

Datablad för arsenik

Kemakta Konsult AB
Institutet för Miljömedicin

November 2011
reviderad 2025

© Författarna och NV
Utgiven av: NV

ISSN ...
ISBN ...

Innehåll

Inledning	1
<i>Generella riktvärden för arsenik</i>	<i>1</i>
<i>Ämnesidentifikation</i>	<i>1</i>
Fysikaliska och kemiska uppgifter	2
<i>Fördelningsfaktor mellan jord och vatten, K_d</i>	<i>2</i>
<i>Fördelningsfaktor för organiska och flyktiga ämnen, K_{oc}, K_{ow} och H</i>	<i>2</i>
Bioupptagsfaktorer	3
<i>Upptag i växter</i>	<i>3</i>
<i>Upptag i fisk</i>	<i>3</i>
Toxicitetsparametrar	4
Övrig exponering	4
Cancerklassning	4
Hudupptag	4
Akuttoxicitet	5
TDI/Oral risk	5
RfC/Inhalationsrisk	6
Skydd av grundvatten	6
Skydd av markmiljö	6
<i>Markmiljö, känslig markanvändning</i>	<i>8</i>
<i>Markmiljö, mindre känslig markanvändning</i>	<i>9</i>
<i>Hänsyn till bioackumulering</i>	<i>10</i>
Bakgrundshalter i jord	10
Skydd av ytvatten	12
Referenser	13

Inledning

Detta dokument redovisar underlaget till val av ämnesparametrar för arsenik i modellen för beräkning av riktvärden för förorenad mark. Databladet togs fram för dokumentation av ämnesdata som använts för att beräkna de generella riktvärdena som publicerades 2009. Under 2015-2016 har en genomgång gjorts av relevanta datakällor för att utröna om nya data finns tillgängliga som motiverar en revidering av ämnesparametrarna i modellen. I databladet redovisas vilket nytt dataunderlag som påträffats och om några ändringar av parametervärden gjorts. För parameterdefinitioner och en beskrivning av hur parametrarna används vid riktvärdesberäkning hänvisas till rapporten "Riktvärden för förorenad mark, Modellbeskrivning och vägledning" (Naturvårdsverket, 2009a). Databladet är framtaget av Kemakta Konsult AB och Institutet för Miljömedicin på uppdrag av Naturvårdsverket.

Parametervärdena som redovisas nedan är framtagna för användning i riktvärdesmodellen och rekommenderas inte som bedömningsgrunder för andra ändamål, t.ex. bedömning av ytvattenhalter eller bedömning av grundvattenhalter.

I den genomgång som gjorts av datakällor 2015 till 2016 har det framkommit ny information om cancerrisk och risker för markmiljö. Ingen av ändringarna har dock föranlett någon ändring av parametervärdena och följaktligen inte heller någon revidering av de generella riktvärdena. Ett fel i en referens har medfört att ett parametervärde för upptag i växter har ändrats. Denna ändring påverkar inte de generella riktvärdena. Databladet är uppdaterat 2025 med nytt kriterium för skydd av grundvatten.

Generella riktvärden för arsenik

Generella riktvärden för arsenik i mark

	Generella riktvärden	
Känslig markanvändning (KM)	10	mg/kg TS
Mindre känslig markanvändning (MKM)	25	mg/kg TS

Riktvärdet för KM är justerat till en nivå som motsvarar naturliga bakgrundshalter. För arsenik finns stora regionala variationer och det valda värdet motsvarar 90-percentilen i SGU:s regionala mätningar. Det hälsoriskbaserade värdet är ca 1/25-del av bakgrundsvärdet och styrs av intag av dricksvatten och intag av växter. För arsenik gäller att dricksvattennormen är satt vid en högre risknivå än övriga cancerframkallande ämnen, delvis beroende på höga bakgrundshalter även i grundvattnet. Viktiga parametrar är biotillgänglighet, lakbarhet och upptag i växter, men även vid förutsättningar som kraftigt avviker från de generellt antagna kommer riktvärdet styras av bakgrundshalten. När platsspecifika riktvärden tas fram bör regionala-lokala bakgrundsvärden beaktas.

För MKM styrs riktvärdet av hälsoeffekter, med dominerande exponeringsväg intag av jord. Riktvärden för skydd av markmiljö (40 mg/kg TS) och grundvatten (35 mg/kg TS) är något högre medan riktvärden för skydd av ytvatten är 360 mg/kg TS. Viktiga parametrar är biotillgänglighet och lakbarhet.

Ämnesidentifikation

EC-nummer	231-148-6
CAS-nummer	7440-38-2

Fysikaliska och kemiska uppgifter

Fördelningsfaktor mellan jord och vatten, K_d

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, K_d för arsenik

K_d	300	l/kg
-------	-----	------

För metaller har en sammanställning gjorts av K_d -värden beräknade utifrån laktestresultat från den databas som tagits fram i Hållbar saneringsprojektet "Laktester för riskbedömning av förorenade områden" (Elert et al., 2006). I databasen finns en sammanställning av ett stort antal laktester, huvudsakligen skaktester, utförda inom ramen för statligt finansierade efterbehandlingsprojekt i Sverige. Denna databas bedöms ge det mest relevanta underlaget för riktvärdesmodellen eftersom den omfattar data från förorenade områden i Sverige och eftersom standardiserade metoder har använts. För arsenik har utvärderingen av K_d -värden baserats på 83 prover, vilket bedöms vara ett tillräckligt antal för att ge en tillförlitlig uppskattning av K_d -värdet.

Ur databasen har ett urval av laktester gjorts med fastfashalt och eluathalter ($L/S=2$ och $L/S=10$) över detektionsgräns vid analysen. För dessa laktester har K_d -värden beräknats vid $L/S=2$ och $L/S=10$ och plottats mot fastfashalten. Därefter har den statistiska fördelningen av K_d -värdena undersökts. Endast analyser av prover med förorenad jord (halt över naturlig bakgrund) har tagits med i utvärderingen. Som haltgräns för naturlig bakgrund har valts 50-percentilen för morän analyserad med ICP-MS, salpetersyralakning (7 M HNO_3) i SGU:s sammanställning (SGU, 2007) 3,7 mg/kg TS.

10-percentilen av de experimentella värdena har valts som K_d -värde i riktvärdesmodellen. Det finns flera skäl att lägga tonvikten på experimentella värden i det lägre intervallet; laktester tenderar till att underskatta långsiktig lakning av vissa typer av material, t.ex. material som avger föroreningar genom vittring, samt att förorenad mark med hög lakbarhet (låga K_d -värden) har relativt sett större betydelse för utsläppet från ett område. Valet av 10-percentilen bedöms ge en rimligt försiktig bedömning av rörligheten i förorenad mark för generella förhållanden. Det beräknade värdet har avrundats.

Fördelningsfaktor för organiska och flyktiga ämnen, K_{oc} , K_{ow} och H

Fördelningskoefficienter mellan vatten och organiskt kol (K_{oc}), oktanol och vatten (K_{ow}) och Henrys konstant (H) används inte för arsenik i riktvärdesmodellen.

Bioupptagsfaktorer

Upptag i växter

Parametervärden i riktvärdesmodellen, upptagsfaktorer för arsenik i grönsaker och rotsaker

BCFstem-d	0,05	(mg/kg torr växt)/(mg/kg TS jord)
BCFroot-d	0,003	(mg/kg torr växt)/(mg/kg TS jord)

Upptagsfaktorer för arsenik i växter som odlats i grönsaksland har sammanställts av RIVM (2001a). Värdet för upptag stamdelar anges dock felaktigt i referensen och har korrigerats. (F Swartjes, pers. kom). För arsenik finns data tillgängliga för potatis, morötter och spenat. BCF-värdena för dessa växter visas i tabellen nedan (tabell 4.2 i RIVM 2001a).

Växtupptagsfaktorer för arsenik (RIVM, 2001a)

	BCF (mg/kg torr växt)/(mg/kg TS jord)				Antal
	Min	Median	Max	Medel	
Alla växter	0,0005	0,025	0,42	0,044	270
potatis	0,0005	0,003	0,07	0,0055	90
morötter	0,019	0,066	0,42	0,087	100
spenat	0,006	0,024	0,16	0,034	80

Från dessa fältdata har RIVM beräknat konsumtionsviktade generella BCF-värden som tar hänsyn till bidraget av olika växttyper till den totala konsumtionen av rot- och grönsaker (tabell 4.28 i RIVM 2001a).

Potatis är dominerande vad gäller konsumtion av rotsakerna.

För grönsaker har värdet baserats på data för spenat, dock finns inga data för andra typer av grönsaker. Det konsumtionsviktade värdet för grönsaker motsvarar ungefär det högsta BCF-värdet från fältdata för att ta hänsyn till att arsenikhalten i många grönsaker (till exempel sallat, gurka) är högre än i spenat (se tabell 2.4, RIVM 2001a).

Upptag i fisk

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, upptagsfaktor för arsenik i fisk

BCFfish	50	(mg/kg våtvikt fisk)/(mg/l)
---------	----	-----------------------------

IAEA (2001) anger en upptagsfaktor för arsenik i ätliga delar av sötvattenfisk på 500 (Bq/kg fisk)/(Bq/l), baserat på flera sammanställningar av data för bioupptag i fisk. Det valda värdet är 10% av upptagsfaktorn angiven av IAEA, för att ta hänsyn till lägre toxicitet av arsenik i organisk form. Bottenlevande fisk och skaldjur kan innehålla flera mg/kg av arsenik i organisk form, främst arsenobetain. Denna arsenikform har låg toxicitet och anses därför inte utgöra något hälsoproblem.

Toxicitetsparametrar

Arsenik är ett grundämne som förekommer naturligt i berggrunden. I de flesta områden är halterna låga men i områden med sulfidrika bergarter, som vissa skiffrar och andra äldre sedimentbergarter, glimmergnejser och i så kallade gråvackor kan halterna vara höga. I dessa områden kan förhöjda halter av oorganisk arsenik finnas i grundvattnet till följd av urlakning från omgivande berggrund och marklager. Dricksvattnet kan därför vara en källa till betydande arsenikexponering.

Oorganisk arsenik är mycket giftigt och kronisk exponering kan ge en mängd olika hälsoeffekter. De första symtomen är förändringar i hudens pigmentering och förtjockning av hudens hornlager (s.k. hyperkeratos), framför allt på handflator och fotsulor. Epidemiologiska studier visar att arsenik är cancerframkallande och ökar risken för tumörer i hud, lunga, urinblåsa och troligen även i lever och njure (IARC, 2004; WHO, 2001; IARC, 2012). Det har även rapporterats samband mellan arsenikexponering och perifera kärlskador, leverskador, diabetes, kronisk hosta och högt blodtryck.

Övrig exponering

Människor exponeras för oorganisk arsenik via dricksvatten, mark och luft, och för organiska arsenikföreningar framför allt via fisk och skaldjur. Naturligt höga arsenikhalter (över gränsvärdet för dricksvatten) förekommer i grundvatten/brunnsvatten i områden med höga arsenikhalter i berggrunden (Ek et al., 2008). Dricksvatten från framför allt borrhälsbrunnar i områden med naturligt höga arsenikhalter kan utgöra en betydande exponeringskälla (NMHR, 2009). Om mark är förorenad med arsenik kan framför allt barn få i sig stora mängder arsenik om de stoppar jord och damm i munnen. Halten i luft är normalt låg.

Arsenik räknas som ett genotoxiskt ämne och riktvärdet är beräknat så att exponeringen från det förorenade området innebär en risk mindre än 1 extra cancerfall per 100 000 personer exponerade under en livstid. Någon justering av riktvärdet för exponering från övriga källor görs därför inte.

Cancerklassning

IARC har klassat arsenik som cancerframkallande, grupp 1 (IARC, 2012). Monometylarsenik och dimetylarsenik (MMA och DMA) är metaboliter till oorganisk arsenik samt aktiva ingredienser i bekämpningsmedel och klassas som möjliga carcinogener (grupp 2B). Vissa former av arsenik bedöms vara genotoxiska.

Hudupptag

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, hudupptagsfaktor för arsenik

f_{du}	0,03	dimensionslös
----------	------	---------------

För arsenik finns en del experimentella studier på hudupptag från jord. Dessa studier visar en *in-vivo* absorption i intervallet 3,2-4,5 % för arsenik blandad med jord (Wester et al., 1993). USEPA (2004) använder studien som underlag för en rekommenderad hudupptagsfaktor på 3%. Detta värde har valts som representativt värde för hudupptaget.

Akuttoxicitet

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, tolerabel dos akuta effekter, arsenik

TDAE	0,05	mg/kg kroppsvikt
------	------	------------------

Riktvärdet är baserat på data från White (1999) som rapporterar att övergående akuta symtom kan uppkomma vid ett engångsintag motsvarande 0,035 – 0,07 mg/kg kroppsvikt. Värdet 0,05 mg/kg kroppsvikt har valts som representativt värde. Intag av 0,04 mg/kg kroppsvikt/d under några veckor kan ge (normalt reversibla) mag-tarm- och hematologiska effekter samt perifer neuropati (IMM, 1990).

Dödlig dos för vuxna är 1 – 2 mg/kg kroppsvikt (IMM, 1990) eller 0,6 mg/kg/dag (ATSDR, 2007). White (1999) anger ett intervall mellan 0,32 och 2,27 mg/kg kroppsvikt.

Beräkningar med det valda TDAE-värdet på 0,05 mg/kg kroppsvikt visar att övergående akuta symtom (gastrointestinalt, CNS, hjärta-kärl, lever, njure, blodsystemet) kan uppkomma för mindre barn (10 kg) som äter 5 gram jord med arsenikhalter överstigande 100 mg/kg TS.

TDI/Oral risk

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, Risk_{or}-värdet för arsenik

RISK _{or}	6·10 ⁻⁶	mg/kg kroppsvikt och dag
--------------------	--------------------	--------------------------

Det valda värdet baseras på risk för hudcancer (WHO, 2008). Underlaget för bedömning av hälsoeffekter av arsenik är omfattande och osäkerheten i bedömningen av de kritiska effekterna är därmed relativt liten. Den kvantitativa uppskattningen av storleken på RISK_{or} är dock relativt osäker. En utvärdering som gjordes baserat på risk för lung- och urinblåsecancer kom fram till en RISK_{or} på ca 1-2·10⁻⁶ mg/kg kroppsvikt och dag (NRC, 2001). Det råder stor osäkerhet i riskbedömningen i lågdosområdet.

EFSA (2009) anger den lägre konfidensgränsen för den dos som motsvarar en riskökning på 1 procent (BMDL₀₁) i intervallet 0,3 till 8 µg/kg kroppsvikt och dag för lung-, hud- och urinblåsecancer samt hud effekter (keratos). JEFCA (2011) har baserat på delvis nya data beräknat en BMDL_{0,5} på 3 µg/kg kroppsvikt och dag som motsvarar en ökad lungcancer-incidens på 0,5% över bakgrund. Med en linjär extrapolering motsvarar det ett RISK_{or} på 0,006 µg/kg.d (dvs. risk för 1 extra cancerfall per 100 000 exponerade) och är det värde som används i riktvärdesmodellen.

Livsmedelsverket (2015) har använt JEFCA:s BMD₀₅ för att beräkna ett riskkaraktiseringsmått för ämnen i mat (Severity-Adjusted Margin of Exposure – SAMOE). Ett SAMOE på 1 motsvarar enligt det traditionella sättet att beräkna en cancerrisk på 5 på 100 000.

För närvarande genomför USEPA en uppdatering av sin riskbedömning av oorganiskt arsenik. Uppdateringen befinner sig ännu i ett tidigt stadium och planeras inte vara klar förrän 2017 (USEPA, 2015).

RfC/Inhalationsrisk

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, Risk_{inh}-värdet för arsenik

RISK _{inh}	$6,7 \cdot 10^{-6}$	mg/m ³
---------------------	---------------------	-------------------

WHO (2000) och USEPA (1995) anger riskbaserade värden på $6,7 \cdot 10^{-6}$ respektive $2,3 \cdot 10^{-6}$ mg/m³. WHO:s värde används i riktvärdesmodellen eftersom den bedömningen inkluderar fler studier, inklusive svenska data.

Skydd av grundvatten

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, haltkriterium för arsenik i grundvatten

Ccrit_gw	0,0025	mg/l
----------	--------	------

Haltkriterium för arsenik i dricksvatten är 5 µg/l och hämtas från Livsmedelsverkets/EU:s gränsvärden för dricksvatten (Livsmedelsverket, 2022).

Haltkriteriet för grundvatten har satts till halva dricksvattennormen från Livsmedelsverket (2022).

Skydd av markmiljö

De miljöriskbaserade riktvärdena för arsenik baseras på en sammanställning av befintliga underlag för miljöriskbaserade värden från andra organisationer. En ny utvärdering finns tillgänglig (RIVM, 2015), men den har inte föranlett någon ändring av de valda parametervärdena.

Omfattningen av befintliga underlag och metoder som har använts vid riktvärdesframtagning sammanfattas i tabellen nedan. För en definition av terminologin, se Naturvårdsverket (2009b). I den första kolumnen anges de referenser som använts och vilken typ av riktvärde de avser. I den andra kolumnen anges värdet eller värdena som referensen anger. I den tredje kolumnen ges för varje referens först en kortfattad sammanfattning av vilken metod som använts för att ta fram värdet. Den metod som värdet baseras på står först. I de fall andra metoder använts eller andra värden har beaktats, såsom skydd av landlevande djur eller fåglar, redovisas även dessa. För att fullt ut förstå de använda metoderna hänvisas till mer detaljerade beskrivningar i bakgrundsreferenserna. Den sista kolumnen ger en sammanfattning av storlek och bredd på det dataunderlag som använts.

Sammanställning av underlag till miljöriskbaserade riktvärden för arsenik

Referens	Värde (mg/kg TS)	Framtagningsmetod	Dataunderlag för markdata
RIVM ekotox MPA (RIVM 2001b; datasammanställning 1997)	0,9	Riktvärdet är lägsta NOEC delat med en säkerhetsfaktor 50 (säkerhetsfaktor enligt EU/TGD för 3 NOEC värden). 5-percentilen från känslighetsfördelningen för mikroorganismer/processer = 25 mg/kg TS.	<u>Marklevande arter:</u> 3 NOEC-värden (observationer från 2 grupper) <u>Mikroorganismer:</u> 20 NOEC-värden (34 observationer av fyra processer)
RIVM ekotox SRA & SRC (RIVM, 2001b; datasammanställning 1997)	56 & 85	Geometriskt medelvärde av kroniska data för jordlevande organismer. Bakgrundshalten = 29 mg/kg TS (van den Hoop, 1995) Medianvärdet av artkänslighetsfördelningen för mikrobiella processer, HC50 = 160 mg/kg TS.	<u>Marklevande arter:</u> 3 NOEC-värden (4 observationer från 2 grupper) <u>Mikroorganismer:</u> 20 NOEC-värden (34 observationer av fyra processer)
CCME agricultural/residential (CCME, 1999; datasammanställning 1997)	17	Fördelningsmetoden med data för marklevande arter. 25-percentilen (threshold effects concentration) från fördelning av NOEC och EC _{low} data. Information otillräckligt för framtagning av värde för mikroorganismprocesser. Intag via jord och föda: Riktvärdet = 378 mg/kg TS. Baserat på tröskeffekt, dos 4 mg/kg kv/dag, vilket är lägsta LOAEL, delat med SF=2 eftersom data är från en akutstudie.	<u>Marklevande arter:</u> 46 data <u>Mikroorganismer:</u> 0 <u>Däggdjur och fåglar:</u> 1 LOEC-värde och fem LD50 (eller liknande) -värden från akuta studier. Tre data för fåglar och tre för däggdjur.
CCME industrial (CCME, 1999; datasammanställning 1997)	26	25-percentilen från fördelning av effektdata (LC50 och EC50). Information otillräckligt för framtagning av värde för mikroorganismprocesser	<u>Marklevande arter:</u> 27 data <u>Mikroorganismer:</u> 0
EPA EcoSSL växter (USEPA, 2005)	18	Geometriskt medelvärde av MATC-värden (Maximum acceptable toxicant concentration. Geometriskt medel av NOAEC och LOAEC.)	3 MATC-värden; 22, 69 och 4 mg/kg TS
EPA EcoSSL evertetrater (USEPA, 2005)	-	USEPA anser att dataunderlaget är otillräckligt för framtagning av EcoSSL för evertetrater	
EPA EcoSSL fåglar (USEPA, 2005)	43	Värdet baserat på insektsätande fåglar. TRV-värdet (Toxicity reference value) = 2,25 mg/kg kroppsvikt, d, baserat på lägsta NOAEL för reproduktion, tillväxt och överlevnad. Värdet är halten i mark som motsvarar TRV med hänsyn till upptag i föda, födointaget samt jordintaget. Värden för andra fåglar: växtätande fåglar, 67 mg/kg TS köttätande fåglar, 1100 mg/kg TS.	6 LOAEL-värden 8 NOAEL-värden 2 NOAEL och LOAEL-värden

Referens	Värde (mg/kg TS)	Framtagningsmetod	Dataunderlag för markdata
EPA EcoSSL däggdjur (EPA, 2005)	46	Värdet baserat på insektsätande däggdjur. TRV-värdet (Toxicity reference value) = 1,04 mg/kg kroppsvikt,d, baserat på lägsta NOAEL för reproduktion, tillväxt och överlevnad. Värdet är halten i mark som motsvarar TRV med hänsyn till upptag i föda, födointaget samt jordintaget. Värden för andra däggdjur: både växtätande och köttätande däggdjur, 170 mg/kg TS.	138 NOAEL och LOAEL värden
ORNL daggmask (USDoE 1997a)	60	Lägsta LOEC, avrundat nedåt.	Endast 1 LOEC-värde, 1 studie
ORNL markprocesser (USDoE, 1997a)	100	Lägsta LOEC, avrundat nedåt.	LOEC-värden från 2 studier
ORNL växter (USDoE, 1997b)	10	10-percentilen av LOEC värden, avrundat nedåt.	16 LOEC-värden
RIVM ekotox MPA (RIVM, 2015)	0,0012	Baserat på artkänslighetsfördelning av data för markprocesser. Observera att med den nya metoden används även en säkerhetsfaktor 5 med halten där 95 % av arterna skyddas. Detta värde är högre än värdet från fördelningen av data för enskilda arter (0,22 mg/kg TS).	17 kroniska data (NOEC/EC10) för processer och 14 kroniska data för enskilda arter (insekter, makrofyter och maskar)
RIVM ekotox SRA (RIVM, 2015)	0,26	Baserat på artkänslighetsfördelningen och är geomedelvärdet av alla kroniska data för markprocesser. Värdet är mycket lägre än geomedelvärdet av data för enskilda arter (8,67 mg/kg TS)	17 kroniska data (NOEC/EC10) för processer och 14 kroniska data för enskilda arter (insekter, makrofyter och maskar)

Markmiljö, känslig markanvändning

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, miljöriskbaserade riktvärden för arsenik vid känslig markanvändning

E _{KM}	20	mg/kg TS
-----------------	----	----------

Värdet på E_{KM} är baserat på flera datasammanställningar; CCME (1999), RIVM (2001b) och USEPA (2005). Riktvärdet valdes med hänsyn till 25-percentilen (dvs halten som skyddar 75% av marklevande arter) från CCMEs datasammanställning av NOEC och EC_{low} data för marklevande evertetrater och växter. CCMEs värde är 17 mg/kg TS.

RIVM:s MPA-värde (0,9 mg/kg TS) togs fram med säkerhetsfaktormetoden, med en säkerhetsfaktor på 50 (baserat på 3 NOEC data för marklevande arter) och förefaller mycket lågt. MPA-värdet är långt under naturlig bakgrundshalt av arsenik. Det bör dock observeras att MPA-värdet är maximalt tillåtet tillskott till bakgrundshalten. En säkerhetsfaktormetod som RIVM tidigare har använt (modifierade EPA-metoden, Van de Meent et al., 1990) ger en säkerhetsfaktor på 10, vilket innebär ett högre MPA-värde (4,5 mg/kg TS). RIVM:s data för markprocesser indikerar att riktvärdet är tillräckligt skyddande för markprocesser. RIVM

använde fördelningsmetoden med data för markprocesser: HC5-värdet är 25 mg/kg TS och 25-percentilen beräknat från RIVM:s data är ca 80 mg/kg TS.

I en rapport från 2015 har RIVM gjort en ny datagenomgång för As(III) och As(V) och en utvärdering enligt metodiken som togs fram av EU (2003). Ingen skillnad i toxicitet mellan de två kemiska former kunde ses från de tillgängliga data, och därför baserades riktvärden på kombinerade data för As(III) och As(V). RIVM använde artkänslighetsfördelningsmetoden med data för markprocesser och med data för ensilda arter. MPA-värdet är baserat på HC5-värdet från data för markprocesser och en säkerhetsfaktor 5, som anges i den nya metodiken. Det angivna värdet är lägre än värdet från artkänslighetsfördelningen för enskilda arter (0,22 mg/kg TS), och ligger långt under bakgrundsnivå. Det nya MPA värdet innebär ett obetydligt tillskott till bakgrundshalten. Eftersom RIVM har använt en annan metodik och dessutom anger värden som markant avviker från tidigare bedömningar har dessa inte beaktats i valet av E_{KM} .

USEPA:s eco-SSL-värde är ca 18 mg/kg TS för växter (den känsligaste gruppen), vilket bekräftar att riktvärdet för KM ligger på rätt nivå.

Säkerheten i riktvärdet bedöms vara medelgod, eftersom dataunderlaget är ganska omfattande (CCME:s dataunderlag för marklevande organismer och RIVM:s dataunderlag för markprocesser). Flera länders riktvärden ligger i samma storleksordning. Eftersom 46 data för marklevande arter används i CCME:s fördelning anser CCME att dataunderlaget kan användas för att ta fram riktvärden utan stor säkerhetsfaktor. Dessutom finns markprocessdata från RIVM som kan användas som jämförelse. Dataunderlaget bedöms som tillförlitligt.

Markmiljö, mindre känslig markanvändning

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, miljöriskbaserade riktvärden för arsenik vid mindre känslig markanvändning

E_{MKM}	40	mg/kg TS
-----------	----	----------

Värdet för E_{MKM} är baserat på flera datasammanställningar; CCME (1999), RIVM (2001b) och USEPA (2005). CCME:s riktvärde för mindre känslig markanvändning, 26 mg/kg TS, är 25-percentilen av fördelningen EC50- och LC50-data för marklevande arter. RIVM:s SRA-värde är 56 mg/kg TS och är det geometriska medelvärdet av 3 NOEC värden. HC50-värdet av fördelningen av markprocessdata är högre, 160 mg/kg TS, vilket indikerar att riktvärdet är tillräckligt skyddande för markprocesser. I den nya sammaställningen från RIVM, (2015), baserades SRA-värdet (HC50) på fördelningen av data för markprocesser. Detta värde (0,26 mg/kg TS) är mycket lägre än HC50 från fördelningen av enskilda arter (8,67 mg/kg TS). Båda dessa värden ligger under bakgrundsnivå för arsenik i mark. Dessa värden har dock inte tagits med i beräkningen av E_{MKM} på grund av att en delvis annan metodik använts.

Dataunderlaget bedöms som tillförlitligt. Eftersom 46 datapunkter för marklevande arter används i CCME:s fördelning anser CCME att dataunderlaget kan användas för att ta fram riktvärden utan stor säkerhetsfaktor. Dessutom finns markprocessdata som kan användas som jämförelse. Även om dataunderlaget är ganska stor, bedöms säkerheten i riktvärdet vara medelgod eftersom utvärdering av tillgängliga data varierar mycket mellan organisationer.

Hänsyn till bioackumulering

CCME:s riktvärden för skydd av däggdjur och fåglar för intag av arsenik via jord och föda är betydligt högre än E_{KM} , 378 mg/kg TS. Även USEPA:s EcoSSL-värden ligger långt över E_{MKM} för köttätande fåglar (1100 mg/kg TS) och däggdjur (170 mg/kg TS). EcoSSL-värden för skydd av insektätande fåglar och däggdjur är lägre än för köttätande djur (43 och 46 mg/kg TS) men dessa riktvärden ligger ändå över E_{KM} och E_{MKM} .

Riktvärdet för KM ger ett gott skydd mot sekundära effekter för djur som vistas eller söker föda på området och även riktvärdet för MKM ger ett skydd.

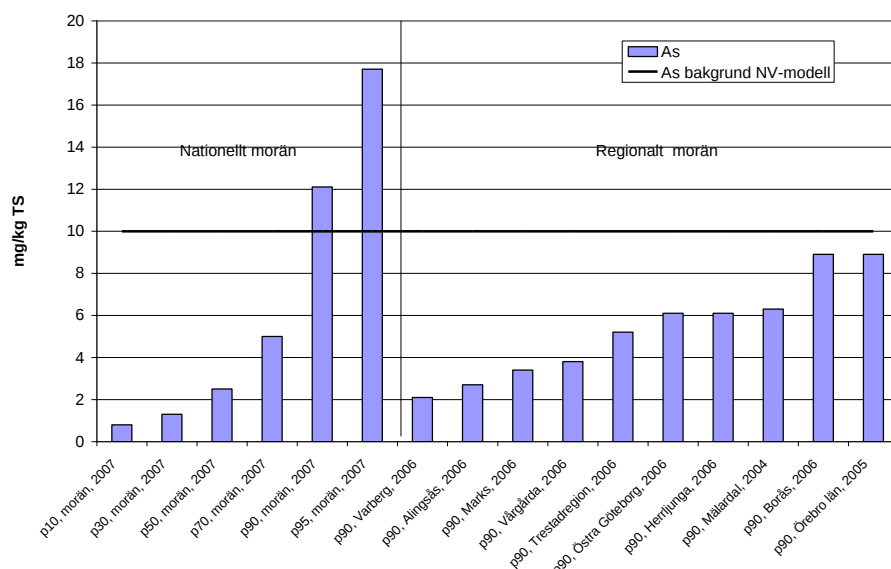
Bakgrundshalter i jord

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, bakgrundshalt av arsenik i jord

C_bc-nat	10	mg/kg TS
----------	----	----------

En sammanställning har gjorts av bakgrundshalter av arsenik i morän. Sammanställningen baseras på nationella och regionala studier av metallhalter i mark utförda av Sveriges Geologiska Undersökning, SGU och Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU.

SGU:s studie (SGU, 2007) omfattar 12 815 prover på morän från hela landet. Antalet regionala prover som behandlats varierar mellan ca 70 och 600 beroende på respektive regions storlek. Naturliga bakgrundshalter finns redovisade för finfraktionen (<0,063 mm) av morän. I figuren och tabellen nedan presenteras samtliga redovisade percentiler av arsenik i SGU:s nationella geokemiska kartering (SGU, 2007) samt 90-percentiler på regional skala där dokumentation funnits att tillgå (Andersson, 2006; 2004a; 2004b; Holmberg, 2005). Data är redovisad för analyser utförda genom salpetersyralakning (7 M HNO₃) och ICP-MS. I figuren nedan kan noteras att den nationella 90-percentilen för arsenik i morän ligger högre än de regionala 90-percentilerna (p90). Regionala datarapporter över ICP-MS-analyserade metaller är ännu ej rikstäckande och täcker inte in en del områden med höga arsenikhalter vilket gör att p90-värdet från den riksomfattande karteringen skiljer sig från p90-värdet från de redovisade regionala studierna.



Sammanställning av percentiler för arsenikhalt i morän nationellt och regionalt.

Den geografiska variationen i arsenikhalt inom jordarten morän är avsevärd. Detta beror på att modernmaterial, d v s den bergart som moränen bildats ur, har olika arsenikhalt. Höga arsenikhalt är generellt utmärkande för moränerna i Norrland som tillhör de sulfidmalmsförande gruvdistrikten. Även i södra Sverige, vid platåbergen i Östergötland och Västergötland samt i sydvästra Skåne är det sedimentära bergarter som svartskiffer och alunskiffer som gett upphov till arsenikförhöjningarna. Moräner med lågt arsenikinnehåll förekommer bland annat i delar av Götaland, centrala Svealand och delar av Norrlandkusten. I tabellen nedan visas även naturliga bakgrundhalter för sedimentjordar (<2 mm, 1474 prover) samt resultat från SLU:s undersökningar av jordbruksmark, ca 4000 provpunkter (SLU, 2007). Sedimentjordarterna domineras av leror.

Bakgrundshalter av arsenik i morän och sedimentjordar från SGU (2007) och SLU (2007)

	SGU, 2007 (Nationellt)								SLU, 2007	Regionala studier
	morän (<0,063 mm)				sedimentjordar (<2 mm)				Jordbruks-mark	morän i Svealand och Götaland
Percentil	10	50	70	90	10	50	70	90	90	90
Arsenikhalt (mg/kg TS)	0,8	2,5	5,0	12,1	1,1	3,5	4,8	7,4	6,8	2,1 till 8,9

För att minska risken att arsenikförorening från punktkällor bedöms som naturliga bakgrundsnivåer i arsenikfattig jord har ett värde valts som ligger runt 90-percentilen för den nationella bakgrundhalten i morän.

I de fall då den naturliga arsenikhalt i ett område bedöms avvika från den nationella bakgrundhalten kan justeringar göras av bakgrundshalten baserat på t.ex. SGU:s regionala geokemiska data.

Skydd av ytvatten

Parametervärdet i riktvärdesmodellen, haltkriterium för arsenik i ytvatten

Ccrit_sw	0,3	µg/l
----------	-----	------

Haltkriterium för ytvatten är baserat på avvikelsen från vanligt förekommande halter i svenska ytvatten. Motivet till detta är att en markant förhöjning av halten arsenik kan förväntas vara mycket långvarig eftersom ämnet inte bryts ned. Riskerna med en permanent förhöjning av halterna i akvatiska ekosystem är svåra att förutse, men en måttlig förhöjning av de halter som förekommer idag innebär att sannolikheten för oacceptabla effekter är liten.

En sammanställning har gjorts av bakgrundshalter av metaller i sjöar och vattendrag från SLU: databank för sjöar och vattendrag. För sjöar kommer data ifrån SLU:s riksinventering (vattenkemi) från år 2005 och år 2000. För vattendrag kommer data från Mälarens, Vätterns och Vänerns tillflöden och samordnade recipientkontrollen (SRK).

Antalet analyser som behandlats är ca 1200 för riksinventeringen från år 2000 och ca 100 för riksinventeringen från år 2005, ca 1200 från Mälaren, Vänern och Vätterns tillflöden och ca 1271 analyser från SRK. Vid tidserier (data från samma provpunkt vid ett flertal provtagningstillfällen) har medianvärdet använts i sammanställningen.

En sammanfattning av sammanställda data för arsenikhalter i sjöar och vattendrag visas i tabellen nedan. Riktvärdet baseras på tillskott till vanligt förekommande halter och är vald som skillnaden mellan medianvärdet och högre punkter i fördelningen (75- och 90-percentiler).

Arsenik i vatten (µg/l), svenska sjöar och vattendrag

	As
Medel	0,37
Min	0,01
10-percentil	0,07
25-percentil	0,17
Median	0,30
75-percentil	0,46
90-percentil	0,70
Max	4,5
Antal stationer	1340

Havs- och vattenmyndigheten (HaV, 2015) anger ett årsmedelvärde för arsenik i ytvatten på 0,5 µg/l (löst koncentration) som bedömningsgrund för God status. Haltkriteriet för ytvatten i riktvärdesmodellen gäller den totala halten i ytvatten (löst och partikulär) och är därför inte jämförbart med HaV:s kriterium. Med hänsyn till detta bedöms haltkriteriet i riktvärdesmodellen vara tillräckligt skyddande för den akvatiska miljön.

Referenser

- Andersson M (2006). *Geokemiska kartan, Markgeokemi, Metaller i morän och andra sediment från Varberg till Lidköping*, Rapport K 45, Sveriges Geologiska Undersökning.
- Andersson M (2004a). *Geokemiska kartan, Markgeokemi, Metaller i morän och andra sediment, Västra Mälardalen med Västerås tätort*, Rapport Gk 4, Sveriges Geologiska Undersökning.
- Andersson M (2004b). *Geokemiska kartan, Markgeokemi, Metaller i morän och andra sediment, Trestadregionen - delar av västra Götalands län*, Rapport Gk 3, Sveriges Geologiska Undersökning.
- ATSDR 2007. Toxicological Profile for Arsenic (Update). Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 2007.
- CCME (1999). *Canadian Soil Quality Guidelines, Arsenic (Environmental and Human health effects)*. Scientific Supporting Document, prepared by the National Guidelines and Standards Office, Environmental Canada Ottawa.
- EFSA (2009). *Scientific opinion on arsenic in food*. EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM). EFSA Journal 2009; 7(10), 135; uppdatering 1 februari 2010. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy.
- Ek B-M, Thunholm B, Östergren I, Falk R, Mjönes L (2008). *Naturligt radioaktiva ämnen, arsenik och andra metaller i dricksvatten från enskilda brunnar*. SSI rapport 2008:15. Rapport från Statens strålskyddsinstitut. Strålskyddsinstitutet (SSI) och Sveriges Geologiska Undersökning.
- Elert M, Fanger G, Höglund L O, Jones C, Suér P, Wadstein E, Bjerre-Hansen J och Grøn C (2006). *Laktester för riskbedömning av förorenade områden – huvudrapport och underlagsrapport 1a*. Kunskapsprogrammet för Hållbar Sanering, Rapport 5535, Naturvårdsverket.
- EU (2003): *Technical Guidance Document on risk assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on risk assessment for existing substances and Directive 98/7/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market*. European Commission Joint Research Centre, Ispra, Italy.
- Holmberg J (2005). *Geokemiska kartan, Markgeokemi, Metaller i morän och andra sediment i Örebro län*, Rapport K 41, Sveriges Geologiska Undersökning.
- HaV (2015). *Havs-och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering and miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. HVMFS 2013:19. Uppdaterad 2015-05-01.
- IAEA (2001). *Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment*. Safety Reports Series No. 19. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IARC (2012). Volume 100. A review of human carcinogens. C. Metals, Arsenic, Fibres and dust. Lyon: International Agency for Research on Cancer.

- IARC (2004). *Some drinking-water disinfectants and contaminants, including arsenic*. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 84: 1–477 International Agency for Research on Cancer.
- IMM (1990). *Hälsoriskbedömning av vissa ämnen i industrikontaminerad mark*. IMM-rapport 4/90. Institutet för miljömedicin.
- JECFA 2011. *Evaluation of certain contaminants in food: Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. WHO technical report series; no. 959. World Health Organization 2011.
- Livsmedelsverket (2015). *Oorganisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden. Del 2 – Riskvärdering*. Rapport 16 – 2015.
- Livsmedelsverket (2022) Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. LIVSFS 2022:12.
- Naturvårdsverket (2009a). *Riktvärden för förorenad mark. Modellbeskrivning och vägledning*. Rapport 5976, Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2009b). *Riskbedömning av förorenade områden. En vägledning från förenklad till fördjupad riskbedömning*, Naturvårdsverket Rapport 5977.
- NMHR (2009). *Miljöhälsorapport 2009*. Socialstyrelsen och Karolinska Institutet. Socialstyrelsen, Stockholm.
- NRC (2001). *Arsenic in drinking water: 2001 update*. Washington, D.C. National Academy Press.
- RIVM (2001a). *Accumulatie van metalen in planten, Een bijdrage aan de technische evaluatie van de interventiewaarden en de locatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem, CW Versluijs en PF Otte*. RIVM report 711701 024 National Institute for Public Health and the Environment, Nederländerna.
- RIVM (2001b). *Ecotoxicological serious risk concentration for soil, sediment and (ground)water: updated proposal for first series of compounds*. Verbruggen EMJ, Posthumus R and van Wezel AP, Bilthoven, RIVM report no 711701020. National Institute for Public Health and the Environment, Nederländerna.
- RIVM (2015): *Update of ecological risk limits for arsenic in soil*. RIVM letter report 2015-0138. Van Herwijnen R, Postma J och Keijzers R. National Institute for Public Health and the Environment, Netherlands.
- SGU (2007). *Utdrag ur SGU:s Regionala markgeokemiska databas*, september 2007.
- SLU (2007). *Mark- och grödoinventeringen, Data insamlat 1988-2003*. Sveriges Lantbruksuniversitet (www.slu.se).
- SLU:s databank för sjöar och vattendrag. *Databank för sjöar och vattendrag*, Sveriges Lantbruksuniversitet (www.slu.se).
- USDoE (1997a). *Toxicological Benchmarks for contaminants of potential concern for effects on soil and litter invertebrates and heterotrophic process: 1997 revision*. Efroymsen RA, Will ME och Suter GW, ES/ER/TM-126/R2, US Department of Energy.

- USDoE (1997b). *Toxicological Benchmarks for contaminants of potential concern for effects on terrestrial plants: 1997 revision*. Efroymson RA, Will ME, Suter GW, Wooten AC. ES/ER/TM-85/R3, US Department of Energy.
- USEPA (1995) Integrated Risk Information System (IRIS), Chemical Assessment Summary: Arsenic. U.S. Environmental Protection Agency
https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0278_summary.pdf
- USEPA (2004). *Risk assessment guidance for Superfund, Volume 1, Human health evaluation manual (Part E, Supplemental guidance for dermal risk assessment)* EPA/540/R/99/005, US EPA, Washington DC.
- USEPA (2005). *Ecological soil screening levels for arsenic*. Interim final, EPA Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, OSWER Directive 9285,7-62.
- USEPA (2015). *Assessment Development Plan for the Integrated Risk Information System (IRIS) Toxicological Review of Inorganic Arsenic*. Draft, EPA Office of Research and Development, National Center for Environment Assessment, Washington, DC, EPA/630/R-14/101.
- Van den Hoop MAGT (1995). *Literatuurstudie naar achtergrondgehalten van zware metalen in bodem, sediment, oppervlaktewater en grondwater*. RIVM report 719101 019, National Institute of Public Health and the Environment, Nederlanderna.
- Van de Meent D, Aldenberg T, Canton JH, Van Gestel CAM, Sloof W (1990). *Desire for levels. Background study for the policy document Setting environmental quality standards for water and soil*. RIVM report 670101 002. National Institute of Public Health and the Environment.
- Wester RC, Maibach HI, Sedik L (1993). *In vivo and in vitro percutaneous absorption and skin decontamination of arsenic from water and soil*. Fundamental and Applied Toxicology, 20, 336-340.
- White J (1999). *Hazards of short-term exposure to arsenic contaminated soil*, Office of Environmental Health Assessment Services, Washington State Department of Health.
- WHO (2000). *Air quality guidelines for Europe*. Second Edition. WHO regional publications, European series, No. 91. WHO regional office for Europe, Copenhagen.
- WHO (2001). *EHC 224, Arsenic and Arsenic Compounds*. 2nd ed. WHO, Geneva.
- WHO (2008). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Third edition incorporating first and second addenda, Volume 1, Recommendations. WHO, Geneva.