvikt/dag) ^b	BMDL _{0.5} (µg/kg kroppsvikt/dag) ^b
75	3	4,5	3,0
50	4	3,0	2,0
50	2	3,0	2,0
200	2	6,1	4,0
200	4	6,1	4,0

^a Jecfa (FAO/WHO 2011) konverterade data på halter av arsenik i dricksvatten till intag av arsenik från livsmedel. Som utgångspunkt identifierades medelxponeringar på 75 µg/dag från livsmedel och en direkt och indirekt konsumtion på 3 liter vatten per dag, samt ett antagande om en kroppsvikt på 55 kg. Känsligheten i dessa resultat utvärderades genom att anta en arsenikexponering från livsmedel mellan 50 och 200 µg/dag samt en direkt och indirekt konsumtion av vatten på 2 till 4 liter per dag. Uppskattade intag via livsmedel och data på motsvarande risker för lungcancer användes vid modellering och beräkning av BMD och BMDL för respektive scenario.

^b BMD och BMDL för den mest konservativa modell (quantal linear), det vill säga den modell som gav lägst BMD värden. För denna modell skiljde sig resultat inte nämnvärt mellan olika scenarion. BMD och BMDL på 4,5 respektive 3,0 används som utgångspunkt i denna riskvärdering.

Riskkaraktisering

Metod

Livsmedelsverket har utvecklat ett nytt verktyg för riskkaraktisering som kallas ”Risktermometern” (Sand et al. 2015). Risktermometern baseras på den traditionella principen för riskkaraktisering där den uppskattade exponeringen av ett ämne i maten jämförs mot ämnets hälsobaserade referensvärde, till exempel hälsobaserad referenspunkt (RP) eller ett tolerabelt dagligt intag (TDI). Skillnaden mellan RP eller TDI och exponeringen kallas ibland ”margin of exposure” (MOE). RP eller TDI baseras på den kritiska hälsoeffekten som riskvärderingen baseras på. Metodiken i Risktermometern skiljer sig genom att den kritiska hälsoeffektens allvarlighet även vägs in på ett systematiskt sätt, det vill säga att till exempel cancer bedöms allvarligare än hudförändringar. Det bakomliggande riskkaraktiseringsmålet i Risktermometern kallas därför ”severity-adjusted margin of exposure” (SAMOE):

$$SAMOE = \frac{RP}{AF_{BMR} \times AF \times SF \times E} \quad (1)$$

- RP (hälsobaserad referenspunkt): Kan vara ett BMD, NOAEL (no-observed-adverse effekt level) eller ett LOAEL (lowest-observed-adverse-effekt level). BMD₁₀ utgör standard i Risktermometern, det vill säga en referenspunkt som motsvarar en 10-procentig risk- eller effektökning. BMD₁₀ är den RP som vanligen används. Den av Jefca framtagna referenspunkten för arsenik motsvarar dock en riskökning på 0.5 procent (BMD_{0.5} = 4,5 µg/kg kroppsvikt och dag och BMDL_{0.5} = 3,0 µg/kg kroppsvikt och dag). I Risktermometern hantearas detta genom applikation av en extrapoleringsfaktor för responsjustering, AF_{BMR} (se ekvation 1). Detta är en generalisering av principen inom traditionell riskvärdering att använda en extra faktor för extrapolering från ett LOAEL till ett NOAEL. Extrapolering uppåt med en faktor 20 (AF_{BMR} = 1/20) skulle innebära linjär extrapolering från BMD_{0.5} till BMD₁₀. Halva denna faktor används istället i denna värdering, det vill säga en faktor 10 (AF_{BMR} = 1/10), för att beakta ett eventuellt icke-linjärt samband i det aktuella dosintervallet (det vill säga att ett ämnes effekt inte är linjärt dosberoende i intervallet BMD_{0.5} - BMD₁₀). Illustrationer av data i Jefca (2011) indikerar att sambandet mellan dos och risk inte nödvändigtvis är linjärt hela vägen från BMD_{0.5} till BMD₁₀. En faktor 10 jämfört med en faktor 20 ger en något mer konservativ bedömning.
- AF (”assessment factors”): Som standard används en AF = 100: en faktor 10 för extrapolering mellan djur och människa, och en faktor 10 för att beakta känsliga individer. Eftersom BMD i fallet med arsenik baseras på humandata,

bedömer Livsmedelsverket att en faktor på 10 för extrapolering mellan djur och människa inte behövs, vilket ger en total AF = 10.

- SF (severity faktor): SF beskriver allvarligheten i den kritiska hälsoeffekten (cancer i fallet med arsenik). Denna parameter skiljer SAMOE från ett vanligt MOE. Värden på SF kan vara 1, 3, 16, 10, 31,6 eller 100. Ett hälsoeffektklassificeringsschema har utvecklats som underlag för att bestämma värdet på SF (Sand et al., 2015, Tabell 3). Cancer hamnar i den allvarligaste kategorin med SF = 100 (observera att hudförändringar som även beaktas i Efsa's intervall för referenspunkten (Efsa 2009) anses motsvara en SF = 10 i Risktermometern). En SF på 100 motsvarar den extra faktor som föreslås av Efsa (2005) för att beakta hälsoeffektens art i det specifika i fallet med ämnen som både är genotoxiska och carcinogena. För just sådana substanser sammanfaller alltså principen som risktermometern bygger på (det vill säga att systematiskt använda en faktor för att beakta den kritiska hälsoeffektens allvarlighet) med Efsa (2005). Både Efsa (2009) och Jecfa (FAO/WHO 2011) diskuterar att arsenik inte är direkt DNA-reaktiv vilket skulle kunna motivera att det finns en tröskeldos för arsenik. På grund av osäkerheter med avseende på dosreponskurvans utseende bedömde dock Efsa att det inte var lämpligt att etablera ett TDI, vilket traditionellt görs då den kritiska hälsoeffekten har en tröskeldos efter vilken effekter uppkommer. Jecfa etablerade heller inget TDI, däremot tog de bort sitt provisoriska tolerabla veckointag (PTWI) på 15 µg/kg kroppsvikt och vecka (det vill säga 2,14 µg/kg kroppsvikt och dag) för arsenik som en konsekvens av den nya analysen. I ett kvantitativ riskvärderingsperspektiv behandlar till synes både Efsa och Jecfa arsenik på ett sätt som liknar det för ämnen som både är carcinogena och genotoxiska.
- E (exponering): Olika scenarion för arsenikexponering används i denna bedömning som motsvarar medianen och den 95:e percentilen för vuxna individer, 11/12 åringar, 8/9 åringar och 4 åringar (Tabell 2 och 3).

I Risktermometern klassificeras SAMOE värdet (som beskriver storleken på exponeringen för ett ämne) i någon av fem riskklasser. Dessa riskklasser beskriver olika grader av hälsoangelägenhet (Tabell 6). Vid användning av Risktermometern bedöms som utgångspunkt att exponeringar som hamnar i riskklass 1 och 2 inte utgör hälsorisker i ett långsiktigt perspektiv. Riskklass 3, mittpunkten på skalan, bedöms i dagsläget utgöra en gråzon i ett hälsoriskperspektiv. Fallet med exponeringar som hamnar i riskklass 4 och särskilt 5 bedöms å andra sidan kunna utgöra hälsorisker.

Osäkerheter finns med avseende på alla parametrar som definierar SAMOE (RP, AF, AF_{BMR}, SF, och E, se SAMOE ekvation 1). Detta beaktas även i Risktermometern så att ett osäkerhetsintervall för SAMOE även etableras som beror av osäkerheterna i de ingående parametrarna. Detaljerad information om alla delar av metodiken som Risktermometern bygger på finns att tillgå i Livsmedelsverkets rapport nr 8 (Sand et al., 2015).

Tabell 6. Relation mellan Risktermometern (SAMOE, riskklass, och grad av hälsoangelägenhet) och traditionella riskmått (gråmarkerade kolumner) i fallet med arsenik.

SAMOE	Risk-klass	Grad av hälso-angelägenhet	MOE (BMD _{0,5} /exponering)	Risk ^a Linjärt extrapolerad från BMD _{0,5} = 4,5
< 0,01	klass 5	hög	< 1	> 5 av 1 000
0,01 – 0,1	klass 4	medel/hög	1 - 10	5 av 1 000 till 5 av 10 000
0,1 - 1	klass 3	låg/medel	10 - 100	5 av 10 000 till 5 av 100 000
1 - 10	klass 2	ingen/låg	100 - 1 000	5 av 100 000 till 5 av 1 000 000
> 10	klass 1	ingen	> 1 000	< 5 av 1 000 000

^aJämförelse med de cancerriskberäkningar som traditionellt görs av till exempel United States Environmental Protection Agency (EPA) för genotoxiska carcinogener. Då MOE = 1 är exponering = BMD_{0,5} vilket motsvarar 5 fall på 1 000 individer. Vid linjär extrapolering dras en linje i detta fall mellan BMD_{0,5} och bakgrundsrisk. Risker enligt denna linje kan sedan beräknas för en exponering mellan 0 och BMD_{0,5} enligt ekvationen $\text{risk} = \text{exponering} * 0,005/\text{BMD}_{0,5}$. För varje sänkning av exponeringen med en faktor 10 minskar risken på samma sätt, det vill säga med en faktor 10. Notera att resultat från linjär extrapolering kan bero på vilket BMD eller BMDL som utgör startpunkten. BMD_{0,5} valdes här eftersom FAO/WHO (2011) lyckades beräkna en så pass låg BMD; en lägre startpunkt innebär mindre ("kortare") extrapolering till önskad "låg-dosnivå". Observera att riskmått beräknade med linjär extrapolering inte nödvändigtvis ger ett bra mått (eller punktskattning) på den verkliga risken. Dessa mått brukar snarare betraktas som övre gränser för möjlig risk. EPA's "target range" för cancer riskhantering är 1 fall på 10 000 till 1 fall på 1 000 000 (EPA 2005).

Resultat: bedömning av uppskattad exponering

Medianexponering

Enligt Tabell 7 hamnar medianexponering av arsenik från ris/risprodukter i riskklass 2 för vuxna individer och för 11/12 respektive 8/9 år gamla barn. För 8/9 åringar är dock osäkerheten i denna klassificering stor i den uppåtgående riktningen (det vill säga mot riskklass 3). Medianexponeringen för 4 åringar hamnar i riskklass 3 men osäkerheten i denna klassificering är å andra sidan hög i den nedåtgående riktningen (det vill säga mot riskklass 2). Då exponering från andra livsmedel, förutom ris, även beaktas, hamnar medianen för arsenikexponering i riskklass 3 för samtliga konsumentgrupper. Osäkerheten i klassificeringen är låg i den uppåtgående riktningen (det vill säga mot riskklass 4).

Högexponering

En arsenikexponering från ris/risprodukter motsvarande den 95:e percentilen hamnar i riskklass 2 för vuxna och riskklass 3 för barnen (Tabell 8). Osäkerheten i klassificeringen är hög i den uppåtgående riktningen (mot riskklass 3) för vuxna och låg i den uppåtgående riktningen (mot riskklass 4) för barnen. Då exponering från andra livsmedel, förutom ris, även beaktas, hamnar den 95:e percentilen för arsenikexponering konsekvent i riskklass 3 för alla grupper. Osäkerheten i klassificeringen är låg i den uppåtgående riktningen (det vill säga mot riskklass 4) för vuxna och 11/12 år gamla barn, och måttlig/medelstor för 8/9 respektive 4 år gamla barn.

Tolkning av resultat

Som tidigare nämnts bedöms i dagsläget riskklass 3, mittpunkten på skalan, utgöra en gråzon i ett hälsoriskperspektiv. Som påtalas i Rapporten om risktermometern (Sand et al., 2015, Text box 3) så bedöms att en exponering som ligger i närheten av ett hälsobaserat referensvärde (till exempel tolerabelt dagligt intag, TDI) eller liknande att mest sannolikt hamna i riskklass 3. Utifrån detta, och faktumet att risktermometerns skala är gemensam för olika kemikalier/hälsoeffekter, anses i dagsläget mittpunkten av riskklass 3 (rent teknisk innebär detta SAMOE värden som understiger/överstiger 0,316) vara en referens som på ett balanserat sätt beaktar traditionell riskvärderingspraxis där en exponering som understiger det hälsobaserade referensvärdet (till exempel TDI) bedöms som säker.

Med avseende på punktskattningen av SAMOE ligger en arsenikexponering från livsmedel (inklusive ris) motsvarande medianen och den 95:e percentilen för fyra år gamla barn i den övre delen av riskklass 3 (SAMOE = 0,25 respektive 0,17, Tabell 7 och 8). Detta är även fallet med avseende på den 95:e percentilen för 8/9 respektive 11/12 år gamla barn (SAMOE = 0,21 respektive 0,28, Tabell 8). Medianen för 4 år gamla barn och särskilt den 95:e percentilen för 11/12 åringar utgör gränsfall till att ligga alltför nära riskklass 4. Övriga exponeringssituationer motsvarar den nedre delen av riskklass 3 eller riskklass 2. Det skall dock noteras att osäkerheten i SAMOE värdet är cirka en faktor 8 (kvoten mellan den 95:e och 5:e

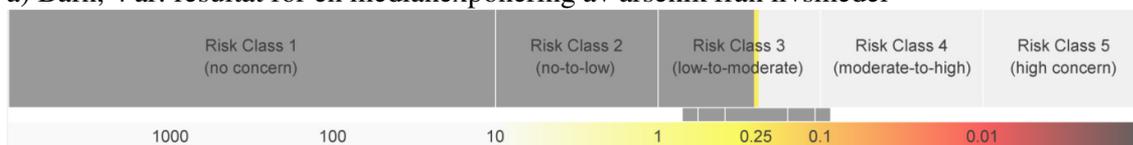
konfidensgränsen, Tabell 7 och 8). Storleken av den uppskattade osäkerheten spänner i många fall över en stor del av riskklass 3 (Figur 2).

Sammanfattningsvis visar resultaten på att uppskattad exponering av arsenik i livsmedel generellt sett klassificerade i riskklass 3, och för barnen (speciellt 4 åringar) ligger exponeringen nära eller över gränsen för vad som är acceptabelt ur ett hälsoriskperspektiv (Figur 2). Med beaktande av uppskattade osäkerheter går det inte att utesluta att arsenikexponering från livsmedel även är högre än önskvärd för en liten del av den vuxna befolkningen. Utifrån aktuella data är det dock svårt att entydigt konstatera ifall arsenikexponeringen från livsmedel på den svenska marknaden utgör en signifikant (långsiktig) cancerrisk i praktiken. Noteras skall även att det är den känslige individen som utgör fokus i denna riskvärdering i linje med traditionell praxis ($AF = 10$, se ekvation 1).

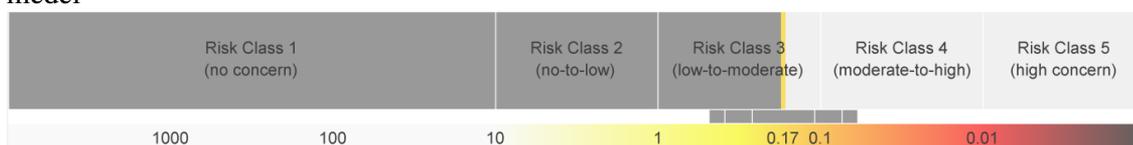
Åtgärder som kan minska arsenikhalten i ris

Tillagningsstudier vid Livsmedelsverket indikerade att arsenikhalten i olika ristyper kan minska med upp till 70 procent, det vill säga en faktor 3 då överskott av vatten används vid tillagning/kokning och sedan hålls bort (se Figur 10, *Del I Kartläggning av oorganisk arsenik i ris och risprodukter*). För den högst exponerade gruppen (4 åringar) är arsenikexponeringen motsvarande den 95:e percentilen $0,122 \mu\text{g}$ per kg kroppsvikt och dag för ris och $0,265 \mu\text{g}$ per kg kroppsvikt och dag för livsmedel totalt sett (Tabell 8). En minskning av exponeringen från ris med en faktor 3 ger då en total exponering från livsmedel (motsvarande den 95:e percentilen) på $0,18 \mu\text{g}$ per kg kroppsvikt och dag $[(0,122/3) + (0,265 - 0,122) = 0,18]$. Noteras kan att en exponering på $0,18 \mu\text{g}$ per kg kroppsvikt och dag motsvarar medianen för 4 åringar som hamnar ganska centralt i riskklass 3 (Figur 2, SAMOE = 0,25). På liknande sätt skulle den 95:e percentilen för vuxna komma att närma sig medianen som motsvarar den nedre delen av riskklass 3 (Figur 2). Detta hypotetiska exempel kan vara en överskattning av effekten eftersom allt konsumerat ris inte enbart utgörs av matlagingsris, speciellt i fallet med mindre barn. Det kan dock utgöra en illustration av vad förändrade tillagningsprocesser skulle kunna åstadkomma.

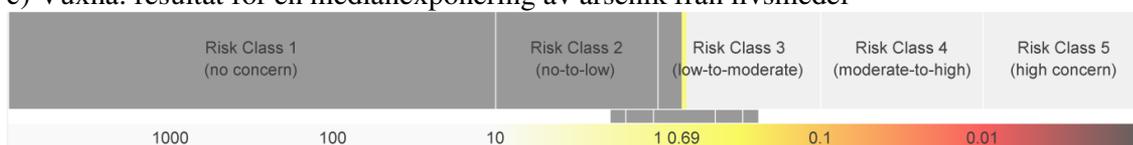
a) Barn, 4 år: resultat för en medianexponering av arsenik från livsmedel



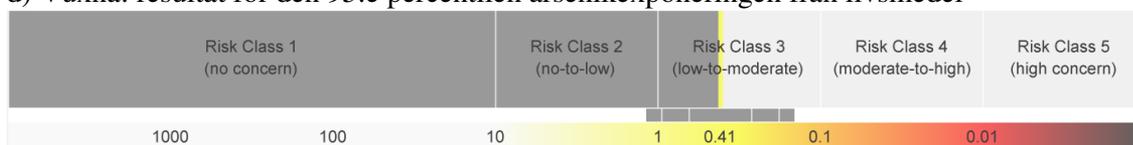
b) Barn, 4 år: resultat för den 95:e percentilen av arsenikexponeringen från livsmedel



c) Vuxna: resultat för en medianexponering av arsenik från livsmedel



d) Vuxna: resultat för den 95:e percentilen arsenikexponeringen från livsmedel



Figur 2. Resultat av Risktermometern med avseende på 4 år gamla barn och vuxna som konsumerar ris. Resultaten för dessa grupper motsvarar ytterligheterna i arsenikexponeringen i respektive riktning (se Tabell 7 och 8). De breda grå staplarna visar storleken på SAMOE-värdet som klassificerar i en av de fem riskklasserna som beskriver olika grader av hälsoangelägenhet. De tunna grå staplarna visar osäkerhetsintervallet för SAMOE-värdet. Ändarna av intervallet beskriver den 5:e och 95:e konfidensgränsen. Linjer som visar den 10:e respektive 90:e konfidensgränsen samt den 25:e respektive 75:e konfidensgränsen illustreras också. För b) glider den 10:e konfidensgränsen över till riskklass 4: en viss osäkerhet i riskklassificeringen bedöms därför finnas i den uppåtgående riktningen. För c) glider den 75:e konfidensgränsen över till riskklass 2: en stor osäkerhet i riskklassificeringen bedöms därför finnas i den nedåtåtgående riktningen. Se även Rapporten om risktermometern (Sand et al., 2015, Tabell 5) för detaljer kring bedömningar av osäkerheter i riskklassificeringen. Kvoten mellan den 95:e och 5:e konfidensgränsen på SAMOE värdet är cirka 8: för samtliga resultat spannar osäkerheten över en stor del av riskklass 3.

Tabell 7. Klassificering av medianexponering av arsenik från ris och livsmedel (totalt)

Exponerings-scenario	ris	ris	ris	ris	totalt	totalt	totalt	totalt
Konsumentgrupp	vuxna	11/12 år	8/9 år	4 år	vuxna	11/12 år	8/9 år	4 år
Resultat								
Riskklass ^a	2	2	2	3	3	3	3	3
Osäkerhetsklass: UPP ^b	1	2	3	1	1	1	1	1
Osäkerhetsklass: NER ^b	1	1	1	3	3	2	1	1
SAMOE ^c	3,0	1,6	1,3	1,0	0,69	0,45	0,34	0,25
MOE (BMD _{0,5} /exponering)	300	155	129	100	69	45	34	25
Input: riskklassificering								
Exponering ^d	0,015	0,029	0,035	0,045	0,065	0,099	0,134	0,181
BMD _{0,5}	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
AF _{BMR} ^e	10	10	10	10	10	10	10	10
AF inter-TK ^f	1	1	1	1	1	1	1	1
AF inter-TD ^f	1	1	1	1	1	1	1	1
AF intra-TK ^f	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
AF intra-TD ^f	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
Allvarlighet (SF) ^g	100	100	100	100	100	100	100	100
Input: osäkerhetsanalys								
UB för exponeringen	KS ^h	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS
LB för exponeringen	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS
UB för BMD _{0,5}	6,75 ⁱ	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75
LB för BMD _{0,5}	3 ^j	3	3	3	3	3	3	3

Se Livsmedelsverket rapport nr 8 (Sand et al., 2015) för detaljer kring Risktermometern.

^a Riskklass, se Tabell 6.

^b Osäkerhet i riskklassificeringen, uppåt (till högre riskklass), eller neråt (till lägre riskklass) (Sand et al., 2015, Tabell 5):

1 = låg osäkerhet.

2 = måttlig/medelstor osäkerhet.

3 = hög osäkerhet.

^c Severity-adjusted margin of exposure (SAMOE) = BMD_{0,5} / (AFs * SF * Exponering).

^d Värderna för arsenikexponering från Tabell 2 och 3.

^e Faktor för responsjustering; extrapolering av BMD_{0,5} till BMD₁₀. En respons på 10 procent är standard i Risktermometern.

^f Faktorer för extrapolering mellan djur och människa, samt beaktande av känsliga individer.

^g Allvarlighetsfaktor (SF) enligt Sand et al., (2015, Tabell 3).

^h KS: semi-kvantitativ standard använd för UB (upper bound) och LB (lower bound) i osäkerhetsmodellen, enligt Sand et al., (2015, Text box 2).

^{i,j} Extrapolerat UB = BMD_{0,5} * BMD_{0,5}/BMDL_{0,5} = 6,75, och LB = BMDL_{0,5} = 3,0 har använts i osäkerhetsmodellen, enligt Sand et al., (2015, Text box 2). Osäkerheten i BMD värdet antas vara symmetrisk på log-skalan.

Tabell 8. Klassificering av den 95:e percentilen av arsenikexponeringen från ris och livsmedel (totalt).

Exponerings-scenario	ris	ris	ris	ris	totalt	totalt	totalt	totalt
Konsumentgrupp	vuxna	11/12 år	8/9 år	4 år	vuxna	11/12 år	8/9 år	4 år
Resultat								
Riskklass ^a	2	3	3	3	3	3	3	3
Osäkerhetsklass: UPP ^b	3	1	1	1	1	1	2	2
Osäkerhetsklass: NER ^b	1	2	1	1	1	1	1	1
SAMOE ^c	1,1	0,54	0,43	0,37	0,41	0,28	0,21	0,17
MOE (BMD _{0.5} /exponering)	107	54	43	37	41	28	21	17
Input: riskklassificering								
Exponering ^d	0,042	0,084	0,104	0,122	0,109	0,16	0,21	0,265
BMD _{0.5}	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
AF _{BMR} ^e	10	10	10	10	10	10	10	10
AF inter-TK ^f	1	1	1	1	1	1	1	1
AF inter-TD ^f	1	1	1	1	1	1	1	1
AF intra-TK ^f	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
AF intra-TD ^f	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
Allvarlighet (SF) ^g	100	100	100	100	100	100	100	100
Input: osäkerhetsanalys								
UB för exponeringen	KS ^h	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS
LB för exponeringen	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS
UB för BMD _{0.5}	6,75 ⁱ	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75
LB för BMD _{0.5}	3 ^j	3	3	3	3	3	3	3

Se Livsmedelsverkets rapport nr 8 (Sand et al., 2015) för detaljer kring Risktermometern.

^a Riskklass, se Tabell 6.

^b Osäkerhet i riskklassificeringen, uppåt (till högre riskklass), eller neråt (till lägre riskklass) (Sand et al., 2015, Tabell 5):

1 = låg osäkerhet.

2 = måttlig/medelstor osäkerhet.

3 = hög osäkerhet.

^c Severity-adjusted margin of exposure (SAMOE).

^d Värderna för arsenikexponering från Tabell 2 och 3.

^e Faktor för responsjustering; extrapolering av BMD_{0.5} till BMD₁₀. En respons på 10 procent är standard i Risktermometern.

^f Faktorer för extrapolering mellan djur och människa, samt beaktande av känsliga individer.

^g Allvarlighetsfaktor (SF) enligt Sand et al., (2015, Tabell 3).

^h KS: semi-kvantitativ standard använd för UB (upper bound) och LB (lower bound) i osäkerhetsmodellen, enligt Sand et al., (2015, Text box 2).

^{i,j} Extrapolerat UB = BMD_{0.5} * BMD_{0.5}/BMDL_{0.5} = 6,75, och LB = BMDL_{0.5} = 3,0 har använts i osäkerhetsmodellen, enligt Sand et al., (2015, Text box 2). Osäkerheten i BMD värdet antas vara symmetrisk på log-skalan.

Resultat: scenarioanalyser

Scenarioanalyser har genomförts för att ge ett vetenskapligt underlag för bedömning av intaget från risprodukter på den svenska marknaden. Detta utgör karaktäriseringar av risken med avseende på en konsumtion av enskilda produkter över lång tid. Det skall dock noteras att dessa analyser är mer eller mindre teoretiska till exempel eftersom en konsekvent konsumtion av endast en typ av risprodukt under större delen av livet inte förekommer i praktiken.

Som tidigare sagts bedöms mitten på riskklass 3, det vill säga ett SAMOE $\approx 0,3$, utgöra en riskbaserad referens (som kan liknas med ett TDI). Enligt Figur 1 bidrar ris, i medeltal, med cirka 30 procent av det totala intaget av arsenik från livsmedel. Utifrån detta kan kritiskt/acceptabelt intag från ris beräknas:

Ett SAMOE = 0,3 motsvarar en arsenikexponering på 0,15 μg per kg kroppsvikt och dag [ekvation 1: $RP = 4,5$, $AF = 10$, $AF_{BMR} = 1/10$, $SF = 100$ och en exponering (E) på 0,15 ger ett SAMOE = 0,3]. 30 procent av 0,15 är 0,045 μg per kg kroppsvikt och dag. Som kan noteras i Tabell 7 och 8, baserat på verkliga exponeringsdata, motsvarar situationer där exponeringen från ris är mindre än 0,045 μg per kg kroppsvikt och dag ett totalintag av arsenik från livsmedel som ger ett SAMOE över 0,3 (exponering från ris $< 0,045 \mu\text{g}/\text{kg}$ kroppsvikt/dag för vuxna i Tabell 7 och 8, samt för barn 11/12 respektive 8/9 år gamla i Tabell 7).

Det ska noteras att beräkningen av referensintaget på 0,045 $\mu\text{g}/\text{kg}$ kroppsvikt och dag avser en punktskattning. Osäkerheter finns i de ingående parametrarna (RP, AF, AF_{BMR} , SF) som innebär att en osäkerhet även finns i värdet på 0,045 (i båda riktningarna).

Kritiskt antal portioner per vecka

Tabell 9 redovisar resultat för den mängd per vecka av olika risprodukter som ger ett arsenikintag på 0,045 μg per kg kroppsvikt och dag (det vill säga $7 * 0,045 = 0,315 \mu\text{g}/\text{kg}$ kroppsvikt). Bakomliggande data finns att tillgå i Tabell 10.

För barnen motsvarar en exponering på 0,045 μg per kg kroppsvikt och dag i medeltal 3 - 4 portioner i veckan med avseende på risprodukter som vanligen konsumeras som del av en vanlig/större måltid (basmatiris, fullkornsriss, jasminris, parboiled ris, risgröt och risnudlar). För fullkornsriss fyller redan 2 portioner det acceptabla veckointaget (för barn på 8 månader, 4 år, 8/9 år och 11/12 år). Detta gäller även rismellanmål för 4 åringar och yngre barn, samt risgröt för barn på 8 månader. För barn på 8 månader, 2, 4, 8/9, och 11/12 år motsvarar 2, 3, 5, 8, respektive 11 riskakor det beräknade acceptabla veckointaget.

För vuxna motsvarar en exponering på 0,045 μg per kg kroppsvikt och dag i medeltal 6 portioner i veckan med avseende på risprodukter som vanligen konsumeras som del av en vanlig måltid (basmatiris, fullkornsriss, jasminris, förkokt ris, risgröt och risnudlar).

Beräknade medelvärden på 3-4 och 6 portioner i veckan för barn respektive vuxna kan jämföras med den uppskattade riskkonsumtionen, och motsvarande antal portioner i veckan, som redovisas i Tabell 4.

För barn ligger mediankonsumtionen på 2-3 gånger i veckan (Tabell 4) nära det ”kritiska” antalet på cirka 3-4 portioner i veckan. Den mer detaljerade analysen visar att detta främst verkar gälla de yngre barnen; för 4 åringar motsvarar medianexponeringen för arsenik från ris den acceptabla exponeringen på 0,045 µg per kg kroppsvikt och dag (Tabell 7), och medianexponeringen för arsenik från livsmedel total sett ligger nära mitten på riskklass 3 (Figur 2). En riskkonsumtion motsvarande den 95:e percentilen för barn, motsvarande 5-7 portioner i veckan (Tabell 4), ligger över den kritiska nivån på cirka 3-4 portioner i veckan. I linje med detta kan noteras att en exponering från livsmedel, motsvarande den 95:e percentilen, överskrider mitten på riskklass 3 för alla grupper av barn (Tabell 8; SAMOE < 0,3).

Den uppskattade riskkonsumtionen för vuxna på 2 (mediankonsumtion) respektive 5-6 (konsumtion motsvarande den 95:e percentilen) portioner i veckan (Tabell 4) överstiger inte det ”kritiska” antalet på 6 portioner i veckan. På likande sätt kan konstateras att SAMOE för vuxna, med avseende på totalexponering från livsmedel, är större än 0,3 och bedöms således inte utgöra någon signifikant risk (Tabell 7 och 8).

Kritiska halter av arsenik i ris

Som diskuterats tidigare så bedöms det kritiska intaget av arsenik från ris att vara 0,045 µg per kg kroppsvikt och dag. Utifrån data på halter av arsenik i ris beräknades sedan acceptabel riskkonsumtion vilket diskuterades ovan (Tabell 9). En frågeställning är huruvida de halter (Tabell 10) som ligger till grund för beräkningarna i Tabell 9 stämmer överens med föreliggande reglering av arsenik i ris.

EU regleringen skiljer sig för ”vitt ris” (gränsvärde: 200 µg/kg) och fullkornsrisk/parboiled ris (gränsvärde = 250 µg/kg); se *Del 1 Kartläggning av oorganisk arsenik i ris och risprodukter*. Ett gränsvärde är inte att betrakta som en medelhalt utan snarare en övre percentil i en haltfördelning. Ifall data på basmatiris och jasmiris slås ihop (n = 35) så hamnar den övre 95:e percentilen på ca 100 µg/kg (torrt ris). Detta skulle kunna motsvara ett gränsvärde för ”vitt ris” som följer acceptabel arsenikexponering och konsumtion av ris som beräknats i Tabell 9. Ifall data på fullkornsrisk och parboiled ris slås ihop på liknande sett (n = 14) så hamnar den 95:e percentilen på cirka 158 µg/kg (torrt ris). I båda fallen erhålls alltså nivåer som är klart lägre än befintliga gränsvärden på 200 respektive 250 µg/kg. Observera att dessa överslagsberäkningar är matchade mot ”kritisk” riskkonsumtion i kombination med observerade haltdata (Tabell 9). En högre konsumtion av ris skulle t.ex. motivera ännu lägre gränsvärden.

Tabell 9. Konsumerad mängd per vecka av olika risprodukter och motsvarande antal portioner/styck som ger en exponering på 0,315 µg/kg kroppsvikt och vecka.

Grupp	Produkt	Mängd motsvarande en exponering på 0,315 µg/kg/vecka (0,045 µg/kg kroppsvikt/dag)		
		Mängd (gram/vecka)	Antal portioner/styck per vecka	Medelvärde (antal portioner per vecka) ^a
8 mån	basmatiris	128	5	3
	fullkornsrís	66	2	
	parboiled rís	93	4	
	jasminrís	117	4	
	risgröt	218	2	
	risnudlar	80	3	
	rismellanmål	173	2	-
	risdryck	319	11	
	glutenfri pasta	2347	63	
	rispuffar/flingor	39	4	
	riskaka	18	2 (styck)	
	glutenfritt knäckebröd	63	6 (styck)	
2 år	basmatiris	193	6	4
	fullkornsrís	99	3	
	parboiled rís	139	4	
	jasminrís	177	5	
	risgröt	328	3	
	risnudlar	121	4	
	rismellanmål	260	2	-
	risdryck	480	10	
	glutenfri pasta	3535	79	
	rispuffar/flingor	58	6	
	riskaka	26	3 (styck)	
	glutenfritt knäckebröd	95	10 (styck)	
4 år	basmatiris	274	3	3
	fullkornsrís	140	2	
	parboiled rís	199	2	
	jasminrís	252	3	
	risgröt	467	3	
	risnudlar	172	3	
	rismellanmål	370	2	-
	risdryck	683	5	
glutenfri pasta	5031	57		

Grupp	Produkt	Mängd motsvarande en exponering på 0,315 µg/kg/vecka (0,045 µg/kg kroppsvikt/dag)		
		Mängd (gram/vecka)	Antal portioner/styck per vecka	Medelvärde (antal portioner per vecka) ^a
	rispuffar/flingor	83	4	
	riskaka	38	5 (styck)	
	glutenfritt knäckebröd	136	14 (styck)	
8/9 år	basmatiris	471	4	3
	fullkornsrís	241	2	
	parboiled rís	341	3	
	jasminrís	432	4	
	risgröt	801	4	
	risnudlar	295	4	
	rismellanmål	635	4	-
	risdryck	1172	5	
	glutenfri pasta	8632	69	
	rispuffar/flingor	142	7	
	riskaka	65	8 (styck)	
	glutenfritt knäckebröd	233	23 (styck)	
11/12 år	basmatiris	637	4	4
	fullkornsrís	326	2	
	parboiled rís	461	3	
	jasminrís	584	4	
	risgröt	1085	4	
	risnudlar	400	3	
	rismellanmål	860	5	-
	risdryck	1587	7	
	glutenfri pasta	11689	83	
	rispuffar/flingor	192	10	
	riskaka	88	11 (styck)	
	glutenfritt knäckebröd	316	32 (styck)	
vuxna	basmatiris	1114	8	6
	fullkornsrís	571	4	
	parboiled rís	806	5	
	jasminrís	1022	7	
	risgröt	1897	8	
	risnudlar	699	5	
	rismellanmål	1504	9	-
	risdryck	2775	17	

Grupp	Produkt	Mängd motsvarande en exponering på 0,315 µg/kg/vecka (0,045 µg/kg kroppsvikt/dag)		
		Mängd (gram/vecka)	Antal portioner/styck per vecka	Medelvärde (antal portioner per vecka) ^a
	glutenfri pasta	20435	151	
	rispuffar/flingor	336	17	
	riskaka	153	18 (styck)	
	glutenfritt knäckebröd	552	55 (styck)	

^a Medelvärdet av antalet portioner för produkter som vanligen kan ingå som del av en större måltid.

Tabell 10. Bakgrundsdata för scenarionanalyser.

Grupp	Vikt (kg)	produkt	Medelhalt (µg/kg)	Portionsstorlek (gram) ^a	Justering ^b
8 mån	8,5	basmatiris	63	26	3
		fullkornsris	123	26	3
		parboiled ris	87	26	3
		jasminris	68	26	3
		risgröt	12	100	1
		rismellanmål	16	90	1
		riskaka	152	8	1
		glutenfritt knäckebröd	42	10	1
		risdryck	8	30	1
		glutenfri pasta	3	37	2,63
		risnudlar	70	26	2,1
		rispuffar/flingor	69	10	1
2 år	12,8	basmatiris	63	33	3
		fullkornsris	123	33	3
		parboiled ris	87	33	3
		jasminris	68	33	3
		risgröt	12	125	1
		rismellanmål	16	120	1
		riskaka	152	8	1
		glutenfritt knäckebröd	42	10	1
		risdryck	8	50	1
		glutenfri pasta	3	45	2,63
		risnudlar	70	33	2,1
		rispuffar/flingor	69	10	1
4 år	18,2	basmatiris	63	91	3
		fullkornsris	123	91	3
		parboiled ris	87	91	3
		jasminris	68	91	3
		risgröt	12	150	1
		rismellanmål	16	175	1
		riskaka	152	8	1
		glutenfritt knäckebröd	42	10	1

Grupp	Vikt (kg)	produkt	Medelhalt (µg/kg)	Portionsstorlek (gram) ^a	Justering ^b
		risdryck	8	150	1
		glutenfri pasta	3	88	2,63
		risnudlar	70	53	2,1
		rispuffar/flingor	69	20	1
8/9 år	31,3	basmatiris	63	117	3
		fullkornsris	123	117	3
		parboiled ris	87	117	3
		jasminris	68	117	3
		risgröt	12	220	1
		rismellanmål	16	175	1
		riskaka	152	8	1
		glutenfritt knäckebröd	42	10	1
		risdryck	8	220	1
		glutenfri pasta	3	126	2,63
		risnudlar	70	74	2,1
rispuffar/flingor	69	20	1		
11/12 år	42,3	basmatiris	63	143	3
		fullkornsris	123	143	3
		parboiled ris	87	143	3
		jasminris	68	143	3
		risgröt	12	250	1
		rismellanmål	16	175	1
		riskaka	152	8	1
		glutenfritt knäckebröd	42	10	1
		risdryck	8	240	1
		glutenfri pasta	3	140	2,63
		risnudlar	70	125	2,1
rispuffar/flingor	69	20	1		
vuxna	74	basmatiris	63	147	3
		fullkornsris	123	147	3
		parboiled ris	87	147	3
		jasminris	68	147	3
		risgröt	12	230	1

Grupp	Vikt (kg)	produkt	Medelhalt (µg/kg)	Portionsstorlek (gram) ^a	Justering ^b
		rismellanmål	16	175	1
		riskaka	152	8	1
		glutenfritt knäckebröd	42	10	1
		risdryck	8	161	1
		glutenfri pasta	3	135	2,63
		risnudlar	70	135	2,1
		rispuffar/flingor	69	20	1

^a Portionsstorlekar är i huvudsak skattade utifrån Livsmedelsverkets matvaneundersökningar (Riksmaten barn 2003 och Riksmaten vuxna 2010-11).

^b Vissa analyser avser torrhalter. Dessa har justerats ned med en faktor eftersom portionerstorlekar avser tillagat ris.

Nyttoaspekter

Ris kan inte klassas som källa till något enskilt näringsämne (Förordning EU nr 1169/2011). Framförallt bidrar ris till intaget av niacinekvivalenter, vitamin B6 och fosfor där 100 gram motsvarar knappt 10 procent av dagligt referensintag (Tabell 11). I Sverige äter vi i genomsnitt 25-30 gram ris och risprodukter per person och dag vilket är ungefär lika mycket som pasta (Amcoff et al., 2012, Tabell 13). Trots att ris inte är källa till något enskilt näringsämne så tillhör ris nyckellivsmedlena i Sverige, det vill säga ett av de livsmedel som bidrar med 75 procent av näringsintaget (Lundberg-Hallén et al., 2015). Ris och risprodukter bidrar framförallt till intaget av selen och zink, hos befolkningen i stort motsvarar intaget i genomsnitt fyra respektive fem procent av genomsnittsbehovet (Amcoff et al., 2012; NNR 2012).

Alla konsumerar inte ris eller risprodukter i samma utsträckning. Om man endast inkluderar de som under undersökningen ätit ris eller risprodukter (n=747) så motsvarar risprodukter i genomsnitt mer än 25 procent av genomsnittsbehovet av niacinekvivalenter, vitamin B6, kalcium, järn, fosfor, selen och zink (Amcoff et al., 2012; NNR 2012). Ris är också en viktig del av intaget av kolhydrater och fullkorn. Alternativa källor till dessa näringsämnen finns i Tabell 11.

Tabell 11. Bidrag per 100 gram till dagligt referensintag (procent).

	Kolhydrater ¹	Fullkorn ²	Niacinekvivalenter	Vitamin B6	Ca	Fe	P	Se
Ris	8	0	8	7	3	1	8	5
Fullkornsris	10	47	17	10	1	3	15	2
Potatis	6	0	14	14	1	3	6	0
Pasta	10	0	8	1	1	4	8	0
Fullkornspasta	11	69	16	4	2	11	16	5
Bulgur/couscous	6	0	11	4	1	4	10	1
Bulgur/couscous fullkorn	9	46	18	6	2	8	18	2
Korngryn	5	0	20	8	1	5	8	1
Hirs	5	27	6	7	0	8	8	1
Majsgryn	6	0	2	1	0	2	3	1
Dinkel	8	47	22	4	1	12	21	8
Quinoa	8	0	7	10	2	11	25	5

¹ Andel av accepterbart spann (NNR 2012).

² Andel av Livsmedelsverkets riktlinje för fullkorn Referens: Livsmedelsverkets livsmedelsdatabas version 2015-03-04; Förordning (EU) nr 1169/2011.

Slutsatser

- Baserat på medel/medianintaget utgör ris den enskilt största exponeringskällan för oorganisk arsenik (27 - 31 procent) på populationsnivå i Sverige. Medianexponeringen från livsmedel, inklusive ris, uppskattas till cirka 0,07 (vuxna), 0,10 (11/12 åringar), 0,13 (8/9 åringar) och 0,18 (4 åringar) µg per kilokroppsvikt och dag. Exponeringsuppskattningarna är förknippade med osäkerheter (underskattning av konsumtion, användande av standardiserade portionsstorlekar) så att resultaten ger en uppfattning om, men inte ett precist mått på exponeringen.
- Uppskattad exponering av arsenik från livsmedel klassificerar generellt sett i riskklass 3 och för barnen (speciellt yngre barn) ligger exponeringen nära eller över gränsen för vad som är acceptabelt ur ett hälsoriskperspektiv. Enligt Risktermometern bedöms acceptabel arsenikexponeringen (i ett livslångt perspektiv) vara cirka 0,15 µg per kg kroppsvikt och dag, varav 0,045 µg per kg kroppsvikt och dag från ris/risprodukter (det vill säga 30 procent). Med beaktande av uppskattade osäkerheter går det inte att utesluta att arsenikexponeringen från livsmedel även är högre än önskvärd för en liten del av den vuxna befolkningen.
- Scenarionalyser indikerar att den acceptabla arsenikexponeringen från ris motsvarar cirka 3 - 4 portioner i veckan för barn och 6 portioner i veckan för vuxna. Ensidig konsumtion av vissa risprodukter kan ge en exponering som enligt våra beräkningar kan leda till hälsorisker vid livslång konsumtion. Givet befintliga data uppskattas att en del barn idag har en riskkonsumtion som överskrider 3-4 portioner i veckan (upp till hälften av de yngre barnen). För vuxna uppskattas riskkonsumtionen idag normalt understiga 6 portioner i veckan.
- Scenarionalyser visar även på att gränsvärden som är linje med acceptabel arsenikexponering och konsumtion av ris är lägre än de gränsvärden som tillämpas från och med 1 januari 2016.

Referenser

Amcoff E., Edberg A., Enghardt Barbieri H., Lindroos AK., Nälsén C., Pearson M., Warensjö Lemming E. (2012). Riksmaten – vuxna 2010–11. Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige. Livsmedelsverket, Uppsala.

Brandon E. et al. (2014). Arsenic: bioaccessibility from seaweed and rice, dietary exposure calculations and risk assessment. *Food Additives & Contaminants: Part A*, Vol. 31, No. 12: 1993-2003.

Chen CL et al. (2010a). Ingested arsenic, characteristics of well water consumption and risk of different histological types of lung cancer in northeastern Taiwan. *Environmental Research*, 110(5): 455-462.

Chen CL et al. (2010b). Arsenic in drinking water and risk of urinary tract cancer: a follow-up study from northeastern Taiwan. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 19(1): 101-110.

Concha G, Vogler G, Lezcano D, Nermell B, Vahter M. (1998). Exposure to inorganic arsenic metabolites during early human development. *Toxicological Sciences* 44 (2): 185-190.

EFSA (2005). Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. *EFSA J* 282:1-31.

EFSA (2009). Scientific opinion on arsenic in food. EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM). European Food Safety Authority, Parma, Italy. *EFSA Journal*, 7(10): 1351.

EFSA Journal 2014;12(3):3597. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population.

Enghardt Barbieri H., Pearson M., Becker W. (2006). Riksmaten – barn 2003. Livsmedels- och näringsintag bland barn i Sverige. Livsmedelsverket, Uppsala.

Engström K, Vahter M, Mlakar SJ, Concha G, Nermell B, Raqib R, Cardozo A, Broberg K. (2011). Polymorphisms in arsenic (+III oxidation state) methyltransferase (AS3MT) predict gene expression of AS3MT as well as arsenic metabolism. *Environmental Health Perspectives*. 119(2): 182-188.

Europaparlamentets och Rådets Förordning (EU) nr 1169/2011 av den 25 oktober 2011 om tillhandahållande av livsmedelsinformation till konsumenterna.

FAO/WHO. (2011). Safety evaluation of certain contaminants. Seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA). WHO food additive report series: 63. World Health Organization, Geneva.

Fängström B, Moore S, Nermell B, Kuenstl L, Goessler W, Grandér M, Kabir I, Palm B, Arifeen S, Vahter M. (2008). Breast-feeding protects against arsenic exposure in Bangladeshi infants. *Environmental Health Perspectives* 116 (7): 963-969.

IARC (International Agency for Research on Cancer). (2004). Some drinking-water disinfectants and Contaminants, including arsenic. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. Volume 84: 41-67.

IARC (International Agency for Research on Cancer). (2012) A review of human carcinogens. Part C: metals, arsenic, dusts, and fibers. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. Volume 100C.

Lundberg-Hallén N och Öhrvik V. (2015). Key foods in Sweden: Identifying high priority foods for future food composition analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 51-57.

Market Basket 2010. Chemical analysis, exposure estimation and health-related assessment of nutrients and toxic compounds in Swedish food baskets. Livsmedelverket Rapport nr 7 – 2012.

Meharg AA, Williams PN, Adomako E, Lawgali YY, Deacon C, Villada A, Campbell RCJ, Sun G, Zhu Y-G, Feldmann J, Raab A, Zhao F-J, Islam R, Hossain S, Yanai J. (2009) Geographical variation in total and inorganic arsenic content of polished (white) rice. *Environmental Sciences and Technology* 43(5): 1612-1617.

Niklasson A, Albertsson-Wikland K. (2008) Continuous growth reference from 24th week of gestation to 24 months by gender. *BMC Pediatrics*;8:8.

NRC (National Research Council) 2001. Arsenic in drinking water: 2001 update. National Academy Press, Washington, D.C.

NNR (Nordiska Näringsrekommendationer). (2012).

Rahman A, Vahter M, Ekström E-Ch, Rahman M, Mustafa AH, Wahed MA, Yunus M, Persson L-Å. (2007). Association of arsenic exposure during pregnancy with fetal loss and infant death: a cohort study in Bangladesh. *American Journal of Epidemiology* 165 (12): 1389-1396.

Rahman A, Persson LA, Nermell B, El Arifeen S, Ekstrom EC, Smith AH. (2010). Arsenic exposure and risk of spontaneous abortion, stillbirth, and infant mortality. *Epidemiology* 21(6):797-804.

Sand S, Bjerselius R, Busk L, Eneroth H, Sanner-Färnstrand J, Lindqvist R. (2015). The Risk Thermometer - a tool for risk comparison. Livsmedelsverkets rapportserie nr 8.

Steinmaus C, Ferreccio C, Acevedo J, Yuan Y, Liaw J, Durán V, et al. (2014). Increased lung and bladder cancer incidence in adults after in utero and early-life arsenic exposure. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 23(8): 1529-1538.

Tyler CR, Allan AM (2014). The effects of arsenic exposure on neurological and cognitive dysfunction in human and rodent studies: A review. *Current Environmental Health Reports*, (1): 132-147.

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2005). Guidelines for carcinogen risk assessment. Final report. EPA/630/P-03/001F. Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Vahter M. (2009) Effects of arsenic on maternal and fetal health. *Annual Review of Nutrition*. Volume 29: 381-399.

Zhu Y-G, Williams PN, Meharg AA. (2008). Exposure to inorganic arsenic from rice: A global health issue? *Environmental Pollution* 154: 169-171.

Zheng Y. et al. (2002). The absorption and excretion of fluoride and arsenic in humans. *Toxicology Letters* 133: 77-82.

WHO. (2001). EHC 224, Arsenic and Arsenic Compounds. 2nd ed. Geneva: World Health Organization.

WHO. (2004). Guidelines for drinking-water quality. Third edition. Geneva, World Health Organization.

1. Exponeringsuppskattningar av kemiska ämnen och mikrobiologiska agens – översikt samt rekommendationer om arbetsgång och strategi av S Sand, H Eneroth, B-G Ericsson och M Lindblad.
2. Fusariumsvampar och dess toxiner i svenskodlad vete och havre – rapport från kartläggningsstudie 2009-2011 av E Fredlund och M Lindblad.
3. Colorectal cancer-incidence in relation to consumption of red or precessed meat by PO Darnerud and N-G Ilbäck.
4. Kommunala myndigheters kontroll av dricksvattenanläggningar 2012 av C Svärd, C Forslund och M Eberhardson.
5. Kontroll av bekämpningsmedelsrester i livsmedel 2011 och 2012 av P Fohgelberg, A Jansson och H Omberg.
6. Vad är det som slängs vid utgången hållbarhetsdatum? – en mikrobiologisk kartläggning av utvalda kylvaror av Å Rosengren.
7. Länsstyrelsernas rapportering av livsmedelskontrollen inom primärproduktionen 2012 av L Eskilson och S Sylvén.
8. Riksmaten – vuxna 2010-2011, Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige av E Amcoff, A Edberg, H Enghart Barbieri, A K Lindroos, C Nälsén, M Pearson och E Warensjö Lemming.
9. Matfett och oljor – analys av fettsyror och vitaminer av V Öhrvik, R Grönholm, A Staffas och S Wretling.
10. Revision av Sveriges livsmedelskontroll 2013 – resultat av länsstyrelsernas och Livsmedelsverkets revisioner av kontrollmyndighete av A Rydin, G Engström och Å Eneroth.
11. Kontrollprogrammet för tvåskaliga blötdjur – Årsrapport 2011-2013 – av M Persson, B Karlsson, SMHL, M Hellmér, A Johansson, I Nordlander och M Simonsson.
12. Riskkaraktärisering av exponering för nitrosodimetylamin (NDMA) från kloramin använt vid dricksvattenberedning av K Svensson.
13. Risk- och nyttovärdering av sänkt halt av nitrit och koksalt i charkuteriprodukter – i samband med sänkt temperatur i kylkedjan av P O Darnerud, H Eneroth, A Glynn, N-G Ilbäck, M Lindblad och L Merino.
14. Kommuners och Livsmedelsverkets rapportering av livsmedelskontrollen 2013 av L Eskilson och M Eberhardson.
15. Rapport från workshop 27-28 november 2013. Risk- och sårbarhetsanalys – från jord till bord. Sammanfattning av presentationer och diskussioner.
16. Risk- och nyttovärdering av nöter – sammanställning av hälsoeffekter av nötkonsumtion av J Bylund, H Eneroth, S Wallin och L Abramsson-Zetterberg.
17. Länsstyrelsernas rapportering av livsmedelskontrollen inom primärproduktionen 2013 av L Eskilson, S Sylvén och M Eberhardson.
18. Bly i viltkött – ammunitionrester och kemisk analys, del 1 av B Kollander och B Sundström, Livsmedelsverket, F Widemo, Svenska Jägareförbundet och E Ågren, Statens veterinärmedicinska anstalt.
Bly i viltkött – halter av bly i blod hos jägarfamiljer, del 2 av K Forsell, I Gyllenhammar, J Nilsson Sommar, N Lundberg-Hallén, T Lundh, N Kotova, I Bergdahl, B Järholm och P O Darnerud.
Bly i viltkött – riskvärdering, del 3 av S Sand och P O Darnerud.
Bly i viltkött – riskhantering, del 4 av R Bjerselius, E Halldin Ankarberg och A Kautto.
19. Bra livsmedelsval baserat på nordiska näringsrekommendationer 2012 av H Eneroth, L Björck och Å Brugård Konde.
20. Konsumtion av rött kött och charkuteriprodukter och samband med tjock- och ändtarmscancer – risk och nyttohanteringsrapport av R Bjerselius, Å Brugård Konde och J Sanner Färnstrand.
21. Kontroll av rests substanser i levande djur och animaliska livsmedel. Resultat 2013 av I Nordlander, B Aspenström-Fagerlund, A Glynn, A Törnkvist, T Cantillana, K Neil Persson, Livsmedelsverket och K Girma, Jordbruksverket.
22. Kartläggning av shigatoxin-producerande *E.coli* (STEC) på nötkött och bladgrönsaker av M Egervärn och C Flink.
23. The Risk Thermometer – a tool for comparing risks associated with food consumption, draft report by S Sand, R Bjerselius, L Busk, H Eneroth, J Sanner Färnstrand and R Lindqvist.
24. A review of Risk and Benefit Assessment procedures – development of a procedure applicable for practical use at NFS by L Abramsson Zetterberg, C Andersson, W Becker, P O Darnerud, H Eneroth, A Glynn, R Lindqvist, S Sand and N-G Ilbäck.
25. Fisk och skaldjur, metaller i livsmedel – fyra dicenniers analyser av L Jorhem, C Åstrand, B Sundström, J Engman och B Kollander.
26. Bly och kadmium i vetetabilier odlade kring Rönnskärsverken, Skelleftehamn 2012 av J Engman, B Sundström och L Abramsson Zetterberg.
27. Bättre måltider i äldreomsorgen – vad har gjorts och vad behöver göras av K Lilja, I Stevén och E Sundberg.
28. Slutredovisning av regeringsuppdrag om näringsriktig skolmat samt skolmåltidens utformning 2012-2013 av A-K Quetel och E Sundberg.

1. Spannmål, fröer och nötter -Metaller i livsmedel, fyra decenniers analyser av L Jorhem, C Åstrand, B Sundström, J Engman och B Kollander.
2. Konsumenters förståelse av livsmedelsinformation av J Grausne, C Gössner och H Enghardt Barbieri.
3. Slutrapport för regeringsuppdraget att inrätta ett nationellt kompetenscentrum för måltider i vård, skola och omsorg av E Sundberg, L Forsman, K Lilja, A-K Quetel och I Stevén.
4. Kontroll av bekämpningsmedelsrester i livsmedel 2013 av A Jansson, P Fohgelberg och A Widenfalk.
5. Råd om bra matvanor – risk- och nyttohanteringsrapport av Å Brugård Konde, R Bjerselius, L Haglund, A Jansson, M Pearson, J Sanner Färnstrand och A-K Johansson.
6. Närings- och hälsopåståenden i märkning av livsmedel - en undersökning av efterlevnaden av reglerna av P Bergkvist, A Laser-Reuterswärd, A Göransdotter Nilsson och L Nyholm.
7. Serveras fet fisk från Östersjön på förskolor och skolor, som omfattas av dioxinundantaget av P Elvingsson.
8. The Risk Thermometer – A tool for risk comparison by S Sand, R Bjerselius, L Busk, H Eneroth, J Sanner Färnstrand and R Lindqvist.
9. Revision av Sveriges livsmedelskontroll 2014 – resultat av länsstyrelsernas och Livsmedelsverkets revisioner av kontrollmyndigheter av A Rydin, G Engström och Å Eneroth.
10. Kommuners och Livsmedelsverkets rapportering av livsmedelskontrollen 2014 av L Eskilsson och M Eberhardson.
11. Bra livsmedelsval för barn 2-17 år – baserat på nordiska näringsrekommendationer av H Eneroth och L Björck.
12. Kontroll av rests substanser i levande djur och animaliska livsmedel. Resultat 2014 av I Nordlander, B Aspenström-Fagerlund, A Glynn, A Törnkvist, T Cantillana, K Neil Persson, Livsmedelsverket och K Girma, Jordbruksverket.
13. Biocidanvändning och antibiotikaresistens av J Bylund och J Ottosson.
14. Symtomprofiler – ett verktyg för smittspårning vid magsjukesutbrott av J Bylund, J Toljander och M Simonsson.
15. Samordnade kontrollprojekt 2015. Dricksvatten – distributionsanläggningar av A Tollin.
16. Organisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden. Del 1 - Kartläggning av B Kollander B Sundström.
Organisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden. Del 2 – Riskvärdering av S Sand, G Concha och L Abramsson.
Organisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden. Del 3 – Riskhantering av E Halldin Ankarberg, P Fohgelberg, K Gustafsson, H Nordenfors och Bjerselius.