

Områden förorenade av f.d. skogsplantskolor

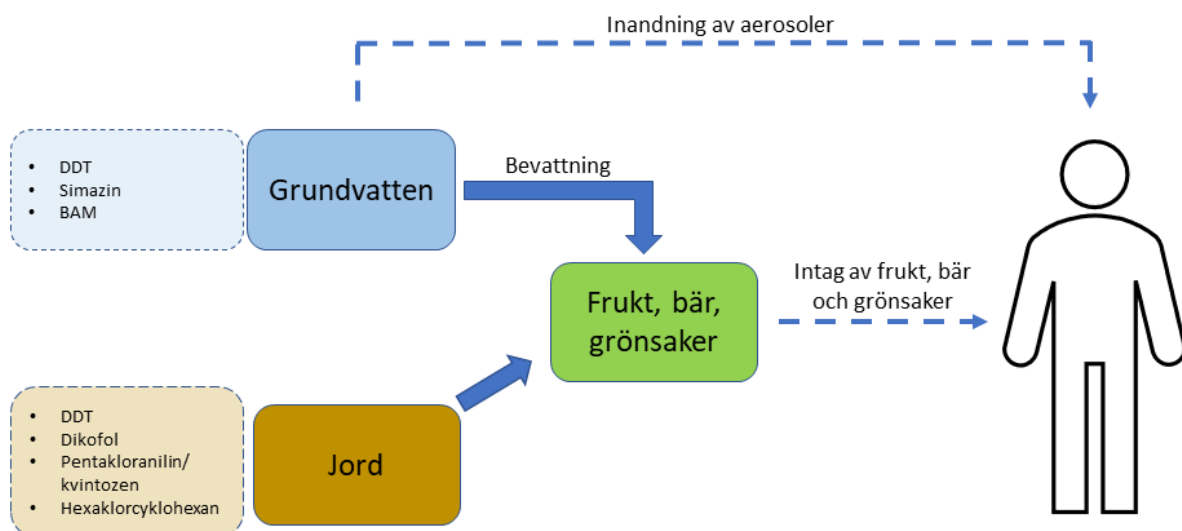
Riskbedömning av exponering för bekämpningsmedel via vilda frukter och bär samt via bevattning

Rapport beställd av SGU

november 2023

Konsultrapport 11

Diarie-nr: 3415-1409/2023



Denna rapport har tagits fram av NIRAS Sweden AB på uppdrag av SGU. Författarna svarar för innehållet i rapporten.

Omslagsbild: Översikt av riskbedömda exponeringsvägar.
Illustratör: Gustaf Ekelund Ugge och Märta Ländell, NIRAS Sweden AB

Författare:

Gustaf Ekelund Ugge och Märta Ländell, NIRAS Sweden AB

Granskad av: John Sternbeck, NIRAS Sweden AB

Godkänd av: Karin Eliaeson och Hanna Wåhlén, SGU

Ansvarig enhetschef: Erika Skogsjö, SGU

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	4
1. Inledning.....	5
Bakgrund.....	5
Mål och syfte	5
Avgränsningar och läsanvisning	5
2. Riskscenarier	7
Scenario 1 – vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskola	7
Bakgrund och urval.....	7
Exponeringsmodell.....	8
Beräkningar	9
Antaganden och indata.....	10
Scenario 2 – bevattning av frukt och grönsaker med förorenat vatten	13
Bakgrund och urval.....	13
Exponeringsmodell.....	14
Beräkningar	15
Antaganden och indata.....	17
Risk	19
Acceptabel risk.....	19
Beräknade koncentrationer i jord och vatten för överskridande av acceptabel risk.....	20
3. Resultat	21
Scenario 1 – vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskola	21
Scenario 2 – bevattning av frukt och grönsaker med förorenat vatten	24
4. Samlad bedömning.....	27
Referenser.....	28
Bilagor	31
Bilaga 1. Underlag till urval.....	31
Bilaga 2. Beräkningar för scenario 1.....	33
Bilaga 3. Beräkningar för scenario 2.....	42

SAMMANFATTNING

Sveriges geologiska undersökning (SGU) fungerar som huvudman för utredningar och åtgärder av förorenade områden där en statlig myndighet som inte längre finns kvar har varit verksamhetsutövare. Nedlagda statliga skogsplantskolor är en sådan verksamhet där SGU har ansvar för att utreda och vid behov åtgärda en eventuell föroreningssituation. Den tidigare statliga myndigheten Domänverket och de regionala skogsvårdsstyrelserna hade flera skogsplantskolor runt om i landet där skogsplantor drevs upp. SGU har identifierat ett 40-tal före detta skogsplantskolor. På de före detta skogsplantskolorna har bland annat insekticiden DDT använts.

I föreliggande rapport har NIRAS Sweden AB anlåtits för att ta fram scenarier för riskbedömning av exponering för DDT och andra bekämpningsmedel vid konsumtion av vildväxande frukt och bär och vid bevattning. I scenario 1 bedöms risken vid regelbunden konsumtion av vildväxande frukt och bär från ett område som historiskt använts som odlingsfält vid skogsplantskoleverksamhet. Scenariot baseras på de vanligast förekommande bekämpningsmedelsresterna i jord vid f.d. skogsplantskolor (DDT, dikofol, pentakloranilin/kvintozen och hexaklorcyklohexan). I scenario 2 bedöms risken med att använda förorenat grundvatten för bevattning av egna odlingar av frukt, bär och grönsaker. Utöver DDT och dess metaboliter, som är de vanligast förekommande bekämpningsmedelsresterna i grundvatten, baseras bedömningen på simazin och 2,6-diklorbensamid (BAM) p.g.a. relativt hög toxicitet och skattad hög upptagsförmåga i växter.

I grundscenarierna identifierades inga oacceptabla risker för vuxna eller barn, vare sig vid regelbunden konsumtion av vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskoleområden eller vid användning av förorenat grundvatten till bevattning vid trädgårdsodling. Oacceptabel risk definierades här som att riskkvoten (beräknad exponering dividerat med tolerabelt dagligt intag (TDI)) överskrider 0,5. På så sätt tillåts exponering från området endast bidra till hälften av den totala exponeringen. Den största risken som identifierades var risken för att barns exponering vid intag av vildväxande frukt och bär ska överskrida TDI för DDT. Antaget att barnets hela dagliga intag av frukt och bär består av vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskoleområden var denna risk 2,5 gånger lägre än nivån för oacceptabel risk. Endast om barnets hela intag av frukt och grönt härstammar från områden med höga halter av DDT i jord (i medeltal $\geq 12,4$ mg/kg TS) förväntas oacceptabla hälsorisker. Övriga risker vid konsumtion av vildväxande frukt och bär var minst tio gånger lägre än nivån för oacceptabel risk, medan riskerna vid bevattning genomgående var minst 40 gånger lägre än denna nivå.

Generellt bedömdes det mycket osannolikt att gränsvärden för halter i livsmedel (Europeiska kommissionen 2011, 2012, 2017, 2021, 2023) ska överskridas till följd av upptag via förorenad jord eller via bevattning av egna grödor med förorenat grundvatten. Inom en liten del av ytor (hotspots exkluderade) inom f.d. skogsplantskoleområden uppmäts dock tillräckligt höga jordhalter av DDT, dikofol och/eller hexaklorcyklohexan för att halterna i frukt och bär ska förväntas närma sig eller överskrida respektive gränsvärde. Även ur detta perspektiv är bedömningen att frukt- och bärplockning inom f.d. skogsplantskoleområden generellt inte utgör en oacceptabel hälsorisk, såvida inte regelbunden och omfattande plockning uteslutande råkar ske inom ett av de begränsade områden med allra högst halter i jord av DDT, dikofol eller hexaklorcyklohexan.

Slutsatserna är giltiga under de stipulerade scenarierna, varför beräknade risker kan skilja sig från faktiska risker i verkliga situationer. Flera antaganden har syftat till att vara konservativa, med följden att beräkningarna sannolikt ofta överskattar verkliga risker. Modellerna har dock även syftat till att vara generellt representativa, och urvalet har inte omfattat t.ex. de extremkoncentrationer som punktvist uppmäts i jord eller grundvatten. Bedömningen är därför endast representativ för vad som generellt bör förväntas när den exakta föroreningssituationen är okänd. På platser med känd och avvikande föroreningssituation, såsom t.ex. kända hotspots, bör en platsspecifik riskbedömning genomföras innan slutsatser dras.

1. INLEDNING

Bakgrund

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har sedan 2010 fungerat som huvudman för utredningar och åtgärder av de förorenade områden där en statlig myndighet som inte längre finns kvar har varit verksamhetsutövare. Nedlagda statliga skogsplantskolor är en sådan verksamhet där SGU har ansvar för att utreda och vid behov åtgärda en eventuell föroreningsituation. Den tidigare statliga myndigheten Domänverket och de regionala skogsvårdsstyrelserna hade flera skogsplantskolor runt om i landet där skogsplantor drevs upp. SGU har identifierat ett 40-tal före detta skogsplantskolor. På de före detta skogsplantskolorna har bland annat insekticiden DDT använts, både för doppning av plantor och sprutning på odlingsfälten, fram till dess att användningen förbjöds i mitten av 1970-talet. (Statliga skogsplantskolor fick dispens för fortsatt användning av DDT-preparat efter det generella förbudet i Sverige 1969.)

Det finns idag stora arealer med lågt till måttligt förorenad mark vid de f.d. odlingsfälten och SGU vill kunna säkerställa vad marken kan användas till även ur ett långsiktigt perspektiv. Nuvarande markanvändning på de tidigare skogsplantskolorna varierar, men vanligt är vallodling (för foder), åkermark och betesmark för kor, får och hästar. I några fall har områdena bebyggts med bostadshus efter att skogsplantskolorna har lagts ner.

Inom föreliggande rapport redovisas beräkningsmodeller för exponering av DDT och ytterligare utvalda föroreningar, dels vid konsumtion av vildväxande frukt och bär från före detta skogsplantskolor, dels vid bevattning av egna trädgårdsodlingar med grundvatten förorenat från före detta skogsplantskolor.

Mål och syfte

SGU har anlitat NIRAS Sweden AB för att ta fram scenarier för exponering vid konsumtion av vildväxande frukt och bär samt vid bevattning av egenodlad frukt och grönt, att ta fram beräkningsmodeller för desamma, samt att utföra beräkningar av risk vid exponering av DDT och andra bekämpningsmedel som förekommer vid f.d. skogsplantskolor.

Arbetet som har utförts i projektet ska leda fram till förståelse för huruvida regelbunden konsumtion av frukt och bär som vuxit vilt på f.d. skogsplantskolemark är förknippad med oacceptabla hälsorisker för vuxna och barn. Vidare ska arbetet ge förståelse för huruvida oacceptabla hälsorisker är att vänta vid användning av förorenat grundvatten (t.ex. från egen brunn i anslutning till f.d. skogsplantskolemark) till bevattning av egna odlingar av frukt, bär och grönsaker.

Beräkningsmodellerna utgår från två separata scenarier där exponering baseras på konsumtionsmängd och -frekvens, intagsdos m.m., samt på typiska föroreningshalter i jord respektive grundvatten vid f.d. skogsplantskolor. Beräkningsmodellerna ska kunna anpassas platsspecifikt i händelse av att SGU:s framtida scenarier avviker från de beräknade scenarierna inom ramen för projektet.

Avgränsningar och läsanvisning

För att kunna utvärdera risker vid regelbunden konsumtion av vildväxande frukt och bär respektive bevattning av egna odlingar med förorenat grundvatten, har två separata riskbedömningsscenarier utarbetats (scenario 1 respektive scenario 2). Varje scenario omfattar DDT och dess nedbrytningsprodukter (hädanefters kallat DDT, såvida inget annat anges) samt ett antal ytterligare ämnen som, utifrån ämnens olika förekomst i jord och grundvatten, skiljer sig åt mellan de båda scenarierna. Scenario 1 utgår ifrån beräkning av exponering via konsumtion av

frukt och bär, medan scenario 2 baseras på den sammanlagda exponeringen från konsumtion av egenodlade grödor och från inandning av aerosoler i samband med bevattning. De olika scenarierna beskrivs i detalj under avsnitt Riskscenarier.

Indata till beräkningarna har huvudsakligen hämtats från tidigare riskbedömning av DDT (Florberger m.fl. 2023), Naturvårdsverkets beräkningsmodell för förorenad mark (Naturvårdsverket 2016a) och SGI:s riktvärdesmodell för PFAS i grundvatten (Pettersson m.fl. 2015), men även andra litteraturkällor har använts. Referenser och kommentarer till indata redovisas i avsnitt Riskscenarier (Tabell 2.2–Tabell 2.3 och Tabell 2.5–Tabell 2.6).

Resultaten från riskbedömningen är tänkta att användas för att SGU ska kunna beskriva risker med f.d. skogsplantaskolemark där DDT och andra bekämpningsmedelsrester har påvisats. Det innebär att beräkningarna inte bör användas för andra syften utan att justeringar och nya beräkningar genomförs.

SGU är inte en vägledande myndighet inom förorenad mark och har inget ansvar för att ta fram en riskbedömningsmodell för andra syften än SGU:s egna. Däremot kan resultaten från SGU:s arbete användas för att vidareutveckla en generell metodik för att studera och förstå risker med förorenad mark vid annan markanvändning än Naturvårdsverkets generella scenarier.

2. RISKSCENARIER

Föreliggande riskbedömning baseras på två olika typer av riskscenarier relaterade till historiska föroreningar vid f.d. skogsplantskolor. I scenario 1 bedöms risken vid regelbunden konsumtion av vildväxande frukt och bär från ett område som historiskt använts som odlingsfält vid skogsplantskoleverksamhet. I scenario 2 bedöms risken med att använda förorenat grundvatten för bevattning av egna odlingar av frukt, bär och grönsaker. Utifrån båda scenarierna görs separata riskbedömningar för vuxna och för barn.

Scenario 1 – vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskola

Detta scenario syftar till att representera risken med att äta vildväxande frukter (t.ex. äpplen, plommon, päron, körsbär) och bär (t.ex. hallon, blåbär, lingon, vinbär, björnbär) från en f.d. skogsplantskola. Till grund för scenariot ligger ett konservativt antagande att hela det dagliga intaget av frukt och bär som regel utgörs av vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskoleområden. För en sporadisk frukt- och bärplockare är bedömningen att betrakta som ett *worst case*-scenario.

Bakgrund och urval

Utifrån en tidigare datasammanställning av jordprover från 19 f.d. skogsplantskolor (Sweco 2022) gjordes inför detta scenario ett urval av de ämnen ut som detekterats på flest lokaler, antingen inom det som tidigare har utgjort odlingsfält eller på övriga områden inom den f.d. plantskolan. DDT uppmättes på samtliga 19 lokaler (se Bilaga 1). Dikofol (14 lokaler), pentakloranilin och/eller kvintozen (14 lokaler) samt hexaklorcyklohexaner (tio lokaler) påträffades alla vid mer än hälften av lokalerna, och bedömdes således också vara representativa för områdestypen. Dikofol och lindan (γ -hexaklorcyklohexan) har precis som DDT använts som insekticider, medan kvintozen är en fungicid. Övriga hexaklorcyklohexaner (α , β , δ) betraktas som biprodukter vid framställningen av lindan, och pentakloranilin är en nedbrytningsprodukt av kvintozen. Gränsen för inkludering drogs i det aktuella scenariot vid hexaklorbensen. Detta ämne detekterades vid knappt hälften av de f.d. plantskolorna (nio lokaler), men exkluderades på grund av relativt låg toxicitet och ett lågt uppskattat upptag till växter. Ytterligare ämnen som hittades vid vissa f.d. plantskolor inkluderar aldrin och dieldrin, pentaklorbensen, endosulfan, dikloranilin och permetrin. Förekomsten av dessa ämnen bedömdes inte heller vara representativ för f.d. plantskolor i stort, varför även dessa ämnen exkluderats från scenariot.

Sammanställningen över mätdata (Sweco 2022; datafil erhållen från SGU) användes vidare för att göra ett representativt urval av halter i jord (Tabell 2.1). Jordprover som tidigare identifierats som tagna vid hotspots bedömdes här inte vara representativa för f.d. skogsplantskolor i stort, och exkluderades inför urvalet. För att i scenariot representera en halt i jord som generellt kan förväntas vid f.d. skogsplantskolor valdes medelvärde för varje ämne (avrundat uppåt). För DDT är denna halt 5 mg/kg TS, vilket är samma koncentration som har använts vid tidigare riskbedömningar av DDT vid f.d. skogsplantskolor (Florberger m.fl. 2022, 2023).

Tabell 2.1. Uppmätta halter i f.d. skogsplantskolor. Presenterade data baseras på en sammanställning av Sweco (2022). Prover som tidigare har identifierats som tagna vid hotspots har inte inkluderats i föreliggande urval.

Ämne	Median (mg/kg TS)	Medel (mg/kg TS)	95-percentil (mg/kg TS)	Ansatt värde (mg/kg TS)
DDT ^a	0,74	4,4	17	5
Dikofol	0,058	0,19	0,68	0,2
Pentakloranilin/kvintozen ^b	0,0018	0,033	0,10	0,04
Hexaklorcyklohexan ^c	0,0040	0,023	0,12	0,03

^a) Summan av *p,p'*-DDT, *o,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *o,p'*-DDD *p,p'*-DDE samt *o,p'*-DDE.

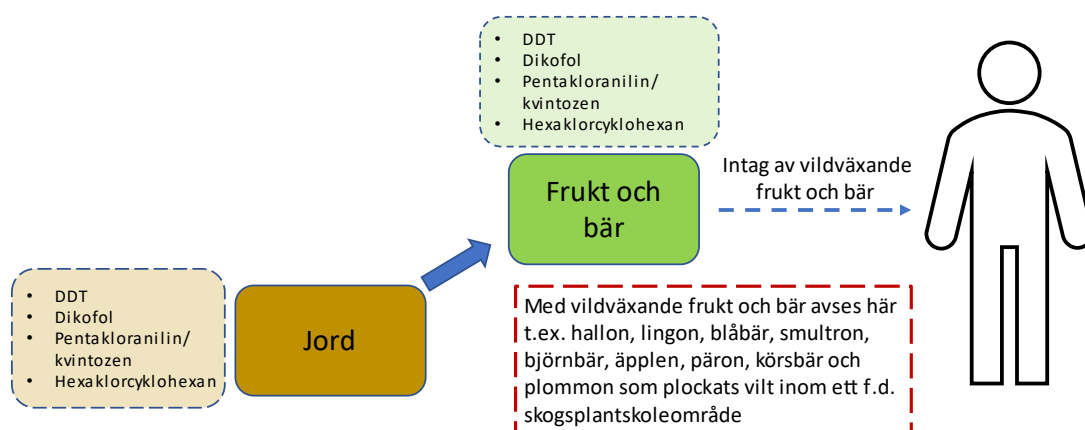
^b) Summan av pentakloranilin och kvintozen.

^c) Summan av hexaklorcyklohexaner.

Exponeringsmodell

I scenario 1 förutsätts exponering ske genom intag av vildväxande frukt och bär (Figur 2.1). Med frukt och bär avses här t.ex. hallon, lingon, blåbär, smultron, björnbär, äpplen, päron, körsbär och plommon (under antagandet att vattenhalt och biokonzentrationsfaktorer är desamma för dessa frukter och bär; se avsnitt Antaganden och indata). Frukt och bär antas ha vuxit och plockats inom ett område som historiskt har utgjort odlingsfält vid en skogsplantskola. Exponeringsmodellen omfattar enbart intag av frukt och bär, och tar inte hänsyn till ytterligare tänkbara exponeringsvägar i samband med frukt- och bärplockning, såsom kontakt med eller intag av jord och damm. Dyliga exponeringsvägar har tidigare, med avseende på DDT, bedömts vara försumbara för jordbrukare verksamma inom f.d. skogsplantskoleområden (Florberger m.fl. 2023). I jämförelse bedöms det mycket osannolikt att kontakt med eller intag av jord och damm skulle vara ett större problem för frukt- och bärplockare, varför dessa exponeringsvägar även i föreliggande scenario antas vara försumbara. Eftersom DDT är det av de utvalda ämnen som påträffats i överlägset högst koncentrationer har motsvarande antagande även gjorts för övriga ämnen.

Scenario – intag av vildväxande frukt och bär från f.d. plantskola, exponering för de vanligast förekommande (≥ 10 f.d. plantskolor) föroreningstyperna i jord



Figur 2.1. Konceptuell modell för exponering via vildväxande frukt och bär från tidigare odlingsfält för skogsplantor. De ämnen som valts ut (DDT, dikofol, pentakloranilin/kvintozen samt hexaklorcyklohexan) är de vanligast förekommande bekämpningsmedlen i jord från f.d. skogsplantskolor, och har alla uppmätts vid minst 10 av 19 undersökta plantskolor (Sweco 2022).

Beräkningar

Exponeringen i scenario 1 har i huvudsak beräknats utifrån Naturvårdsverkets (2016a) riktvärdesmodell för förorenad mark och tidigare riskbedömning av DDT vid f.d. skogsplantaskolor (Florberger m.fl. 2023).

Exponeringen har beräknats separat för varje utvalt ämne/grupp av ämnen, enligt:

$$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$$

Ekvation 1

$DI_{int-veg}$ står för exponeringsdos (mg/kg kroppsvikt $\times$ dag), C_{veg} för koncentrationen i frukt och bär (mg/kg VS bär), R_{ig} för det dagliga intaget av frukt och bär (kg VS/kg kroppsvikt $\times$ dag), f_h för andelen intag av frukt och bär som härstammar från det förorenade området och F_{bio-or} för ämnets relativa biotillgänglighetsfaktor vid intag av frukt och bär (specificerat som andel).

Inom SGU:s arbete med nedlagda skogsplantaskolor har analys av frukt och bär från de aktuella områdena inte genomförts. Inte heller har analysresultat för frukt och bär som vuxit på denna typ av områden och med liknande föroreningshalter i mark påträffats. Därför har halter i frukt och bär, C_{veg} , beräknats enligt:

$$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$$

Ekvation 2

C_{jord} är ämnets halter i jord (mg/kg TS jord) och K_{pl} ämnets biota-jord-ackumulationsfaktor (kg TS jord/kg VS frukt och bär).

För att vara jämförbar med tidigare bedömning av DDT och dess metaboliter (Florberger m.fl. 2023) har K_{pl} för denna grupp beräknats enligt:

$$K_{pl} = BCF \times \frac{\rho b}{\theta_w + K_d \times \rho b + H \times \theta_a}$$

Ekvation 3

BCF är ämnets biokoncentrationsfaktor (dm³ porvatten/kg VS bär), ρb jordens torrdensitet (kg TS/dm³), θ_w jordens vattenhalt (dm³ vatten/dm³ jord), K_d fördelningskoefficienten jord-vatten (l/kg), H står för Henry's konstant för ämnet och θ_a för lufthalten i jorden (dm³ luft/dm³ jord). K_d beräknas enligt:

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc}$$

Ekvation 4

K_{oc} står för ämnets fördelningskoefficient för vatten-organiskt kol (l/kg), och f_{oc} för andelen organiskt kol i jorden.

I brist på biokoncentrationsfaktorer (BCF) för övriga ämnen har ackumuleringen (K_{pl}) för samtliga ämnen utöver DDT beräknats enligt:

$$K_{pl} = \frac{10^{(1,588 - (0,578 \times \log K_{ow}))}}{f_{TS-vs}}$$

Ekvation 5

K_{ow} är ämnets fördelningskoefficient för oktanol-vatten och konstanterna 1,588 och 0,578 gäller för schablonberäkningar av upptag av förorening från jord till frukt och grönsaker som växer

ovan jord (U.S. EPA 2005). f_{TS-VS} är en omvandlingsfaktor för att omvandla koncentrationen i frukt och bär från mg/kg TS (vilket formeln ursprungligen beräknar) till mg/kg VS. Denna omvandlingsfaktor beräknas enligt:

$$f_{TS-VS} = \frac{1}{1 - f_{H_2O}}$$

Ekvation 6

Här utgör f_{H_2O} vattenhalten i frukt och bär (andel av vikt).

Det dagliga intaget av frukt och bär (R_{ig}) har beräknats enligt:

$$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$$

Ekvation 7

GI står för det dagliga intaget av frukt och grönsaker (kg VS/dag), f för andelen av konsumtionen som utgörs av frukt och bär, t_{ig} står för antal tillfällen som exponering sker (tillfällen/år), och m för kroppsvikten (kg).

Den jordkoncentration av respektive ämne som, övriga antaganden oförändrade, resulterar i att gränsvärden för halter i livsmedel (Europeiska kommissionen 2012, 2017, 2023) uppnås, beräknades enligt:

$$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$$

Ekvation 8

$C_{jord-GV}$ representerar den koncentration (mg/kg TS jord) vid vilken gränsvärdet i livsmedel beräknas uppnås. C_{GV} står för ämnets gränsvärde i frukt och bär (mg/kg VS frukt och bär) och K_{pl} för ämnets biota-jord-ackumulationsfaktor (kg TS jord/kg VS frukt och bär).

Antaganden och indata

Indata till exponeringsmodellen redovisas i Tabell 2.2–Tabell 2.3. Antagna parametervärden baseras till största del på Naturvårdsverkets (2016a) riktvärdesmodell och antaganden som gjorts vid tidigare riskbedömning av DDT vid f.d. skogsplantaskolor (Florberger m.fl. 2023). Specifikt för föreliggande scenario är ett konservativt antagande dels att den dagliga konsumtionen av frukt och bär helt utgörs av vildväxande frukt och bär som plockats vid en f.d. skogsplantaskola, dels att denna konsumtion sker året om (t.ex. genom att frukter och bär fryses eller konserveras för att kunna tas tillvara under vinterhalvåret). På grund av omvandlingsfaktorn från torr- till våtsubstans (Ekvation 5–Ekvation 6) förväntas en högre ackumulering från jord till frukt och bär med låg vattenhalt. Detta har föranlett antagandet att frukt och bär i det aktuella scenariot har en vattenhalt på 80 %. Denna nivå ligger i det lägre intervallet av vattenhalter som förväntas i t.ex. blåbär, hallon, körsbär, äpplen och päron (U.S. DA 2019a, 2019b, 2020, 2022a, 2022b), till skillnad från t.ex. jordgubbar som har en vattenhalt på ca 90 % (U.S. DA 2022c). Slutligen har ett konservativt antagande gjorts om 100 % biotillgänglighet av de ämnen som beaktas, d.v.s. alla föroreningar förutsätts tas upp i kroppen med risk för att orsaka skada. Fysikalisk-kemiska data och toxicitetsdata har hämtats från olika källor, och i de fall olika värden har påträffats för en parameter har det mest konservativa valts (Tabell 2.3).

Tabell 2.2. Indata till exponeringsmodellen i scenario 1.

Parameter	Beteckning	Antaget värde	Kommentar	Referenser
Dagligt intag av frukt, bär och grönsaker (kg VS/dag)	GI	0,4 (vuxen) 0,25 (barn)	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor.	Florberger m.fl. 2023; Naturvårds-verket 2016a
Andel av totala konsumtionen av frukt och grönt som utgörs av frukt och bär	f	0,32 (vuxen) 0,47 (barn)	Baseras på antagandet att en vuxen i medeltal äter 128 g frukt och bär per dag (128 g/400 g = 0,32) och ett barn (4 år) äter 118 g per dag (118 g/250 g = 0,47).	Amcoff m.fl. 2012; Florberger m.fl. 2023; Enghardt Barbieri m.fl. 2003, Naturvårds-verket 2016a
Andel av total frukt- och bärkonsumtion som kommer från f.d. skogsplantskola	f_h	1	Ett konservativt antagande om att 100% av de frukter och bär som konsumeras kommer från aktuellt område.	
Antal tillfällen per år då konsumtion av bär sker	t_{ig}	365	Antagandet att konsumtion sker dagligen året om.	
Biotillgänglighet	F_{bio-or}	1	Ett konservativt antagande om 100% biotillgänglighet har gjorts för samtliga ämnen.	
Vattenhalt i frukt och bär (andel av vikt)	f_{H_2O}	0,8	Ett konservativt antagande om 80 % vattenhalt i frukt och bär. Vattenhalten i blåbär, hallon, äpplen och päron är ca 85 %.	U.S. DA 2019a, 2019b, 2020, 2022a
Andel organiskt kol i jord	f_{oc}	0,02	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor.	Florberger m.fl. 2023
Kroppsvikt (kg)	m	70 (vuxen) 15 (barn)	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor.	Florberger m.fl. 2023; Naturvårds-verket 2016a
Vattenhalt i jord (dm ³ vatten/ dm ³ jord)	θ_a	0,24	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor. Genomsläpplig jord.	Florberger m.fl. 2023; Naturvårds-verket 2016a
Lufthalt i jord (dm ³ luft/dm ³ jord)	θ_w	0,11	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor. Genomsläpplig jord.	Florberger m.fl. 2023; Naturvårds-verket 2016a
Jordens torrdensitet (kg TS/dm ³)	ρ_b	1,5	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor. Genomsläpplig jord.	Florberger m.fl. 2023; Naturvårds-verket 2016a

Tabell 2.3. Fysikalisk-kemiska data, samt tolerabelt dagligt intag (TDI) och gränsvärde för livsmedel, för de ämnen som bedöms i scenario 1.

Ämne	logK _{ow}	logK _{oc}	H	MW (g/mol)	BCF	TDI (mg/kg kropps- vikt × dag)	Gräns- värde (mg/kg) ^a	Referenser
DDT ^b	6,3	5,3	7,0×10 ⁻⁴	338,3 ^c	9,2	0,0005	0,05	Europeiska kommissionen 2023; Florberger m.fl. 2023; Naturvårdsverket 2016b
Dikofol	4,3	3,7	2,4×10 ⁻⁷	370,5	-	0,002	0,02	Europeiska kommissionen 2012; PubChem 2023a; WHO 2022
Pentakloranilin/ kvintozen ^d	4,6	3,7	1,8×10 ⁻³	295,3	-	0,01	0,02	Europeiska kommissionen 2012; Naturvårdsverket 2016c
Hexaklorcyklohexan ^e	3,7	3	3,5×10 ⁻⁶	290,8	-	0,005	0,01 ^f	ATSDR 2023; Europeiska kommissionen 2017; WHO 2022

^a) Gränsvärden för livsmedel är hämtade från European Food Safety Agency, och representerar det lägsta funna gränsvärdet för bär (d.v.s. vissa livsmedel kan ha högre gränsvärden).

^b) Omfattar *p,p'*-DDT, *o,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *o,p'*-DDD, *p,p'*-DDE och *o,p'*-DDE.

^c) Molekylvikt beräknad för en blandning av DDT-metaboliter motsvarande 40 % *p,p'*-DDT, 15 % *o,p'*-DDT, 15 % *p,p'*-DDD, 8 % *o,p'*-DDD, 20 % *p,p'*-DDE och 3 % *o,p'*-DDE.

^d) Av konservativa skäl används data för kvintozen som representativa för både pentakloranilin och kvintozen.

^e) Av konservativa skäl används data för lindan (gamma-hexaklorocyklohexan) som representativa för alla ämnen i gruppen.

^f) Gränsvärdet avser de separata isoformerna av hexaklorcyklohexan.

Scenario 2 – bevattning av frukt och grönsaker med förorenat vatten

I scenario 2 ligger fokus på de risker som följer av bevattning av frukt och grönt med förorenat grundvatten. Detta är ett tänkbart scenario för fastigheter belägna på eller i anslutning till f.d. skogsplantaskolor och som har egen brunn. I detta scenario förutsätts att odlingen sker i ”ren” jord, och att upptag av föroreningar till växter endast sker via vatten. Vidare beaktas i föreliggande riskbedömning inte heller risker med annan användning av grundvattnet, t.ex. som dricksvatten.

Bakgrund och urval

Liksom för scenario 1 gjordes här ett urval av ämnen utifrån sammanställda mätdata från f.d. skogsplantaskolor (Sweco 2022). I grundvattenprover från 14 f.d. skogsplantaskolor var DDT den vanligast¹ förekommande föroreningen (åtta lokaler, se Bilaga 1). Utöver DDT detekterades simazin och atrazin (inklusive metaboliter av respektive förening) vid tre lokaler vardera, medan 2,6-diklorbensamid (BAM), pentakloranilin och/eller kvintozen, pentaklorbensen, prokloraz och terbutylazin (inklusive dess metaboliter) hittades vid två lokaler vardera. Utöver DDT bedömdes inget av detekterade ämnen vara representativt för grundvatten vid f.d. skogsplantaskolor, varför ett kvalitativt urval gjordes för ytterligare ämnen. Valet föll här på simazin (och dess metabolit hydroxysimazin) och BAM, för att tillsammans med DDT illustrera möjliga risker med bevattning. Simazin och BAM förväntas dels ha högre upptag i växter (lägre K_{ow}) än övriga ämnen som detekterades i grundvatten, dels är deras toxicitet i nivå med eller högre än för resterande ämnen (se Bilaga 1). Både simazin och diklobenil, till vilket BAM är en nedbrytningsprodukt, har historiskt varit vanligt använda herbicider. Även om ämnena förekommer och har använts vid skogsplantaskolor har användningen inte varit specifik för detta ändamål. Allmän användning som ogräsbekämpning inom t.ex. park- och trädgårdsskötsel gör det tänkbart att ytterligare källor kan ha bidragit till de halter som har observerats vid f.d. skogsplantaskolor.

Sammanställningen av mätdata (Sweco 2022; datafil erhållen från SGU) användes också till grund för urval av halter i grundvatten (Tabell 2.5). Respektive medelvärde (avrundat uppåt) valdes för att representera förväntad halt i grundvatten vid f.d. skogsplantaskolor.

Tabell 2.4. Uppmätta halter i grundvatten vid f.d. skogsplantaskolor. Presenterade data baseras på en sammanställning av Sweco (2022).

Ämne	Median (mg/l)	Medel (mg/l)	95-percentil (mg/l)	Ansatt värde (mg/l)
DDT ^a	0,00013	0,0032	0,0039	0,004
Simazin ^b	0,000010	0,000064	0,00022	0,00007
BAM	0,000020	0,000054	0,00039	0,00006

^a) Summan av *p,p'*-DDT, *o,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *o,p'*-DDD, *p,p'*-DDE samt *o,p'*-DDE.

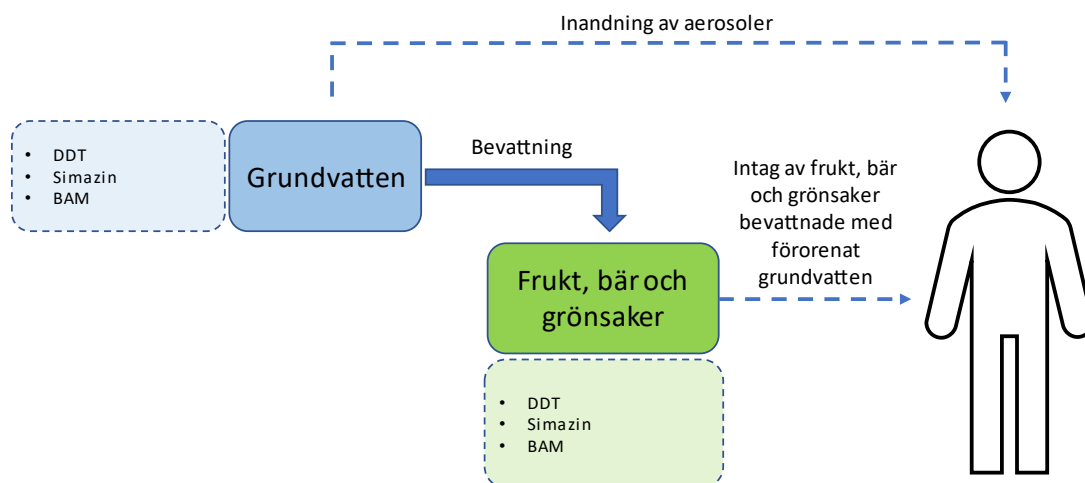
^b) Summan av simazin och hydroxysimazin.

¹ I databasen förekommer grundvattenprover som tagits i samband med installationen av grundvattenröret, vilket innebär att partikulärt material med DDT kan ha medföljt i analysen.

Exponeringsmodell

Exponeringen i detta scenario antas ske dels via intag av växter som har bevattnats med förorenat grundvatten i anslutning till en f.d. skogsplantskola, dels via inandning av aerosoler i samband med själva bevattningen. Scenariot omfattar inte det ytterligare upptag till växter som kan ske genom potentiellt förorenad jord, d.v.s. det förutsätts att odlingen har skett i ”ren” jord, exempelvis i pallkrage. Vidare omfattas inte heller användning av förorenat grundvatten som dricksvatten.

Scenario – bevattning med grundvatten från f.d. plantskola, exponering för utvalda grupper av föroreningar



Figur 2.2. Konceptuell modell för exponering via bevattning av frukt och grönt med grundvatten kontaminerat av före detta skogsplantskolor. Utöver DDT (och dess metaboliter), som uppmättes vid åtta av 14 undersökta f.d. plantskolor, valdes simazin (inklusive dess metabolit hydroxysimazin) och BAM ut för att illustrera möjliga risker med bevattning. Dessa ämnen valdes ut för att de förväntas ha ett relativt högt upptag i växter och för att de är relativt toxiska jämfört med övriga ämnen som detekterades i grundvatten.

Beräkningar

Exponeringen i scenario 2 har i huvudsak beräknats utifrån den modell som använts vid SGI:s beräkning av preliminära riktvärden för PFAS (Pettersson m.fl. 2015), som i sin tur baseras på en modell från Nyzeeländska naturvårdsverkets riktlinjer för riskbedömning av förorening av petroleumkolväten (MFE 2011).

Exponering har beräknats separat för varje utvalt ämne/grupp av ämnen, enligt:

$$DI_{bev} = DI_{int-veg} + DI_{inhal}$$

Ekvation 9

DI_{bev} står för den totala exponeringsdosen (mg/kg kroppsvikt $\times$ dag), och utgörs av summan av exponeringen via intag av växter som har bevattnats med förorenat vatten ($DI_{int-veg}$; mg/kg kroppsvikt $\times$ dag) och exponering via inandning av aerosoler i samband med själva bevattningen (DI_{inhal} ; mg/kg kroppsvikt $\times$ dag). Intaget via växter ($DI_{int-veg}$) beräknas enligt:

$$DI_{int-veg} = C_{bev} \times f_{H_2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$$

Ekvation 10

C_{bev} står för koncentrationen i bevattningsvatten (mg/l), f_{H_2O} är fruktens/grönsakens vattenhalt, R_{ig} står för det dagliga intaget av frukt och grönt (kg VS/kg kroppsvikt $\times$ dag), f_h för andelen intag av frukt och grönt som kommer från den egna odlingen och F_{bio-or} för ämnets relativa bio-tillgänglighetsfaktor vid intag av frukt och grönt (specificerat som andel). R_{ig} bestäms enligt Ekvation 7.

Koncentrationen i bevattningsvatten (C_{bev}) är beräknat utifrån koncentration i grundvattnet (C_{gv-bev} ; mg/l) och den andel av ämnet som förångas i samband med bevattning (f_v), enligt:

$$C_{bev} = (1 - f_v) \times C_{gv-bev}$$

Ekvation 11

Andelen som förångas vid bevattning (f_v) beräknas enligt:

$$f_v = 1 - e^{-\left(\frac{K_l \times t}{600 \times d}\right)}$$

Ekvation 12

t står för tiden (s) som vattendroppen befinner sig i luften, d för vattendroppens diameter (mm) och K_l för massöverföringsmotståndet mellan vätska och luft (cm/h). K_l beräknas i sin tur enligt:

$$K_l = \left(\frac{1}{k_l} + \frac{8,2 \times 10^{-5} \times 293}{H \times k_g} \right)^{-1}$$

Ekvation 13

$8,2 \times 10^{-5}$ (atm $\times$ m³)/(mol $\times$ K) är en gaskonstant, 293 är den antagna temperaturen (K) (MFE 2011). H står för Henry's konstant för ämnet i fråga. k_l och k_g betecknar här masstransportkoefficienten för vätskefas respektive gasfas (cm/h), och beräknas enligt:

$$k_l = 20 \times \sqrt{\frac{44}{MW}}$$

Ekvation 14

respektive

$$k_g = 3000 \times \sqrt{\frac{18}{MW}}$$

Ekvation 15

Här står 20 och 18 står för koldioxids masstransportkoefficient i vätskefas (cm/h) respektive molekylvikt (g/mol), medan 3000 och 18 betecknar vattens masstransportkoefficient i gasfas (cm/h) respektive molekylvikt (g/mol). MW står för ämnets molekylvikt (g/mol).

Det direkta intaget i samband med bevattning (D_{inhal}) beräknas enligt:

$$DI_{inhal} = \frac{C_{inhal} \times R_{iv-bev}}{m}$$

Ekvation 16

R_{iv-bev} står för inandningshastighet av förorenad vattenånga (l/d), m för kroppsvikt (kg), och C_{inhal} för ämnets koncentration i inandningsluften (mg/l). R_{iv-bev} beräknas enligt:

$$R_{iv-bev} = R_{inhal} \times \frac{d_{bev} \times t_{bev}}{365 \times 60 \times 24}$$

Ekvation 17

R_{inhal} är andningsfrekvensen (l/d), d_{bev} är antalet tillfällen som bevattning sker (dagar/år) och t_{bev} är tiden (min) som ägnas åt bevattning vid varje tillfälle. 365 och 60×24 är omvandlingsfaktorer för att uttrycka R_{iv-bev} (l/d) som ett årligt medelvärde.

Ämnets koncentration i inandningsluft (C_{inhal}) beräknas enligt:

$$C_{inhal} = \frac{M}{V_{sh}}$$

Ekvation 18

V_{sh} står för ångvolymen (l). M står för mängden av ämnet som förångas (mg) och beräknas enligt:

$$M = f_v \times C_{gv-bev} \times Q \times t_{bev}$$

Ekvation 19

Här står f_v och C_{gv-bev} för andel av ämnet som förångas respektive koncentration i grundvattnet (se ovan). Q är bevattningsflödet (l/min) och t_{bev} den tid som ägnas åt bevattningen (min).

Ångvolymen i samband med inandning (V_{sh}) beräknas enligt:

$$V_{sh} = W \times h \times u \times 1000 \times t_{bev} \times 60$$

Ekvation 20

W står för bredden (m) på sprinklerområdet/vattenslangflödet, h för höjden till andningszonen (m) och u för vindhastighet (m/s). t_{bev} är tiden som ägnas åt bevattning (min), medan 1000 och 60 är omvandlingsfaktorer (m^3 till l resp. min till s).

Den grundvattenkoncentration av respektive ämne som, övriga antaganden oförändrade, resulterar i att gränsvärden för halter i livsmedel (Europeiska kommissionen 2011, 2021, 2023) uppnås, beräknades enligt:

$$C_{\text{vatten-GV}} = \frac{C_{\text{GV}}}{f_{\text{H}_2\text{O}} \times (1 - f_v)}$$

Ekvation 21

$C_{\text{vatten-GV}}$ representerar den grundvattenkoncentration (mg/l) vid vilken gränsvärdet i livsmedel beräknas uppnås. C_{GV} står för ämnets gränsvärde i frukt och grönsaker (mg/kg VS), $f_{\text{H}_2\text{O}}$ för fruktens/grönsakens vattenhalt och f_v för den andel av ämnet som förångas i samband med bevattning.

Antaganden och indata

Indata till exponeringsmodellen redovisas i Tabell 2.5–Tabell 2.6. Till största del baseras antagna parametervärden på den modell som använts vid SGI:s framtagande av preliminära riktvärden för PFAS (Pettersson m.fl. 2015), som i sin tur baseras på Nyzeeländska naturvårdsverkets modell för riskbedömning av petroleumkolväten (MFE 2011). I tillämpliga fall (andel konsumtion från egen odling, dagligt intag av frukt och grönt, andningsfrekvens, kroppsvikt) har parametervärden även i detta scenario hämtats från Naturvårdsverkets (2016a) riktlinjer för förorenad mark.

Specifikt för föreliggande scenario är ett antagande att den egna odlingen är representativ för sammansättningen av intaget av frukt och grönt (d.v.s. bedömningen fokuserar inte på någon specifik frukt eller grönsak), och att den egna odlingen bidrar till 10 % av det totala intaget (Naturvårdsverket 2016a). Konsumtion av egenodlad frukt och grönsaker förutsätts göras året om (t.ex. genom att de tas tillvara genom nedfrysning eller konservering). I den antagna modellen antas innehållet av föroreningar i vattnet i frukt och grönt spegla sammansättningen av föroreningar i bevattningsvattnet, vilket innebär att ett större innehåll av förorening förväntas vid ett högre vatteninnehåll (i motsats till upptag via jord i scenario 1). Därför har ett konservativt antagande gjorts om ett genomsnittligt vatteninnehåll på 95 % i egenodlad frukt och grönt. Detta motsvarar ungefär den vattenhalt som kan förväntas i sallat, kål, selleri, spenat, squash och jordgubbar (Popkin m.fl. 2010).

Bevattning antas endast ske under sommarhalvåret. Antagandet är att bevattning sker vid 30 tillfällen per år, och att bevattningen (och således även exponering för vattenångor) vid varje tillfälle sker under två timmar (Pettersson m.fl. 2015, MFE 2011).

Ett konservativt antagande om 100 % biotillgänglighet har gjorts för de ämnen som konsumeras och inandas, d.v.s. alla föroreningar förutsätts tas upp i kroppen med risk för att orsaka skada.

Fysikalisk-kemiska data och toxicitetsdata har hämtats från olika källor, och i de fall olika värden har påträffats för en parameter har det mest konservativa valts (Tabell 2.6). För BAM användes gränsvärde och TDI för herbiciden diklobenil, till vilket BAM är en nedbrytningsprodukt.

Tabell 2.5. Indata till exponeringsmodellen i scenario 2.

Parameter	Beteckning	Antaget värde	Kommentar	Referenser
Dagligt intag av frukt och grönsaker (kg VS/dag) (inkluderar även rotgrönsaker)	GI	0,4 (vuxen) 0,25 (barn)	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor.	Florberger m.fl. 2023; Naturvårdsverket 2016a
Andel av frukt och grönt i kosten som förekommer i den egna odlingen	f	1	Ett konservativt antagande att den egna odlingen är helt representativ för sammansättningen av intaget av frukt och grönt. Parametern saknar betydelse i scenario 2, men har inkluderats i modellen för att enkelt kunna göra justeringar i scenarion som fokuserar på särskilda frukter/grönsaker, och som inte utgör 100 % av kosten. I beräkningen görs ingen åtskillnad mellan ovanjordsgrönsaker och rotfrukter.	
Andel av konsumtionen av frukt/grönsak som har bevattnats med förorenat vatten	f_h	0,1	Antagandet att 10% av konsumtionen av frukt och grönt kommer från egen odling.	Naturvårdsverket 2016a
Antalet dagar per år då bevattning sker	d_{bev}	30	Antagande att bevattning sker vid 30 tillfällen per år.	Petersson m.fl. 2015
Diameter på vattendroppar vid bevattning (mm)	d	0,2	Schablonvärde.	Pettersson m.fl. 2015; MFE 2011
Biotillgänglighet	F_{bio-or}	1	Ett konservativt antagande om 100% biotillgänglighet har gjorts för samtliga ämnen.	
Vattenhalt i frukt/grönsak (andel av vikt)	f_{H_2O}	0,95	Ett konservativt antagande om hög vattenhalt i frukt och grönt. Antagen halt motsvarar ungefär t.ex. sallat, kål, selleri, spenat, squash och jordgubbar.	Popkin m.fl. 2010
Höjd till andningszon (m)	h	1,5	Schablonvärde.	Pettersson m.fl. 2015; MFE 2011
Kroppsvikt (kg)	m	70 (vuxen) 15 (barn)	Samma antaganden som i tidigare bedömning av DDT fr. f.d. skogsplant-skolor.	Florberger m.fl. 2023; Naturvårdsverket 2016a
Bevattningsflöde (l/min)	Q	30	Schablonvärde.	Pettersson m.fl. 2015; MFE 2011
Andningsfrekvens (l/dag)	R_{inhal}	20 000 (vuxen) 7 600 (barn)	Schablonvärde.	Naturvårdsverket 2016a
Tid som vatten befinner sig i luften vid bevattning (s)	t	10	Schablonvärde.	Pettersson m.fl. 2015; MFE 2011
Tid som ägnas åt bevattning (min)	t_{bev}	120	Schablonvärde.	Pettersson m.fl. 2015; MFE 2011
Antal tillfällen per år då konsumtion sker av frukt och grönt	t_{ig}	365	Antagandet att konsumtion sker dagligen året om.	
Vindhastighet (m/s)	u	2	Schablonvärde.	Pettersson m.fl. 2015; MFE 2011
Bevattningsområdets bredd (m)	W	4	Schablonvärde.	Pettersson m.fl. 2015; MFE 2011

Tabell 2.6. Fysikalisk-kemiska data, samt tolerabelt dagligt intag (TDI) och gränsvärde för livsmedel, för de ämnen som bedöms i scenario 2.

Ämne	logK _{ow}	logK _{oc}	H	MW (g/mol)	BCF	TDI (mg/kg kropps- vikt × dag)	Gräns- värde (mg/kg) ^a	Referenser
DDT ^b	6,3	5,3	7,0×10 ⁻⁴	338,3 ^c	9,2	0,0005	0,05	Europeiska kommissionen 2023; Florberger m.fl. 2023; Naturvårdsverket 2016b
Simazin ^d	2,1	1,9	9,4×10 ⁻¹⁰	201,7	-	0,00052	0,01	Europeiska kommissionen 2011; PubChem 2023b; WHO 2022
BAM	0,77	1,5	1,2×10 ⁻⁹	190,0	-	0,01 ^e	0,01 ^f	JMPR 2014; Europeiska kommissionen 2021; PubChem 2023c

^a) Gränsvärden för livsmedel är hämtade från European Food Safety Agency, och representerar det lägsta funna gränsvärdet för frukt och grönsaker (d.v.s. vissa livsmedel kan ha högre gränsvärden).

^b) Omfattar *p,p'*-DDT, *o,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *o,p'*-DDD *p,p'*-DDE samt *o,p'*-DDE.

^c) Molekylvikt beräknad för en blandning av DDT-metaboliter motsvarande 40 % *p,p'*-DDT, 15 % *o,p'*-DDT, 15 % *p,p'*-DDD, 8 % *o,p'*-DDD, 20 % *p,p'*-DDE och 3 % *o,p'*-DDE.

^d) Data för simazin används här för att även representera dess metaboliter.

^e) TDI gäller diklobenil (till vilket BAM är en nedbrytningsprodukt).

^f) Gränsvärdet gäller diklobenil (till vilket BAM är en nedbrytningsprodukt).

Risk

Risken i respektive scenario har här definierats utifrån det oönskade utfallet att det dagliga intaget (DI) av skadliga ämnen överskrider ett tolerabelt dagligt intag (TDI). För varje ämne har en riskkvot (RQ) beräknats enligt:

$$RQ = \frac{DI}{TDI}$$

Ekvation 22

En riskkvot ≥ 1 betyder att det tolerabla dagliga intaget förväntas överskridas, vilket därmed innebär en potentiell hälsorisk. En riskkvot < 1 innebär att TDI inte förväntas överskridas, och att den aktuella exponeringen i sig själv inte bedöms utgöra en hälsorisk.

Acceptabel risk

Den beräknade exponeringen är förknippad med osäkerheter, varför flera antaganden har syftat till att vara konservativa, d.v.s. överskatta det faktiska intaget. Av samma skäl, och för att ge utrymme för ytterligare exponering via andra källor av förorening, har den acceptabla riskkvoten i båda scenarierna ansatts till 0,5 (se även Florberger m.fl. 2023). Det innebär att riskerna i ett given scenario bedöms vara acceptabla såvida exponeringen inte uppnår eller överskrider hälften av det tolerabla dagliga intaget ($DI < TDI \times 0,5$).

Beräknade koncentrationer i jord och vatten för överskridande av acceptabel risk

Den koncentration i jord av respektive ämne som, övriga antaganden oförändrade, resulterar i att en oacceptabel risk uppnås beräknades i scenario 1 enligt:

$$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$$

Ekvation 23

$C_{jord-acc}$ representerar den koncentration (mg/kg TS jord) vid vilken en riskkvot på 0,5 beräknas uppnås. TDI står för ämnets tolerabla dagliga intag (mg/kg kroppsvikt $\times$ dag), K_{pl} för ämnets biota-jord-ackumulationsfaktor (kg TS jord/kg VS frukt och bär), R_{ig} för det dagliga intaget av frukt och bär (kg VS/kg kroppsvikt $\times$ dag), f_h för andelen intag av frukt och bär som härstammar från det förorenade området och F_{bio-or} för ämnets relativa biotillgänglighetsfaktor vid intag av frukt och bär (specificerat som andel).

Motsvarande koncentration i grundvatten av respektive ämne som, övriga antaganden oförändrade, resulterar i att oacceptabel risk uppnås beräknades i scenario 2 enligt:

$$C_{vatten-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{(1 - f_v) \times f_{H_2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or} + \frac{f_v \times Q \times t_{bev} \times R_{iv-bev}}{V_{sh} \times m}}$$

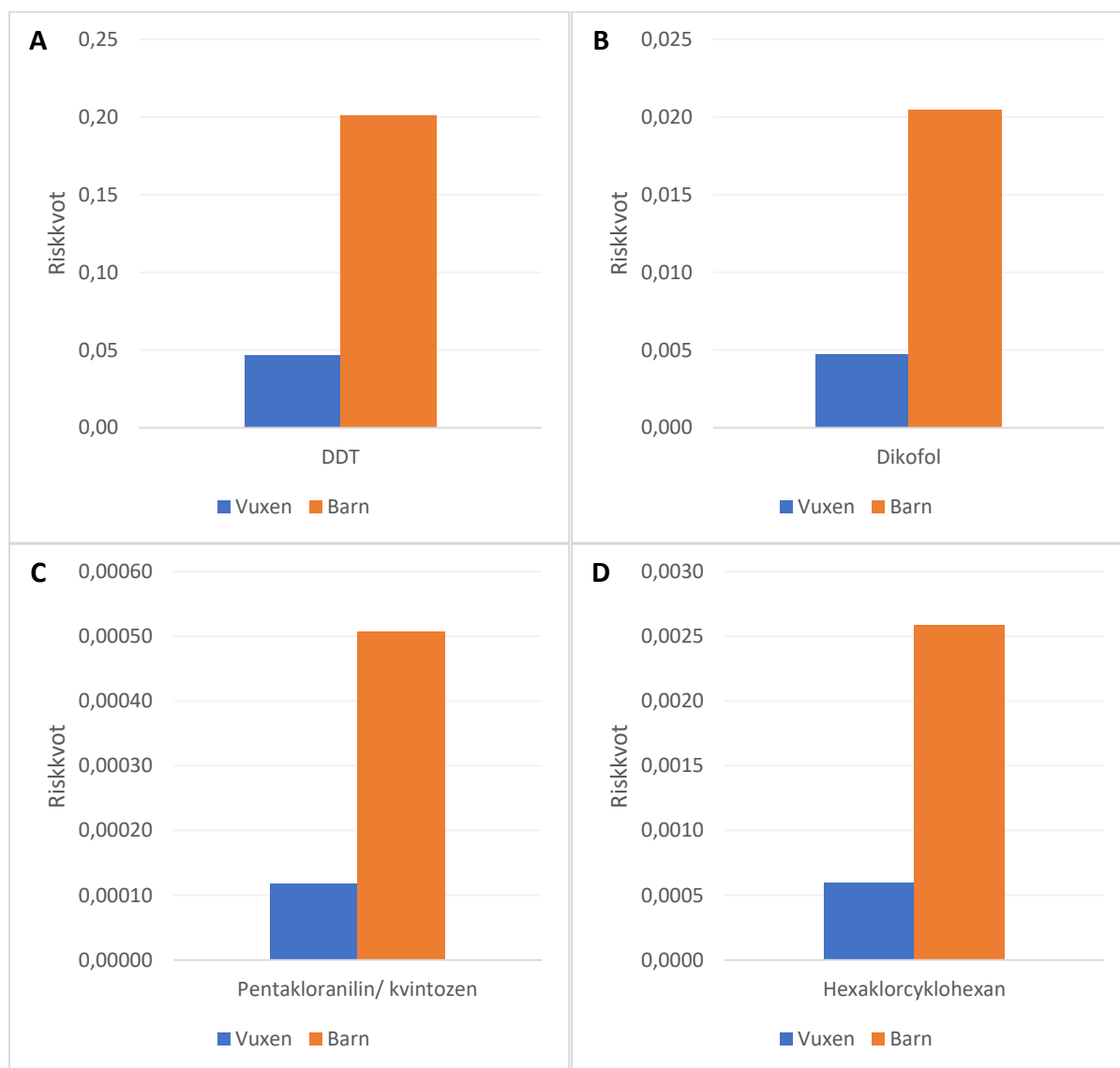
Ekvation 24

$C_{vatten-acc}$ representerar den grundvattenkoncentration (mg/l) vid vilken en riskkvot på 0,5 beräknas uppnås. TDI står för ämnets tolerabla dagliga intag (mg/kg kroppsvikt $\times$ dag), f_v för andelen som förångas vid bevattning, f_{H_2O} för vattenhalten i odlade grödor, R_{ig} för det dagliga intaget av frukt, bär och grönsaker (kg VS/kg kroppsvikt $\times$ dag), f_h för andelen intag av frukt, bär och grönsaker som kommer från den egna odlingen och F_{bio-or} för ämnets relativa biotillgänglighetsfaktor vid intag av frukt, bär och grönsaker (specificerat som andel). Q står för bevattningsflödet (l/min), t_{bev} för den tid som ägnas åt bevattning (min), R_{iv-bev} för inandningshastighet av förorenad vattenånga (l/d), V_{sh} för ångvolym (l) och m för kroppsvikt (kg).

3. RESULTAT

Scenario 1 – vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskola

I detta scenario har en bedömning gjorts av risken vid daglig konsumtion av vildväxande frukt och bär från en f.d. skogsplantskola. Bedömningen utgår ifrån de fyra vanligast förekommande grupperna av föroreningar, och baseras på respektive medelvärde av uppmätta halter i jord inom f.d. skogsplantskolor (hotspot-områden exkluderade). Den beräknade riskkvoten i scenario 1 redovisas i Figur 3.1 och Tabell 2.1.



Figur 3.1. Beräknad risk vid exponering för DDT (A), dikofol (B), pentakloranilin/kvintozen (C) samt hexaklorcyklohexan (D) vid konsumtion av vildväxande frukt och bär från en f.d. skogsplantskola. Notera att y-axeln har olika skala för de olika ämnena. Risken är bedömd för både vuxna och barn. En riskkvot >1 innebär att det tolerabla dagliga intaget (TDI) av respektive ämne överskrids. I föreliggande scenario bedöms en riskkvot $\geq 0,5$ utgöra en oacceptabel risk. Denna riskkvot överskrids inte i något fall för vare sig vuxna eller barn. För detaljer om exponeringsmodell och antaganden, se avsnitt Riskscenarier.

Tabell 3.1. Utfallet i scenario 1. Riskbedömningen avser konsumtion av vildväxande frukt och bär från en f.d. skogsplant-skola. Den ansatta nivån för oacceptabel risk är i detta scenario en riskkvot $\geq 0,5$. Se avsnitt Riskscenarier för detaljer om exponeringsmodell och antaganden.

Ämne	TDI (mg/kg $\times$ dag)	Vuxen	Riskkvot	Barn	Riskkvot
		Exponering (mg/kg kroppsvikt $\times$ dag)		Exponering (mg/kg kroppsvikt $\times$ dag)	
DDT	0,0005	0,0000234	0,0467	0,000101	0,201
Dikofol	0,002	$9,51 \times 10^{-6}$	0,00476	0,0000409	0,0205
Pentakloranilin/ kvintozen	0,01	$1,18 \times 10^{-6}$	0,000118	$5,066 \times 10^{-6}$	0,000507
Hexaklorcyklo- hexan	0,005	$3,01 \times 10^{-6}$	0,000601	0,0000129	0,00259

Beräknad exponering för skadliga ämnen underskred i samtliga fall det tolerabla intaget med tillräckligt god marginal för att inte utgöra en oacceptabel risk (riskkvot $< 0,5$). Den största identifierade risken (med en riskkvot motsvarande 0,20) var risken för barn att överskrida det tolerabla intaget av DDT. Riskerna var därefter, i fallande ordning, DDT (vuxen) $>$ dikofol (barn) $>$ dikofol (vuxen) $>$ hexaklorcyklohexan (barn) $>$ hexaklorcyklohexan (vuxen) $>$ pentakloranilin/kvintozen (barn) $>$ pentakloranilin/kvintozen (vuxen). Samtliga dessa risker underskred en riskkvot på 0,05.

I Tabell 3.2 presenteras de koncentrationer av respektive ämne i jord som, under förutsättning att övriga antaganden är desamma som i scenario 1, har beräknats utgöra en oacceptabel risk (riskkvot = 0,5). Förutom för DDT var samtliga halter minst sju gånger högre än den övre 95-percentilen i observerade halter (hotspots exkluderat; Tabell 2.1). För barn beräknas en oacceptabel DDT-exponering ske vid en halt i jord på 12,4 mg/kg TS, vilket är under den övre 95-percentilen men tre gånger över medelvärdet och 17 gånger över mediankoncentrationen. Det innebär att det förekommer begränsade områden inom de f.d. skogsplantskolorna med tillräckligt höga halter DDT i jord för att, om hela frukt- och bärintaget kommer därifrån, utgöra en oacceptabel hälsorisk för barn. Oacceptabel DDT-exponering för vuxna förväntas däremot först vid halter som överskrider 95-percentilen av observerade halter.

Tabell 3.2. Beräknade koncentrationer i jord av respektive ämne som, övriga antaganden oförändrade, förväntas orsaka att en oacceptabel risk uppnås i scenario 1 (riskkvot = 0,5).

	DDT (mg/kg TS)	Dikofol (mg/kg TS)	Pentakloranilin/kvintozen (mg/kg TS)	Hexaklorcyklohexan (mg/kg TS)
Vuxna	53,5	21,0	170	24,9
Barn	12,4	4,89	39,5	5,80

Förväntade koncentrationer i frukt och bär i scenario 1 redovisas i Tabell 3.3. Samtliga ämnen väntas i scenariot underskrida respektive gränsvärde. Vidare redovisas de koncentrationer i jord som teoretiskt hade krävts för att, övriga antaganden oförändrade, gällande livsmedelsgränsvärden skulle uppnås. För DDT, dikofol och hexaklorcyklohexan förväntas respektive gränsvärde uppnås vid jordkoncentrationer om 20 mg/kg TS, 0,77 mg/kg TS respektive 0,18 mg/kg TS. Dessa koncentrationer ligger i samtliga fall strax över 95-percentilen i observerade halter (hotspots exkluderat; Tabell 2.1). Detta innebär att även om halterna i frukt och bär generellt förväntas underskrida gränsvärdena, förväntas begränsade områden inom de f.d. skogsplantskolorna kunna hysa frukt och bär där gränsvärdet uppnås eller överskrids. För pentakloranilin/kvintozen förväntas gränsvärdet i frukt och bär uppnås vid 1,2 mg/kg TS i jord, vilket är tolv gånger över den observerade 95-percentilen. Överskridande av gränsvärdet i frukt och bär bedöms därför osannolikt.

Tabell 3.3. Livsmedelsgränsvärden och förväntade halter i frukt och bär, samt jordkoncentration av respektive ämne som förväntas orsaka att respektive gränsvärde uppnås.

	DDT	Dikofol	Pentakloranilin/ kvintozen	Hexaklorcyklohexan
Gränsvärde i frukt och bär (mg/kg VS)	0,05 ^a	0,02 ^b	0,02 ^b	0,01 ^c
Förväntad halt i frukt och bär vid antagen koncentration i jord (mg/kg VS)	0,0128	0,00520	0,000644	0,00164
Halt i jord för överskridande av gränsvärde (mg/kg TS)	19,6	0,769	1,24	0,182

^a) Europeiska kommissionen 2023.

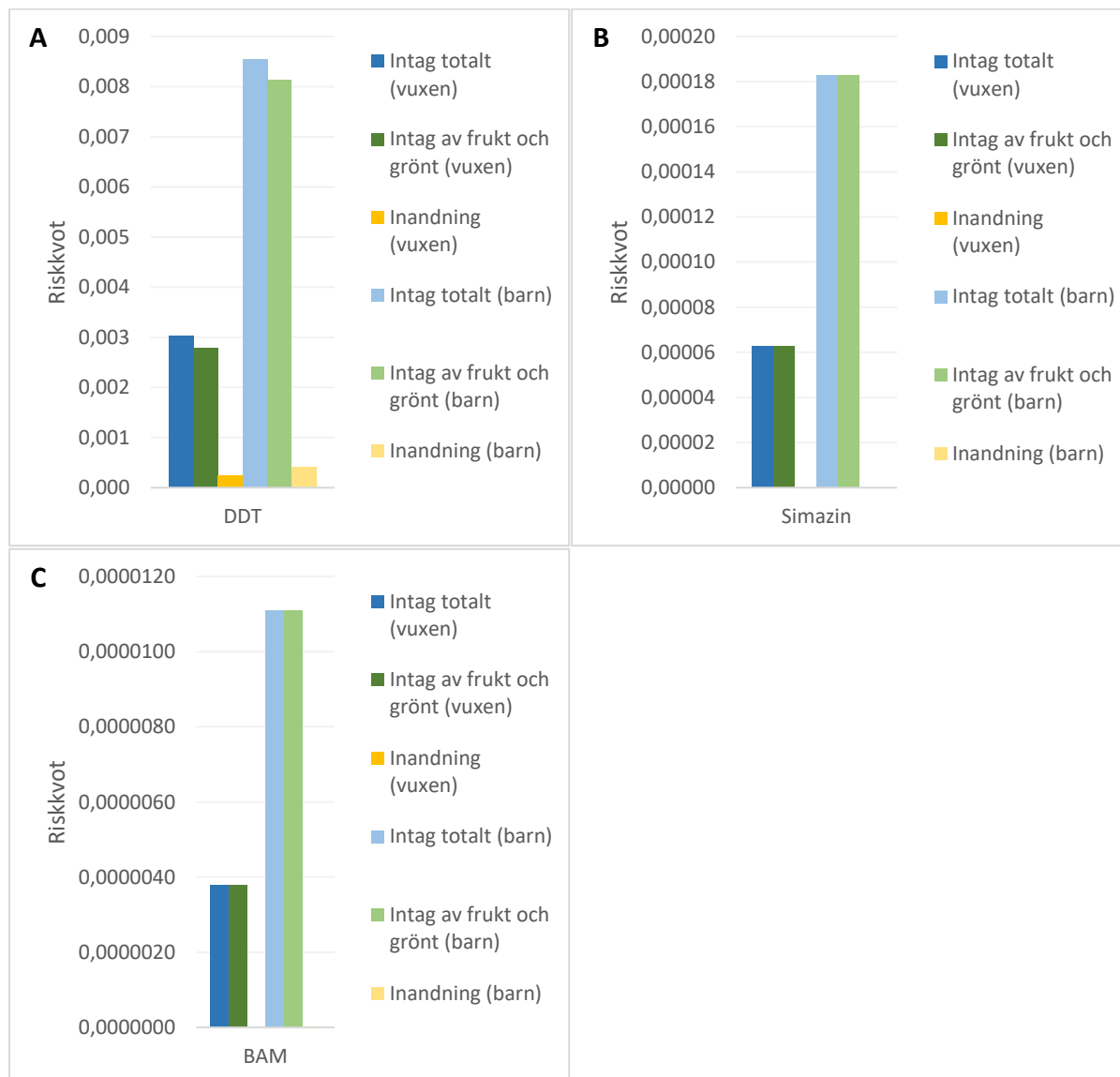
^b) Europeiska kommissionen 2012.

^c) Europeiska kommissionen 2017.

Sammanfattningsvis identifierades i scenario 1 inga oacceptabla risker vid konsumtion av vildväxande frukter och bär från f.d. skogsplantaskolor, vare sig för vuxna eller barn. Den beräknade DDT-exponeringen var för barn 2,5 gånger lägre än nivån för oacceptabel risk, och för övriga ämnen och skyddsobjekt var risken genomgående minst tio gånger lägre än den ansatta nivån. Begränsade delområden inom f.d. skogsplantaskolor kan dock innehålla tillräckligt höga halter i jord för att dels utgöra en hälsorisk för barn (under förutsättning att barnets hela frukt- och bärintag härstammar från sådana områden), dels kunna uppnå gränsvärden för DDT, dikofol och hexaklorcyklohexan i vildväxande frukt och bär (Europeiska kommissionen, 2012, 2017, 2023).

Scenario 2 – bevattning av frukt och grönsaker med förorenat vatten

Detta scenario representerar risken vid användning av förorenat vatten för bevattning av egen odling av frukt, bär och grönsaker. Den beräknade risken i scenario 2 redovisas i Figur 3.2 och Tabell 3.4.



Figur 3.2. Beräknad risk vid exponering för DDT (A), simazin (B) och BAM (C) vid bevattning av frukt, bär och grönsaker med grundvatten förorenat från en f.d. skogsplantkola. Notera att y-axeln har olika skala för de olika ämnena. Risken är bedömd för både vuxna och barn. En riskkvot >1 innebär att det tolerabla dagliga intaget (TDI) av respektive ämne överskrids. I föreliggande scenario bedöms en riskkvot $\geq 0,5$ utgöra en oacceptabel risk. Denna riskkvot överskrids inte i något fall för vare sig vuxna eller barn. För detaljer om exponeringsmodell och antaganden, se avsnitt Riskscenarier.

Tabell 3.4. Utfallet i scenario 2. Riskbedömningen avser bevattning av frukt och grönt med grundvatten förorenat från en f.d. skogsplantskola. Den ansatta nivån för oacceptabel risk är i detta scenario en riskkvot $\geq 0,5$. Se avsnitt Riskscenarier för detaljer om exponeringsmodell och antaganden.

Ämne	TDI (mg/kg × dag)	Konc. i frukt/grönt (mg/kg VS)	Exponerings- väg	Vuxen	Riskkvot	Barn	Riskkvot
				Exponering (mg/kg kroppsvikt × dag)		Exponering (mg/kg kroppsvikt × dag)	
DDT	0,0005	0,00244	Totalt	$1,51 \times 10^{-6}$	0,00302	$4,27 \times 10^{-6}$	0,00855
			Konsumtion	$1,39 \times 10^{-6}$	0,00279	$4,07 \times 10^{-6}$	0,00814
			Inandning	$1,17 \times 10^{-7}$	0,000233	$2,07 \times 10^{-7}$	0,000414
Simazin	0,00052	0,0000570	Totalt	$3,26 \times 10^{-8}$	0,0000626	$9,50 \times 10^{-8}$	0,000183
			Konsumtion	$3,26 \times 10^{-8}$	0,0000626	$9,50 \times 10^{-8}$	0,000183
			Inandning	$3,33 \times 10^{-14}$	$6,42 \times 10^{-11}$	$1,27 \times 10^{-14}$	$1,58 \times 10^{-11}$
BAM	0,025	0,0000665	Totalt	$3,80 \times 10^{-8}$	$3,80 \times 10^{-6}$	$1,11 \times 10^{-7}$	0,0000111
			Konsumtion	$3,80 \times 10^{-8}$	$3,80 \times 10^{-6}$	$1,11 \times 10^{-7}$	0,0000111
			Inandning	$2,23 \times 10^{-14}$	$2,23 \times 10^{-12}$	$3,95 \times 10^{-14}$	$3,95 \times 10^{-12}$

Beräknad exponering för skadliga ämnen underskred i samtliga fall det tolerabla intaget med god marginal. Den största identifierade risken vid konsumtion av bevattnade grödor var risken för barn att överskrida tolerabelt intag av DDT. Med en riskkvot på 0,0125 motsvarade detta en exponering 40 gånger lägre än nivån för oacceptabel risk. Riskerna var därefter, i fallande ordning, DDT (vuxen) > simazin (barn) > simazin (vuxen) > BAM (barn) > BAM (vuxen).

Även med avseende på inandning var den största identifierade risken att barn överskrider tolerabelt intag av DDT. Riskkvoten för barn vid inandning av DDT var 0,000414 vilket motsvarar en exponering 1 200 gånger under nivån för oacceptabel risk. Mängden inandad DDT utgjorde 4,8 % av barnens totala exponering från bevattning. Relativt sett utgjorde inandning av DDT en mer betydande exponeringsväg för vuxna (7,7 % av den totala exponeringen), men motsvarande riskkvot var endast 0,000233 (2 100 gånger under nivån för oacceptabel risk). För både simazin och BAM utgjorde inandning en försumbar exponeringsväg, både i relation till TDI och jämfört med exponeringsdos vid konsumtion av bevattnade grödor.

I Tabell 3.5 redovisas koncentrationer av respektive ämne i grundvatten som, under förutsättning att övriga antaganden är desamma som i scenario 2, beräknas utgöra en oacceptabel risk (riskkvot = 0,5). Samtliga koncentrationer var minst 60 gånger högre än den övre 95-percentilen i observerade halter (Tabell 2.4).

Tabell 3.5. Beräknade grundvattenkoncentrationer av respektive ämne som, övriga antaganden oförändrade, förväntas orsaka att en oacceptabel risk uppnås i scenario 2 (riskkvot = 0,5).

	DDT (mg/l)	Simazin (mg/l)	BAM (mg/l)
Vuxna	0,662	0,479	9,21
Barn	0,234	0,164	3,16

Förväntade koncentrationer i frukt, bär och grönsaker i scenario 2 redovisas i Tabell 3.6, och för samtliga ämnen i scenariot väntas halten underskrida respektive gränsvärden. För DDT förväntas gränsvärdet uppnås vid koncentrationer i grundvatten på 0,082 mg/l, medan för både simazin och BAM förväntas gränsvärdena uppnås vid 0,011 mg/l. I samtliga fall är dessa koncentrationer ≥ 21 gånger högre än respektive 95-percentil i observerade koncentrationer (Tabell 2.4). Både simazin och BAM har en vattenlöslighet långt över denna nivå (PubChem 2023b, 2023c), medan DDT endast har en löslighet på 0,025–0,12 mg/l (ATSDR 2022). I praktiken kan lösligheten därför tänkas begränsa risken för DDT att uppnå tillräckligt höga koncentrationer i vatten för att

gränsvärdet ska överskridas. Sammantaget bedöms risken för överskridande av gällande gränsvärden därför vara mycket liten vid bevattning med vatten förorenat av verksamheten vid f.d. skogsplantskolor.

Tabell 3.6. Koncentration i vatten som förväntas orsaka att livsmedelsgränsvärde uppnås i bevattnad frukt och grönsaker.

	DDT	Simazin	BAM
Gränsvärde i frukt/ grönsaker (mg/kg VS)	0,05 ^a	0,01 ^b	0,01 ^c
Förväntad halt i frukt/ grönsaker vid antagen halt i vatten (mg/kg VS)	0,00244	0,0000570	0,0000665
Halt i vatten för överskridande av gränsvärde (mg/l)	0,0819	0,0105	0,0105

^a) Europeiska kommissionen 2023.

^b) Europeiska kommissionen 2011.

^c) Gränsvärdet avser diklobenil (Europeiska kommissionen 2021), till vilket BAM är en nedbrytningsprodukt.

I föreliggande riskbedömning identifierades inga oacceptabla risker förknippade med intag av DDT, simazin eller BAM vid bevattning av egna odlingar i anslutning till f.d. skogsplantskolor, vare sig för vuxna eller barn. Samtliga risker i scenario 2 var minst 40 gånger lägre än den ansatta gränsen för oacceptabel risk, och halterna av DDT, simazin och BAM i egenodlad frukt och grönt förväntas inte överskrida gällande livsmedelsgränsvärden (BAM bedömt utifrån gränsvärdet för diklobenil).

4. SAMLAD BEDÖMNING

Föreliggande riskbedömning identifierade inga generella oacceptabla risker för vuxna eller barn, vare sig vid regelbunden konsumtion av vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskoleområden eller vid användning av förorenat grundvatten till bevattning av frukt och grönt vid trädgårdsodling. Den största risken som identifierades i grundscenarierna var risken för att barns tolerabla intag av DDT ska överskridas. Trots att barnets hela dagliga intag av frukt och bär antogs bestå av vildväxande frukt och bär från f.d. skogsplantskoleområden var denna risk i grundscenariot 2,5 gånger lägre än den ansatta nivån för oacceptabel risk. Endast om barnets hela intag av frukt och grönt härstammar från områden med höga jordhalter av DDT (i medeltal $\geq 12,4$ mg/kg TS) förväntas oacceptabla hälsorisker. Övriga risker vid konsumtion av vildväxande frukt och bär var minst tio gånger lägre än nivån för oacceptabel risk, medan riskerna vid bevattning genomgående var minst 40 gånger lägre än denna nivå. Riskerna med inandning av vattenångor i samband med bevattning var minst 1 200 gånger lägre än nivån för oacceptabel risk, vilket även kan antas vara jämförbart med inandning vid t.ex. lek i vattenspridare.

Halterna i vildväxande frukt och bär (förorenad jord) respektive bevattnad frukt och grönsaker (förorenat vatten, ”ren” jord) förväntas generellt inte överskrida gällande gränsvärden för livsmedel. Inom en liten del av ytorna har dock tillräckligt höga halter i jord uppmätts av DDT, dikofol och/eller hexaklorcyklohexan för att förväntade halter i frukt och bär ska närma sig eller överskrida gränsvärdet. Enligt Livsmedelsverket (2023) är det dock ”normalt inte farligt att någon enstaka gång äta mat med rester av bekämpningsmedel som är högre än gränsvärdena. Dessa är satta med väldigt god marginal för säkerhets skull”. Således bör frukt- och bärplockning inom f.d. skogsplantskoleområden inte heller ur detta perspektiv utgöra en oacceptabel hälsorisk, såvida inte regelbunden och omfattande plockning uteslutande sker inom ett av de begränsade områden med allra högst halter i jord av DDT, dikofol eller hexaklorcyklohexan. I övrigt bedöms det mycket osannolikt att livsmedelsgränsvärden ska överskridas, både gällande vildväxande frukt och bär och vid bevattning av egna grödor.

I båda scenarierna är DDT dimensionerande för riskerna. Med tanke på koncentrationerna av DDT i både jord och grundvatten är detta förhållande sannolikt även extrapolerbart till andra tänkbara exponeringsvägar. Utifrån föreliggande bedömning går det inte att utesluta att hälsorisker från resterande bekämpningsmedel kan förekomma i särskilda fall, men det förefaller osannolikt att de skulle överstiga riskerna från samtidig DDT-exponering. Det vill säga, såvida inte DDT utgör en hälsorisk kan det generellt förmodas att de andra ämnena inte heller gör det.

Presenterade slutsatser är giltiga under de stipulerade scenarierna, varför beräknade risker kan komma att skilja sig från faktiska risker i verkliga situationer. Flera antaganden i de olika exponeringsmodellerna har syftat till att vara konservativa, med följden att beräkningarna sannolikt ofta överskattar verkliga risker i motsvarande situation. Modellerna har dock även syftat till att vara generellt representativa, vilket innebär att urvalet inte har omfattat t.ex. de extremkoncentrationer som punktvis förekommer. Den aktuella bedömningen kan således betraktas som representativ för vad som generellt bör förväntas vid f.d. skogsplantskolor när den exakta föroreningssituationen inte är känd. På platser med känd och avvikande föroreningssituation, såsom t.ex. kända hotspots, bör en platsspecifik riskbedömning genomföras innan några slutsatser kan dras. Vid skäl för misstanke eller särskild försiktighet bör provtagning och analys av vildväxande eller odlade livsmedel genomföras för att avgöra i vilken grad exponering sker.

REFERENSER

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2022: Toxicological Profile for DDT, DDE, and DDD. <<https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=81&tid=20>> åtkommen den 7 november 2023.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2023: Toxicological Profile for Hexachlorocyclohexane. <<https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=754&tid=138>> åtkommen den 26 september 2023.
- Amcoff, E, Edberg, A, Enghardt Barbieri, H, Lindroos, AK, Nälsén, C, Pearson, M, Warensjö Leming, E, 2012: Riksmaten – vuxna 2010-11. Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige. Livsmedelsverket.
- Enghardt Barbieri, H, Pearson, M, Becker, W, 2003. Riksmaten – barn 2003 Livsmedels- och näringsintag bland barn i Sverige. Livsmedelsverket.
- Europeiska kommissionen, 2011: Commission regulation (EU) No 310/2011 of 28 March 2011 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for aldicarb, bromopropylate, chlorfenvinphos, endosulfan, EPTC, ethion, fenthion, fomesafen, methabenzthiazuron, methidathion, simazine, tetradifon and triforine in or on certain products. *Europeiska unionens officiella tidning* L 86, 1–50.
- Europeiska kommissionen, 2012: Kommissionens förordning (EU) nr 899/2012 av den 21 september 2012 om ändring av bilagorna II och III till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärdena för acefat, alaklor, anilazin, azocyklotin, benfurakarb, butylat, kaptafol, karbaryl, karbofuran, karbosulfan, klorfenapyr, klortaldimetyl, klortiamid, cyhexatin, diazinon, diklobenil, dikofol, dimetipin, dinikonazol, disulfoton, fenitro-tion, flufenzin, furatiokarb, hexakonazol, lactofen, mepronil, metamidofos, metopren, monokrotofos, monuron, oxikarboxin, oxidemetonmetyl, parationmetyl, forat, fosalon, procymidon, profenofos, propaklor, kvinklorak, kvintozen, tolylfluamid, triklorfon, tridemorf och trifluralin i eller på vissa produkter och om ändring av den förordningen genom fastställande av bilaga V med en förteckning över standardvärden. *Europeiska unionens officiella tidning* L 237, 1–75.
- Europeiska kommissionen, 2017: Kommissionens förordning (EU) 2017/978 av den 9 juni 2017 om ändring av bilagorna II, III och V till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för fluopyram; hexaklorcyklohexan (HCH), alfaisomer; hexaklorcyklohexan (HCH), betaisomer; hexaklorcyklohexan (HCH), summan av isomerer, utom gammaisomer; lindan (hexaklorcyklohexan [HCH], gammaisomer); nikotin och profenofos i eller på vissa produkter. *Europeiska unionens officiella tidning* L 151, 1–37.
- Europeiska kommissionen, 2021: Kommissionens förordning (EU) 2021/616 av den 13 april 2021 om ändring av bilagorna II, III och V till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för benalaxyl, benalaxyl-M, diklobenil, fluopikolid, prokinazid och pyridalyl i eller på vissa produkter. *Europeiska unionens officiella tidning* L 131, 4–40.
- Europeiska kommissionen, 2023: Kommissionens förordning (EU) 2023/163 av den 18 januari 2023 om ändring av bilagorna II och III till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för DDT och oxatiapiprolin i eller på vissa produkter. *Europeiska unionens officiella tidning* L 23, 1–17.
- Florberger, M, Moraes, R, Ländell, M, Nordström, A, Eliaeson, K, Forsberg, K, 2022: Riskbedömning av DDT-exponering vid hästverksamhet på f.d. skogsplantaskolor. SGU Konsult-rapport 03. Sveriges geologiska undersökning, 37s.

- Florberger, M, Ländell, M, Nordström, A, Eliaeson, K, Wåhlén, H, 2023: Områden förorenade av DDT från f.d. skogsplantaskolor. Riskbedömning av DDT-exponering – lantbruksdjur och lantbrukare. SGU Konsultrapport 09. Sveriges geologiska undersökning, 57s.
- Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2014: Dichlobenil. *JMPR 2014*, 103–155.
- Livsmedelsverket, 2023: Bekämpningsmedel. <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonnskade-amnen/bekampningsmedel#Hur_fungerar_gr%C3%A4nsv%C3%A4rderna> åtkommen den 13 oktober 2023.
- Ministry for the Environment, 2011: Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand. Först publicerad juni 1999; reviderad oktober 2011.
- Naturvårdsverket, 2016a: Riktvärden för förorenad mark - Rapport 5976. Bilaga 1: Sammanställning av indata till riktvärdesmodellen.
- Naturvårdsverket, 2016b: Datablad för DDT, DDD och DDE. Framtagen av Kemakta Konsult AB och Institutet för Miljömedicin, juni 2016.
- Naturvårdsverket, 2016c: Datablad för Kvintozen och pentakloranilin. Framtagen av Kemakta Konsult AB och Institutet för Miljömedicin, juni 2016.
- Pettersson, M, Ländell, M, Ohlsson, Y, Berggren Kleja, D, Tiberger, C, 2015: Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten. Statens geotekniska institut, SGI Publikation 21, Linköping.
- Popkin, BM, D'Anci, K, Rosenberg, IH, 2010: Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews* 68(8), 439–458.
- PubChem, 2023a: Dicofol. <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8268>> åtkommen den 26 september 2023.
- PubChem, 2023b: Simazin. <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5216>> åtkommen den 27 september 2023.
- PubChem, 2023c: 2,6-Dichlorobenzamide. <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/16183>> åtkommen den 26 september 2023.
- Sweco, 2022: Skogsvårdsstyrelsens f.d. skogsplantaskolor. Sammanställning och utvärdering av jord- och grundvattendata från förstudier. Rapport på uppdrag av Sveriges Geologiska Undersökning.
- United States Department of Agriculture, 2019a: FoodData Central. Raspberries, raw. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167755/nutrients>> åtkommen den 5 oktober 2023.
- United States Department of Agriculture, 2019b: FoodData Central. Pears, raw, bartlett. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/746773/nutrients>> åtkommen den 6 november 2023.
- United States Department of Agriculture, 2020: FoodData Central. Apples, gala, with skin, raw. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/1750341/nutrients>> åtkommen den 6 november 2023.
- United States Department of Agriculture, 2022a: FoodData Central. Blueberries, raw. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346411/nutrients>> åtkommen den 5 oktober 2023.
- United States Department of Agriculture, 2022b: FoodData Central. Cherries, sweet, dark red, raw. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346399/nutrients>> åtkommen den 6 november 2023.

- United States Department of Agriculture, 2022c: FoodData Central. Strawberries, raw.
<<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346409/nutrients>> åtkommen den 5 oktober 2023.
- United States Environmental Protection Agency, 2005: Human health risk assessment protocol for hazardous waste combustion facilities.
- World Health Organization, 2022: Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda.

BILAGA 1 – UNDERLAG TILL URVAL

Underlag till urval

Ämne/grupp	Funktion	Detektion i grundvatten (antal plantskolor)	Detektion i jord - f.d. odlings- fält (antal plantskolor)	Detektion i jord - övriga områden (antal plantskolor)	log K _{ow}	Uppskattad logBCF växt - jord (kg TS jord/kg TS växt)	Uppskattad logHC ₅ , däggdjur (mg/kg kroppsvikt)	Fysikalisk-kemiska data
2,6-diklorbensamid (BAM)	Herbucid	2			0,77	1,14294	0,0969	PubChem
Aldrin/dieldrin	Insekticid		7	7	6,2	-1,9956	-2,26	ATSDR
Atrazin (inkl. metaboliter)	Herbucid	3			2,60	0,0852	0,234	ATSDR
DDT (inkl. metaboliter)	Insekticid	8	19	19	6,3	-2,0534	-0,186	Naturvårdsverket
Dikloranilin	Herbucid		2	2	2,69	0,03318	1,58	PubChem
Dikofol	Insekticid		14	12	4,28	-0,88584	0,438	PubChem
Endosulfan	Insekticid		2	2	3,83	-0,62574	0,00398	ATSDR
Hexaklorbensen	Fungicid		9	9	5,73	-1,72394	1,06	ATSDR
Hexaklorcyklohexan	Insekticid		10	9	3,72	-0,56216	-0,107	ATSDR
Pentakloranilin/kvintozen	Fungicid	2	10	14	4,6	-1,0708	2,15	Naturvårdsverket
Pentaklorbensen	Fungicid	2	3	6	5,18	-1,40604	2,30	PubChem
Permetrin	Insekticid			2	6,5	-2,169	-0,405	ATSDR
Prokloraz	Fungicid	2			-	-	1,40	PubChem
Simazin (inkl. metaboliter)	Herbucid	3			2,1	0,3742	0,649	PubChem
Terbutylazin (inkl. metaboliter)	Herbucid	2			3,4	-0,3772	3,89	PubChem

Toxicitetsdata (landlevande däggdjur) sammanställda för varje ämne från U.S. EPA Ecotox database för att skatta HC5 (hazardous concentration, 5 % of species)

[U.S. EPA Ecotox database](#)

BILAGA 2 – BERÄKNINGAR FÖR SCENARIO 1

DDT via vildväxande frukt och bär (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	2,33646E-05	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
	C _{veg}		0,012777517	mg/kg VS bär	
Koncentration i jord	C _{jord}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$		5 mg/kg TS jord	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
			0,001828571	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	
Intag av frukt och bär	R _{ig}	$K_{pl} = BCF \times \frac{\rho b}{\theta_w + K_d \times \rho b + H \times \theta_a}$	1		
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}	$K_d = K_{oc} \times f_{oc}$			
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}		0,002555503	kg TS jord/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Biokoncentrationsfaktor	BCF		9,2	dm3 porvatten/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Henry's konstant	H		0,0007		Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,32		Amcoff <i>et al.</i> (2012), Naturvårdsverket (2016a)
Torrdensitet jord	ρ _b		1,5	kg/dm3	Florberger <i>et al.</i> 2023
Jordens vattenhalt	θ _w		0,11	dm3 vatten/dm3 jord	Florberger <i>et al.</i> 2023
Fördelningskoefficient jord-vatten	K _d	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	3600	l/kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Fördelningskoefficient vatten-organiskt kol	K _{oc}		180000	l/kg	Naturvårdsverket (2016b)
Fraktion organiskt kol	f _{oc}		0,02		Florberger <i>et al.</i> 2023
Henry's konstant	H		0,0007000		Naturvårdsverket (2016b)
Jordens lufthalt	θ _a		0,24	dm3 luft/dm3 jord	Florberger <i>et al.</i> 2023
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,4	kg VS frukt och grönt/dag	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		365	dagar/år	
Kroppsvikt	m		70	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,0005	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016b)
Risikkvot	RQ		0,046729205		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	0,05	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2023)
			19,6	mg/kg TS jord	
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}		391%		
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk % av ansatt koncentration	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$	53,5	mg/kg TS jord	
			1070%		

DDT via vildväxande frukt och bär (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	0,000100516	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i frukt och bär	C _{veg}	$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$	0,012777517	mg/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i jord	C _{jord}		5	mg/kg TS jord	
Intag av frukt och bär	R _{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,007866667	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}		1		
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}	$K_{pl} = BCF \times \frac{\rho b}{\theta_w + K_a \times \rho b + H \times \theta_a}$	0,002555503	kg TS jord/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Biokoncentrationsfaktor	BCF		9,2	dm3 porvatten/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Henry's konstant	H		0,0007		Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,472		Enghardt Barbieri <i>et al.</i> (2003), Naturvårdsverket (2016a)
Torrdensitet jord	ρb		1,5	kg/dm3	Florberger <i>et al.</i> 2023
Jordens vattenhalt	θ _w		0,11	dm3 vatten/dm3 jord	Florberger <i>et al.</i> 2023
Fördelningskoefficient jord-vatten	K _d	$K_d = K_{oc} \times f_{oc}$	3600	l/kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger et al. 2023
Fördelningskoefficient vatten-organiskt kol	K _{oc}		180000	l/kg	Naturvårdsverket (2016b)
Fraktion organiskt kol	f _{oc}		0,02		Florberger <i>et al.</i> 2023
Henry's konstant	H		0,0007000		Naturvårdsverket (2016b)
Jordens lufthalt	θ _a		0,24	dm3 luft/dm3 jord	Florberger <i>et al.</i> 2023
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,25	kg VS frukt och grönt/dag	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		365	dagar/år	
Kroppsvikt	m		15	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,0005	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016b)
Risikkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,201032936		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,05	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2023)
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	19,6 391%	mg/kg TS jord	
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk % av ansatt koncentration	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$	12,4 249%	mg/kg TS jord	

Dikofol via vildväxande frukt och bär (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	9,51332E-06	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Koncentration i frukt och bär	C _{veg}	$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$	0,005202595	mg/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Koncentration i jord	C _{jord}		0,2	mg/kg TS jord	
Intag av frukt och bär	R _{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,001828571	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}		1		
		$K_{pl} = \frac{10^{(1,588-(0,578 \times \log K_{ow}))}}{1 - f_{H2O}}$			
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}		0,026012973	kg TS jord/kg VS bär	
Fördelningskoefficient oktanol-vatten	K _{ow}		19054,60718	l/kg	PubChem 2023a
Andel vatten i frukt och bär	f _{H2O}		0,8		U.S. DA (2019, 2022a)
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,32		Amcoff <i>et al</i> . (2012), Naturvårdsverket (2016a)
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,4	kg VS frukt och grönt/dag	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		365	dagar/år	
Kroppsvikt	m		70	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,002	mg/(kg kroppsvikt × dag)	WHO (2022)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,004756658		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,02	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2012)
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	0,769 384%	mg/kg TS jord	
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk % av ansatt koncentration	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$	21,0 10512%	mg/kg TS jord	

Dikofol via vildväxande frukt och bär (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	4,09271E-05	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i frukt och bär	C _{veg}	$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$	0,005202595	mg/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i jord	C _{jord}		0,2	mg/kg TS jord	
Intag av frukt och bär	R _{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,007866667	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}		1		
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}	$K_{pl} = \frac{10^{(1,588 - (0,578 \times \log K_{ow}))}}{1 - f_{H2O}}$	0,026012973	kg TS jord/kg VS bär	PubChem 2023a
Fördelningskoefficient oktanol-vatten	K _{ow}		19054,60718	l/kg	U.S. DA (2019, 2022a)
Andel vatten i frukt och bär	f _{H2O}		0,8		Enghardt Barbieri <i>et al.</i> (2003), Naturvårdsverket (2016a)
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,472		Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,25	kg VS frukt och grönt/dag	
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		365	dagar/år	
Kroppsvikt	m		15	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,002	mg/(kg kroppsvikt × dag)	WHO (2022)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,020463539		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,02	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2012)
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	0,8	mg/kg TS jord	
			384%		
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$	4,89	mg/kg TS jord	
% av ansatt koncentration			2443%		

Pentakloranilin/kvintozen via vildväxande frukt och bär (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	1,17762E-06	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i frukt och bär	C _{veg}	$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$	0,000644009	mg/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i jord	C _{jord}		0,04	mg/kg TS jord	
Intag av frukt och bär	R _{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,001828571	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}		1		
		$K_{pl} = \frac{10^{(1,588 - (0,578 \times \log K_{ow}))}}{1 - f_{H2O}}$			
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}		0,016100217	kg TS jord/kg VS bär	
Fördelningskoefficient oktanol-vatten	K _{ow}		43700	l/kg	Naturvårdsverket (2016c)
Andel vatten i frukt och bär	f _{H2O}		0,8		U.S. DA (2019, 2022a)
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,32		Amcoff <i>et al.</i> (2012), Naturvårdsverket (2016a)
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,4	kg VS frukt och grönt/dag	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		365	dagar/år	
Kroppsvikt	m		70	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,01	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016c)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,000117762		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,02	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2012)
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	1,24 3106%	mg/kg TS jord	
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk % av ansatt koncentration	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$	170 424587%	mg/kg TS jord	

Pentakloranilin/kvintozen via vildväxande frukt och bär (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	5,0662E-06	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i frukt och bär	C _{veg}	$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$	0,000644009	mg/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i jord	C _{jord}		0,04	mg/kg TS jord	
Intag av frukt och bär	R _{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,007866667	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}		1		
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}	$K_{pl} = \frac{10^{(1,588 - (0,578 \times \log K_{ow}))}}{1 - f_{H2O}}$			
Fördelningskoefficient oktanol-vatten	K _{ow}		0,016100217	kg TS jord/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016c)
Andel vatten i frukt och bär	f _{H2O}		43700	l/kg	U.S. DA (2019, 2022a)
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,8		Enghardt Barbieri <i>et al.</i> (2003), Naturvårdsverket (2016a)
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,472	kg VS frukt och grönt/dag	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		0,25	kg VS frukt och grönt/dag	
Kroppsvikt	m		365	dagar/år	
Tolererbart dagligt intag	TDI		15	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,01	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016c)
			0,00050662		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,02	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2012)
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	1,2	mg/kg TS jord	
			3106%		
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk % av ansatt koncentration	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$	39,5	mg/kg TS jord	
			98693%		

Hexaklorcyklohexan via vildväxande frukt och bär (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	3,00679E-06	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i frukt och bär	C _{veg}	$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$	0,001644339	mg/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Koncentration i jord	C _{jord}		0,03	mg/kg TS jord	
Intag av frukt och bär	R _{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,001828571	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}		1		
		$K_{pl} = \frac{10^{(1,588 - (0,578 \times \log K_{ow}))}}{1 - f_{H2O}}$			
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}		0,054811286	kg TS jord/kg VS bär	
Fördelningskoefficient oktanol-vatten	K _{ow}		5248,074602	l/kg	ATSDR (2023)
Andel vatten i frukt och bär	f _{H2O}		0,8		U.S. DA (2019, 2022a)
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,32		Amcoff <i>et al.</i> (2012), Naturvårdsverket (2016a)
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,4	kg VS frukt och grönt/dag	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		365	dagar/år	
Kroppsvikt	m		70	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> 2023
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,005	mg/(kg kroppsvikt × dag)	WHO (2022)
Risikkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,000601358		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,01	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2017)
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	0,182 608%	mg/kg TS jord	
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk % av ansatt koncentration	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}}$	24,9 83145%	mg/kg TS jord	

Hexaklorcyklohexan via vildväxande frukt och bär (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Exponeringsdos via intag av frukt och bär	D _{int-veg}	$DI_{int-veg} = C_{veg} \times R_{iq} \times f_h \times F_{bio-or}$	1,29355E-05	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Koncentration i frukt och bär	C _{veg}	$C_{veg} = C_{jord} \times K_{pl}$	0,001644339	mg/kg VS bär	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Koncentration i jord	C _{jord}		0,03	mg/kg TS jord	
Intag av frukt och bär	R _{iq}	$R_{iq} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,007866667	kg VS bär/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Andel av konsumtion som härstammar från förorenat område	f _h		1		
Relativ biotillgänglighetsfaktor	F _{bio-or}		1		
Biota-jord-ackumulationsfaktor	K _{pl}	$K_{pl} = \frac{10^{(1,588 - (0,578 \times \log K_{ow}))}}{1 - f_{H2O}}$	0,054811286	kg TS jord/kg VS bär	
Fördelningskoefficient oktanol-vatten	K _{ow}		5248,074602	l/kg	ATSDR (2023)
Andel vatten i frukt och bär	f _{H2O}		0,8		U.S. DA (2019, 2022a)
Andel av totalkonsumtion, intag av frukt och bär	f		0,472		Amcoff <i>et al</i> . (2012), Naturvårdsverket (2016a)
Dagligt intag av frukt och grönt	GI		0,25	kg VS frukt och grönt/dag	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t _{ig}		365	dagar/år	
Kroppsvikt	m		15	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al</i> . 2023
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,005	mg/(kg kroppsvikt × dag)	WHO (2022)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,002587093		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,01	mg/kg VS bär	Europeiska kommissionen (2017)
Koncentration i jord för att uppnå gränsvärde % av ansatt koncentration	C _{jord-GV}	$C_{jord-GV} = \frac{C_{GV}}{K_{pl}}$	0,2 608%	mg/kg TS jord	
Koncentraion i jord för att uppnå oacceptabel risk % av ansatt koncentration	C _{jord-acc}	$C_{jord-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{K_{pl} \times R_{iq} \times f_h \times F_{bio-or}}$	5,80 19327%	mg/kg TS jord	

BILAGA 3 – BERÄKNINGAR FÖR SCENARIO 2

DDT via bevattning (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Upptag via frukt och grönt					
Koncentration i bevattningsvatten (efter ångförlust)	C_{bev}	$C_{bev} = (1 - f_v) \times C_{gv-bev}$	0,002569299	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andel av intaget frukt och grönsaker som bevattnats med grundvatten från förorenat område	f_h		0,1		Naturvårdsverket (2016b)
Andel vatten i frukt och grönt	f_{H2O}		0,95	l/kg	Popkin <i>et al.</i> (2010)
Dagligt intag av bevattnad frukt och grönt	R_{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,005714286	kg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016b), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag av frukt och grönt, totalt	GI		0,4	kg	Naturvårdsverket (2016b), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Andel av totalkonsumtion	f		1		
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t_{ig}		365	dagar/år	
Relativ biotillgänglighet	F_{bio-or}		1		
Dagligt intag	$DI_{int-veg}$	$DI_{int-veg} = C_{bev} \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	1,39476E-06	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Koncentration i frukt och grönt		$C_{bev} \times f_{H2O}$	0,002440834	mg/kg VS	
Upptag via inandning					
Andel som förångas	f_v	$f_v = 1 - e^{-\left(\frac{K_l \times t}{600 \times d}\right)}$	0,357675278		Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid som vattendroppe befinner sig i luften	t		10	s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattendroppens diameter	d		0,2	mm	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Massöverföringsmotstånd vätska-luft	K_l	$K_l = \left(\frac{1}{k_l} + \frac{8,2 \times 10^{-5} \times 293}{H \times k_g}\right)^{-1}$	5,31193566	cm/h	MFE (2011)
		$k_l = 20 \times \sqrt{\frac{44}{MW}}$	7,212292093	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
		$k_g = 3000 \times \sqrt{\frac{18}{MW}}$	691,9496284	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient, vätskefas	kl		0,0007		Naturvårdsverket (2016b)
Masstransportskoefficient, gasfas	kg				
Henry's konstant	H				
Molekylvikt	MW		338,3	g/mol	
Masstransportskoefficient för koldioxid, vätskefas	k_{ICO2}		20	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient för vatten, gasfas	k_{gH2O}		3000	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Mängd som förångas	M	$M = f_v \times C_{gv-bev} \times Q \times t_{bev}$	5,150523997	mg	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Bevattningsflöde	Q		30	l/min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid för bevattning	t_{bev}		120	min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattenkoncentration	C_{gv-bev}		0,004	mg/l	
Ångvolym	V_{sh}	$V_{sh} = W \times h \times u \times 1000 \times t_{bev} \times 60$	86400000	l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Sprinklerområdets bredd	W		4	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Höjd till andningszon	h		1,5	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vindhastighet	u		2	m/s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)

DDT via bevattning (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Koncentration inandningsluft	C _{inandning}	$C_{inhal} = \frac{M}{V_{sh}}$	5,96125E-08	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Inandningshastighet av förorenad vattenånga	R _{iv,bev}	$R_{iv-bev} = R_{inhal} \times \frac{d_{bev} \times t_{bev}}{365 \times 60 \times 24}$	136,9863014	l/d	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andningsfrekvens	R _{inhal}		20000	l/d	Naturvårdsverket (2016b)
Antal dagar per år då bevattning sker	d _{bev}		30	d	Pettersson <i>et al.</i> (2015)
Kroppsvikt	m		70	kg	Naturvårdsverket (2016b), Florberger et al. (2023)
Dagligt intag	DI _{inhal}	$DI_{inhal} = \frac{C_{inhal} \times R_{iv-bev}}{m}$	1,16659E-07	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Totalt intag samt riskkvot					
Totalt dagligt intag	DI _{bev}	$DI_{bev} = DI_{int-veg} + DI_{inhal}$	1,51142E-06		
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,0005	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016b)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,003022842		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,05	mg/kg VS	Europeiska kommissionen 2023
Koncentration i grundvatten för att uppnå gränsvärde	C _{vatten-GV}	$C_{vatten-GV} = \frac{C_{GV}}{f_{H2O} \times (1 - f_v)}$	0,0819	mg/l	
% av ansatt koncentration			2048%		
Koncentration i grundvatten för att uppnå oacceptabel risk	C _{vatten-acc}	$C_{vatten-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{(1 - f_v) \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or} + \frac{f_v \times Q \times t_{bev} \times R_{iv-bev}}{V_{sh} \times m}}$	0,662	mg/l	
% av ansatt koncentration			16541%		

DDT via bevattning (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Upptag via frukt och grönt					
Koncentration i bevattningsvatten (efter ångförlust)	C_{bev}	$C_{bev} = (1 - f_v) \times C_{qv-bev}$	0,002569299	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andel av intaget frukt och grönsaker som bevattnats med grundvatten från förorenat område	f_h		0,1		Naturvårdsverket (2016b)
Andel vatten i frukt och grönt	f_{H2O}		0,95	l/kg	Popkin <i>et al.</i> (2010)
Dagligt intag av bevattnad frukt och grönt	R_{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,016666667	kg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016b), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag av frukt och grönt, totalt	GI		0,25	kg	Naturvårdsverket (2016b), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Andel av totalkonsumtion	f		1		
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t_{ig}		365	dagar/år	
Relativ biotillgänglighet	F_{bio-or}		1		
Dagligt intag	$DI_{int-veg}$	$DI_{int-veg} = C_{bev} \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	4,06806E-06	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Koncentration i frukt och grönt		$C_{bev} \times f_{H2O}$	0,002440834	mg/kg VS	
Upptag via inandning					
Andel som förångas	f_v	$f_v = 1 - e^{-\left(\frac{K_l \times t}{600 \times d}\right)}$	0,357675278		Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid som vattendroppe befinner sig i luften	t		10	s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattendroppens diameter	d		0,2	mm	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Massöverföringsmotstånd vätska-luft	K_l	$K_l = \left(\frac{1}{k_l} + \frac{8,2 \times 10^{-5} \times 293}{H \times k_g}\right)^{-1}$	5,31193566	cm/h	MFE (2011)
Masstransportskoefficient, vätskefas	k_l	$k_l = 20 \times \sqrt{\frac{44}{MW}}$	7,212292093	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient, gasfas	k_g	$k_g = 3000 \times \sqrt{\frac{18}{MW}}$	691,9496284	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Henry's konstant	H		0,0007		Naturvårdsverket (2016b)
Molekylvikt	MW		338,3	g/mol	
Masstransportskoefficient för koldioxid, vätskefas	k_{lCO2}		20	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient för vatten, gasfas	k_{gH2O}		3000	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Mängd som förångas	M	$M = f_v \times C_{qv-bev} \times Q \times t_{bev}$	5,150523997	mg	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Bevattningsflöde	Q		30	l/min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid för bevattning	t_{bev}		120	min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattenkoncentration	C_{qv-bev}		0,004	mg/l	
Ångvolym	V_{sh}	$V_{sh} = W \times h \times u \times 1000 \times t_{bev} \times 60$	864000000	l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Sprinklerområdets bredd	W		4	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Höjd till andningszon	h		1,5	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vindhastighet	u		2	m/s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)

DDT via bevattning (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Koncentration inandningsluft	$C_{inandning}$	$C_{inhal} = \frac{M}{V_{sh}}$	5,96125E-08	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Inandningshastighet av förorenad vattenånga	$R_{iv,bev}$	$R_{iv-bev} = R_{inhal} \times \frac{d_{bev} \times t_{bev}}{365 \times 60 \times 24}$	52,05479452	l/d	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andningsfrekvens	R_{inhal}		7600	l/d	Naturvårdsverket (2016b)
Antal dagar per år då bevattning sker	d_{bev}		30	d	Pettersson <i>et al.</i> (2015)
Kroppsvikt	m		15	kg	Naturvårdsverket (2016b), Florberger et al. (2023)
Dagligt intag	DI_{inhal}	$DI_{inhal} = \frac{C_{inhal} \times R_{iv-bev}}{m}$	2,06875E-07	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Totalt intag samt riskkvot					
Totalt dagligt intag	DI_{bev}	$DI_{bev} = DI_{int-veg} + DI_{inhal}$	4,27493E-06		
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,0005	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016b)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,008549862		
EFSA gränsvärde i mat	C_{veg-GV}		0,05	mg/kg VS	Europeiska kommissionen 2023
Koncentration i grundvatten för att uppnå gränsvärde	$C_{vatten-GV}$	$C_{vatten-GV} = \frac{C_{GV}}{f_{H2O} \times (1 - f_v)}$	0,0819	mg/l	
% av ansatt koncentration			2048%		
Koncentration i grundvatten för att uppnå oacceptabel risk	$C_{vatten-acc}$	$C_{vatten-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{(1 - f_v) \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or} + \frac{f_v \times Q \times t_{bev} \times R_{iv-bev}}{V_{sh} \times m}}$	0,234	mg/l	
% av ansatt koncentration			5848%		

BAM via bevattning (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Upptag via frukt och grönt					
Koncentration i bevattningsvatten (efter ångförlust)	C_{bev}	$C_{bev} = (1 - f_v) \times C_{gv-bev}$	6,99997E-05	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andel av intaget frukt och grönsaker som bevattnats med grundvatten från förorenat område	f_h		0,1		Naturvårdsverket (2016a)
Andel vatten i frukt och grönt	f_{H2O}		0,95	l/kg	Popkin <i>et al.</i> (2010)
Dagligt intag av bevattnad frukt och grönt	R_{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,005714286	kg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag av frukt och grönt, totalt	GI		0,4	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Andel av totalkonsumtion	f		1		
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t_{ig}		365	dagar/år	
Relativ biotillgänglighet	F_{bio-or}		1		
Dagligt intag	$DI_{int-veg}$	$DI_{int-veg} = C_{bev} \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	3,79999E-08	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Koncentration i frukt och grönt		$C_{bev} \times f_{H2O}$	6,64997E-05	mg/kg VS	
Upptag via inandning					
Andel som förångas	f_v	$f_v = 1 - e^{-\left(\frac{K_l \times t}{600 \times d}\right)}$	3,90708E-06		Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid som vattendroppe befinner sig i luften	t		10	s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattendroppens diameter	d		0,2	mm	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Massöverföringsmotstånd vätska-luft	K_l	$K_l = \left(\frac{1}{k_l} + \frac{8,2 \times 10^{-5} \times 293}{H \times k_g} \right)^{-1}$	4,6885E-05	cm/h	MFE (2011)
Masstransportskoefficient, vätskefas	k_l	$k_l = 20 \times \sqrt{\frac{44}{MW}}$	9,624023549	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient, gasfas	k_g	$k_g = 3000 \times \sqrt{\frac{18}{MW}}$	923,3319217	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Henry's konstant	H		1,22E-09		PubChem (2023c)
Molekylvikt	MW		190,02	g/mol	PubChem (2023c)
Masstransportskoefficient för koldioxid, vätskefas	k_{lCO2}		20	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient för vatten, gasfas	k_{gH2O}		3000	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Mängd som förångas	M	$M = f_v \times C_{gv-bev} \times Q \times t_{bev}$	9,84583E-07	mg	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Bevattningsflöde	Q		30	l/min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid för bevattning	t_{bev}		120	min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattenkoncentration	C_{gv-bev}		0,00007	mg/l	
Ångvolym	V_{sh}	$V_{sh} = W \times h \times u \times 1000 \times t_{bev} \times 60$	86400000	l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Sprinklerområdets bredd	W		4	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Höjd till andningszon	h		1,5	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vindhastighet	u		2	m/s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)

BAM via bevattning (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Koncentration inandningsluft	$C_{inandning}$	$C_{inhal} = \frac{M}{V_{sh}}$	1,13956E-14	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Inandningshastighet av förorenad vattenånga	$R_{iv,bev}$	$R_{iv-bev} = R_{inhal} \times \frac{d_{bev} \times t_{bev}}{365 \times 60 \times 24}$	136,9863014	l/d	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andningsfrekvens	R_{inhal}		20000	l/d	Naturvårdsverket (2016a)
Antal dagar per år då bevattning sker	d_{bev}		30	d	Pettersson <i>et al.</i> (2015)
Kroppsvikt	m		70	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag	DI_{inhal}	$DI_{inhal} = \frac{C_{inhal} \times R_{iv-bev}}{m}$	2,23007E-14	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Totalt intag samt riskkvot					
Totalt dagligt intag	DI_{bev}	$DI_{bev} = DI_{int-veg} + DI_{inhal}$	3,79999E-08		
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,010	mg/(kg kroppsvikt × dag)	JMPR 2014
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	3,79999E-06		
EFSA gränsvärde i mat	C_{veg-GV}		0,01	mg/kg VS	Europeiska kommissionen (2021)
Koncentration i grundvatten för att uppnå gränsvärde	$C_{vatten-GV}$	$C_{vatten-GV} = \frac{C_{GV}}{f_{H2O} \times (1 - f_v)}$	0,0105	mg/l	
% av ansatt koncentration			15038%		
Koncentration i grundvatten för att uppnå oacceptabel risk	$C_{vatten-acc}$	$C_{vatten-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{(1 - f_v) \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or} + \frac{f_v \times Q \times t_{bev} \times R_{iv-bev}}{V_{sh} \times m}}$	9,21	mg/l	
% av ansatt koncentration			13157938%		

BAM via bevattning (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Upptag via frukt och grönt					
Koncentration i bevattningsvatten (efter ångförlust)	C_{bev}	$C_{bev} = (1 - f_v) \times C_{gv-bev}$	6,99997E-05	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andel av intaget frukt och grönsaker som bevattnats med grundvatten från förorenat område	f_h		0,1		Naturvårdsverket (2016a)
Andel vatten i frukt och grönt	f_{H2O}		0,95	l/kg	Popkin <i>et al.</i> (2010)
Dagligt intag av bevattnad frukt och grönt	R_{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,016666667	kg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag av frukt och grönt, totalt	GI		0,25	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Andel av totalkonsumtion	f		1		
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t_{ig}		365	dagar/år	
Relativ biotillgänglighet	F_{bio-or}		1		
Dagligt intag	$DI_{int-veg}$	$DI_{int-veg} = C_{bev} \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	1,10833E-07	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Koncentration i frukt och grönt		$C_{bev} \times f_{H2O}$	6,64997E-05	mg/kg VS	
Upptag via inandning					
Andel som förångas	f_v	$f_v = 1 - e^{-\left(\frac{K_l \times t}{600 \times d}\right)}$	3,90708E-06		Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid som vattendroppe befinner sig i luften	t		10	s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattendroppens diameter	d		0,2	mm	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Massöverföringsmotstånd vätska-luft	K_l	$K_l = \left(\frac{1}{k_l} + \frac{8,2 \times 10^{-5} \times 293}{H \times k_g} \right)^{-1}$	4,6885E-05	cm/h	MFE (2011)
Masstransportskoefficient, vätskefas	k_l	$k_l = 20 \times \sqrt{\frac{44}{MW}}$	9,624023549	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient, gasfas	k_g	$k_g = 3000 \times \sqrt{\frac{18}{MW}}$	923,3319217	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Henry's konstant	H		1,22E-09		PubChem (2023c)
Molekylvikt	MW		190,02	g/mol	PubChem (2023c)
Masstransportskoefficient för koldioxid, vätskefas	k_{lCO2}		20	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient för vatten, gasfas	k_{gH2O}		3000	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Mängd som förångas	M	$M = f_v \times C_{gv-bev} \times Q \times t_{bev}$	9,84583E-07	mg	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Bevattningsflöde	Q		30	l/min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid för bevattning	t_{bev}		120	min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattenkoncentration	C_{gv-bev}		0,00007	mg/l	
Ångvolym	V_{sh}	$V_{sh} = W \times h \times u \times 1000 \times t_{bev} \times 60$	86400000	l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Sprinklerområdets bredd	W		4	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Höjd till andningszon	h		1,5	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vindhastighet	u		2	m/s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)

BAM via bevattning (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Koncentration inandningsluft	$C_{inandning}$	$C_{inhal} = \frac{M}{V_{sh}}$	1,13956E-14	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Inandningshastighet av förorenad vattenånga	$R_{iv,bev}$	$R_{iv-bev} = R_{inhal} \times \frac{d_{bev} \times t_{bev}}{365 \times 60 \times 24}$	52,05479452	l/d	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andningsfrekvens	R_{inhal}		7600	l/d	Naturvårdsverket (2016a)
Antal dagar per år då bevattning sker	d_{bev}		30	d	Pettersson <i>et al.</i> (2015)
Kroppsvikt	m		15	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag	DI_{inhal}	$DI_{inhal} = \frac{C_{inhal} \times R_{iv-bev}}{m}$	3,95465E-14	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Totalt intag samt riskkvot					
Totalt dagligt intag	DI_{bev}	$DI_{bev} = DI_{int-veg} + DI_{inhal}$	1,10833E-07		
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,010	mg/(kg kroppsvikt × dag)	JMPR 2014
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	1,10833E-05		
EFSA gränsvärde i mat	C_{veg-GV}		0,01	mg/kg VS	Europeiska kommissionen (2021)
Koncentration i grundvatten för att uppnå gränsvärde	$C_{vatten-GV}$	$C_{vatten-GV} = \frac{C_{GV}}{f_{H2O} \times (1 - f_v)}$	0,0105	mg/l	
% av ansatt koncentration			15038%		
Koncentration i grundvatten för att uppnå oacceptabel risk	$C_{vatten-acc}$	$C_{vatten-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{(1 - f_v) \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or} + \frac{f_v \times Q \times t_{bev} \times R_{iv-bev}}{V_{sh} \times m}}$	3,16	mg/l	
% av ansatt koncentration			4511294%		

Simazin via bevattning (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Upptag via frukt och grönt					
Koncentration i bevattningsvatten (efter ångförlust)	C_{bev}	$C_{bev} = (1 - f_v) \times C_{gv-bev}$	5,99998E-05	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andel av intaget frukt och grönsaker som bevattnats med grundvatten från förorenat område	f_h		0,1		Naturvårdsverket (2016a)
Andel vatten i frukt och grönt	f_{H2O}		0,95	l/kg	Popkin <i>et al.</i> (2010)
Dagligt intag av bevattnad frukt och grönt	R_{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,005714286	kg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag av frukt och grönt, totalt	GI		0,4	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Andel av totalkonsumtion	f		1		
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t_{ig}		365	dagar/år	
Relativ biotillgänglighet	F_{bio-or}		1		
Dagligt intag	$DI_{int-veg}$	$DI_{int-veg} = C_{bev} \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	3,25713E-08	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Koncentration i frukt och grönt		$C_{bev} \times f_{H2O}$	5,69998E-05	mg/kg VS	
Upptag via inandning					
Andel som förångas	f_v	$f_v = 1 - e^{-\left(\frac{K_l \times t}{600 \times d}\right)}$	2,9222E-06		Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid som vattendroppe befinner sig i luften	t		10	s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattendroppens diameter	d		0,2	mm	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Massöverföringsmotstånd vätska-luft	K_l	$K_l = \left(\frac{1}{k_l} + \frac{8,2 \times 10^{-5} \times 293}{H \times k_g}\right)^{-1}$	3,50665E-05	cm/h	MFE (2011)
Masstransportskoefficient, vätskefas	k_l	$k_l = 20 \times \sqrt{\frac{44}{MW}}$	9,342141747	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient, gasfas	k_g	$k_g = 3000 \times \sqrt{\frac{18}{MW}}$	896,2880907	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Henry's konstant	H		9,4E-10		PubChem (2023b)
Molekylvikt	MW		201,66	g/mol	PubChem (2023b)
Masstransportskoefficient för koldioxid, vätskefas	k_{lCO2}		20	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient för vatten, gasfas	k_{gH2O}		3000	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Mängd som förångas	M	$M = f_v \times C_{gv-bev} \times Q \times t_{bev}$	6,31196E-07	mg	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Bevattningsflöde	Q		30	l/min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid för bevattning	t_{bev}		120	min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattenkoncentration	C_{gv-bev}		0,00006	mg/l	
Ångvolym	V_{sh}	$V_{sh} = W \times h \times u \times 1000 \times t_{bev} \times 60$	86400000	l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Sprinklerområdets bredd	W		4	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Höjd till andningszon	h		1,5	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vindhastighet	u		2	m/s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)

Simazin via bevattning (vuxna)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Koncentration inandningsluft	C _{inandning}	$C_{inhal} = \frac{M}{V_{sh}}$	7,30551E-15	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Inandningshastighet av förorenad vattenånga	R _{iv,bev}	$R_{iv-bev} = R_{inhal} \times \frac{d_{bev} \times t_{bev}}{365 \times 60 \times 24}$	136,9863014	l/d	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andningsfrekvens	R _{inhal}		20000	l/d	Naturvårdsverket (2016a)
Antal dagar per år då bevattning sker	d _{bev}		30	d	Pettersson <i>et al.</i> (2015)
Kroppsvikt	m		70	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag	DI _{inhal}	$DI_{inhal} = \frac{C_{inhal} \times R_{iv-bev}}{m}$	3,33585E-14	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Totalt intag samt riskkvot					
Totalt dagligt intag	DI _{bev}	$DI_{bev} = DI_{int-veg} + DI_{inhal}$	3,25714E-08		
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,00	mg/(kg kroppsvikt × dag)	WHO (2022)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	6,26372E-05		
EFSA gränsvärde i mat	C _{veg-GV}		0,01	mg/kg VS	Europeiska kommissionen 2011
Koncentration i grundvatten för att uppnå gränsvärde	C _{vatten-GV}	$C_{vatten-GV} = \frac{C_{GV}}{f_{H2O} \times (1 - f_v)}$	0,0105	mg/l	
% av ansatt koncentration			17544%		
Koncentration i grundvatten för att uppnå oacceptabel risk	C _{vatten-acc}	$C_{vatten-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{(1 - f_v) \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or} + \frac{f_v \times Q \times t_{bev} \times R_{iv-bev}}{V_{sh} \times m}}$	0,479	mg/l	
% av ansatt koncentration			798248%		

Simazin via bevattning (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Upptag via frukt och grönt					
Koncentration i bevattningsvatten (efter ångförlust)	C_{bev}	$C_{bev} = (1 - f_v) \times C_{gv-bev}$	5,99998E-05	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andel av intaget frukt och grönsaker som bevattnats med grundvatten från förorenat område	f_h		0,1		Naturvårdsverket (2016a)
Andel vatten i frukt och grönt	f_{H2O}		0,95	l/kg	Popkin <i>et al.</i> (2010)
Dagligt intag av bevattnad frukt och grönt	R_{ig}	$R_{ig} = \frac{GI \times f \times t_{ig}}{365 \times m}$	0,016666667	kg/(kg kroppsvikt × dag)	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag av frukt och grönt, totalt	GI		0,25	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Andel av totalkonsumtion	f		1		
Antal dygn/tillfällen som exponering sker	t_{ig}		365	dagar/år	
Relativ biotillgänglighet	F_{bio-or}		1		
Dagligt intag	$DI_{int-veg}$	$DI_{int-veg} = C_{bev} \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or}$	9,49997E-08	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Koncentration i frukt och grönt		$C_{bev} \times f_{H2O}$	5,69998E-05	mg/kg VS	
Upptag via inandning					
Andel som förångas	f_v	$f_v = 1 - e^{-\left(\frac{K_l \times t}{600 \times d}\right)}$	2,9222E-06		Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid som vattendroppe befinner sig i luften	t		10	s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattendroppens diameter	d		0,2	mm	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Massöverföringsmotstånd vätska-luft	K_l	$K_l = \left(\frac{1}{k_l} + \frac{8,2 \times 10^{-5} \times 293}{H \times k_g}\right)^{-1}$	3,50665E-05	cm/h	MFE (2011)
Masstransportskoefficient, vätskefas	k_l	$k_l = 20 \times \sqrt{\frac{44}{MW}}$	9,342141747	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient, gasfas	k_g	$k_g = 3000 \times \sqrt{\frac{18}{MW}}$	896,2880907	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Henry's konstant	H		9,4E-10		PubChem (2023b)
Molekylvikt	MW		201,66	g/mol	PubChem (2023b)
Masstransportskoefficient för koldioxid, vätskefas	k_{lCO2}		20	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Masstransportskoefficient för vatten, gasfas	k_{gH2O}		3000	cm/h	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Mängd som förångas	M	$M = f_v \times C_{gv-bev} \times Q \times t_{bev}$	6,31196E-07	mg	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Bevattningsflöde	Q		30	l/min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Tid för bevattning	t_{bev}		120	min	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vattenkoncentration	C_{gv-bev}		0,00006	mg/l	
Ångvolym	V_{sh}	$V_{sh} = W \times h \times u \times 1000 \times t_{bev} \times 60$	86400000	l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Sprinklerområdets bredd	W		4	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Höjd till andningszon	h		1,5	m	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Vindhastighet	u		2	m/s	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)

Simazin via bevattning (barn)

Parameter	Beteckning	Formel	Värde	Enhet	Referens
Koncentration inandningsluft	$C_{inandning}$	$C_{inhal} = \frac{M}{V_{sh}}$	7,30551E-15	mg/l	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Inandningshastighet av förorenad vattenånga	$R_{iv,bev}$	$R_{iv-bev} = R_{inhal} \times \frac{d_{bev} \times t_{bev}}{365 \times 60 \times 24}$	52,05479452	l/d	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Andningsfrekvens	R_{inhal}		7600	l/d	Naturvårdsverket (2016a)
Antal dagar per år då bevattning sker	d_{bev}		30	d	Pettersson <i>et al.</i> (2015)
Kroppsvikt	m		15	kg	Naturvårdsverket (2016a), Florberger <i>et al.</i> (2023)
Dagligt intag	DI_{inhal}	$DI_{inhal} = \frac{C_{inhal} \times R_{iv-bev}}{m}$	1,26762E-14	mg/(kg kroppsvikt × dag)	Pettersson <i>et al.</i> (2015), MFE (2011)
Totalt intag samt riskkvot					
Totalt dagligt intag	DI_{bev}	$DI_{bev} = DI_{int-veg} + DI_{inhal}$	9,49997E-08		
Tolererbart dagligt intag	TDI		0,00	mg/(kg kroppsvikt × dag)	WHO (2022)
Riskkvot	RQ	$RQ = \frac{DI}{TDI}$	0,000182692		
EFSA gränsvärde i mat					
Koncentration i grundvatten för att uppnå gränsvärde	C_{veg-GV}		0,01	mg/kg VS	Europeiska kommissionen 2011
% av ansatt koncentration	$C_{vatten-GV}$	$C_{vatten-GV} = \frac{C_{GV}}{f_{H2O} \times (1 - f_v)}$	0,0105	mg/l	
			17544%		
Koncentration i grundvatten för att uppnå oacceptabel risk					
Koncentration i grundvatten för att uppnå oacceptabel risk	$C_{vatten-acc}$	$C_{vatten-acc} = \frac{0,5 \times TDI}{(1 - f_v) \times f_{H2O} \times R_{ig} \times f_h \times F_{bio-or} + \frac{f_v \times Q \times t_{bev} \times R_{iv-bev}}{V_{sh} \times m}}$	0,164	mg/l	
% av ansatt koncentration			273685%		