



Svenska Geotekniska Föreningen
Swedish Geotechnical Society



Carbon footprint från efterbehandling av förorenade områden

Användarhandledning

Innehållsförteckning

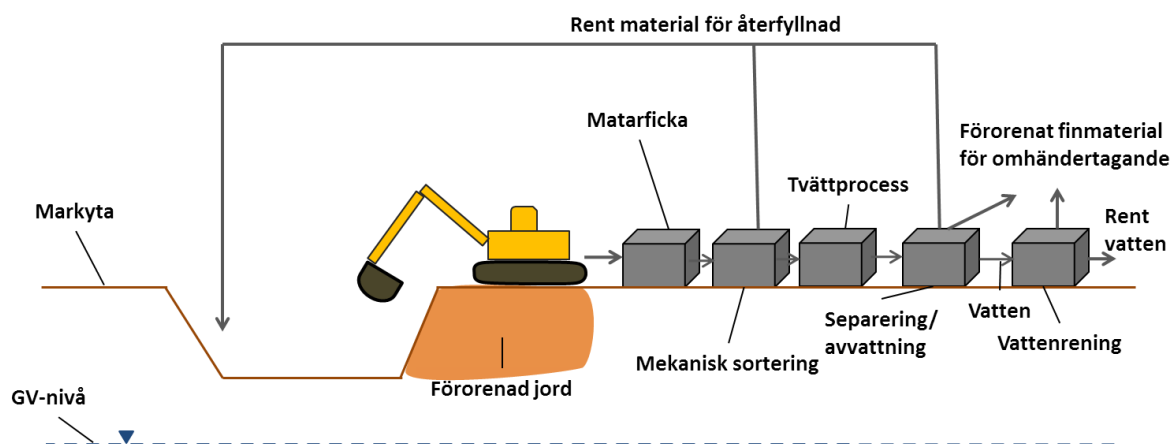
<i>Innehållsförteckning</i>	2
<i>1. Bakgrund och syfte</i>	3
<i>2. Arbetsprocessen med åtgärd av ett förorenat område</i>	6
<i>3. Allmänna riktlinjer för användning av verktyget</i>	7
<i>4. Användning av verktyget</i>	8
Inledning	8
Metoder	9
Skapa behandling	10
Start	11
Projektering	12
Genomförande	13
Projektinformation	13
Sammanfattning	13
<i>5. Metodförutsättningar</i>	14
Generella förutsättningar	14
Metodspecifika förutsättningar	16
<i>In situ</i> -metoder	16
<i>Ex situ</i> -metoder	19
Avgränsningar för åtgärdsmetoder och mängdberäkningar	19
<i>6. Beräkning av klimatpåverkan</i>	20
<i>7. Beskrivning av data</i>	21
Material	21
Emissionsfaktorer	21
Avgränsningar och antaganden	21
Arbetsmaskiner	22
Bränsleförbrukning	22
Emissionsfaktorer	22
Transporter	22
Distanser	22
Bränsleförbrukning	23
Emissionsfaktorer	23
Användning av egna emissionsfaktorer	23
<i>8. Beräkningar</i>	24
<i>9. Referenser</i>	25

1. Bakgrund och syfte

Mänskliga aktiviteter och naturliga processer leder till utsläpp av växthusgaser (VHG) som påverkar jordens klimat och därmed livsbetingelser för människor, djur och växter. Idag deklarerar många företag sina utsläpp och väljer produktions- och transportmetoder för att minska utsläppen av växthusgaser.

Utsläpp av växthusgaser som koldioxid och metan kan vara betydande vid genomförandet av efterbehandling av förorenade områden. Åtgärderna kan vara av olika art, till exempel schakt och deponering eller övervakad naturlig nedbrytning. Utsläpp av växthusgaser varierar bl.a. med val av teknik, volym förorenad jord, behov av transporter och återfyllning. Utsläppen kan fortgå under olika tidsperioder, till exempel relativt små utsläpp under flera år vid naturlig nedbrytning av organiska ämnen eller mer eller mindre momentant, som vid förbränning.

I riskvärderingen av olika alternativ ingår normalt jämförelser av t.ex. måluppfyllelse av miljö- och hälsorisker, naturresurser och övriga intressen som t.ex. resurs- och energianvändning och klimatpåverkan. Även tekniska och ekonomiska aspekter värderas.



Figur 1. Exempel på olika steg i vid jordtvätt ex situ.

Detta SGF-projekt – Uppdateringen av Carbon footprint 2024 – har genomförts i syfte att uppdatera SGF:s befintliga verktyg för beräkning av utsläpp av koldioxidekvivalenter (CO₂e) vid efterbehandling av förorenad mark. Det bygger på den tidigare versionen av verktyget som byggdes 2013 och som nu har kompletterats med fler metoder, nya utsläppsfaktorer och ett mer användarvänligt gränssnitt. Verktyget beräknar emissioner från olika processteg (moment) som vanligen ingår vid en efterbehandling. Verktyget är främst avsett för att beräkna hur klimatpåverkan varierar mellan olika åtgärdsmetoder. Utsläpp av växthusgaser kan vara en väsentlig del av klimatpåverkan och kan med detta verktyg hanteras systematiskt och kvantitativt. Tanken är att det även ska kunna vara ett komplement till andra befintliga verktyg som beräknar växthusgaser från infrastrukturprojekt.

Verktyget omfattar enbart metoder som används i jord och omfattar ej behandling av förorenade sediment eller vattenreningsmetoder (utom de som ingår vid sanering av jord).

Projektgruppen för den nya versionen som lanserade 2024 har bestått av

Projektledare: Filip Karlsson, Sweco

Klimatberäkningar och LCA kalkyler: Nelli Melolinna, IVL

Webbutveckling: Micael Makenzius, Sweco

Mängdberäkningar åtgärdsmetoder: Helena Nord, Sheeba Environmental Engineering AB

Projektledning webbutveckling: Kristoffer Sjöholm, Sweco

Projektledare Klimat- och LCA kalkyler: Daniel Edlund, IVL

Klimat och LCA kalkyler: Xingqiang Song, SGI

LCA-expert: Tomas Rydberg – IVL Svenska Miljöinstitutet

Biträdande projektledare och samordnare SGF: Peter Harms-Ringdahl, EnviFix

Referensgrupp:

Anneli Liljemark, Liljemark Consulting

Klas Arnerdal, Sveriges Geologiska Undersökning

Karin Skattegård, Wescon

Ida Torp, Liljemark Consulting

Tidigare medverkande projektdeltagare och referensgrupp

Erik Björn, Sweco

Niklas Carlborg, Sweco

Sebastian Röstberg, IVL

Sofiia Miliutenko, Trafikverket

Nadia Alayish, IVL

Ramona Kiilsgaard, Statens Geotekniska Institut

Diego Peñaloza – PEAB

Ylva Rehnberg, Sweco

Janna Svensson, Sweco

Patrik Carlsson, Sweco

Olle Christiansen – Sweco

Arbetet utfördes under 2022–2024 och har finansierats av Naturvårdsverket, SGF, Stiftelsen IVL, Jernhusen, Sweco och SGF samt i form av tid från referensgruppen.

Tidigare versioner

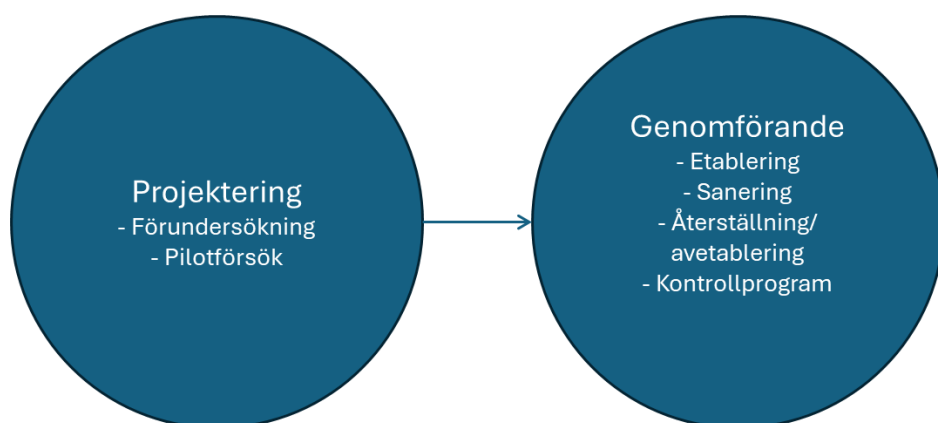
Den första versionen av verktyget (Excel) togs 2009 fram av en arbetsgrupp bestående av personer från WSP, NCC, Sakab och MB-Envirotek. Projektledare har varit BjörnOlof Gustafsson, WSP Environmental, och övriga deltagare i projektgruppen har varit John Sternbeck, Sofia Frankki, Linda Johnsson och Ola Larsson WSP Environmental, Susanne Svegerud NCC, Klas Arnerdal MB Envirotek (numera SGU), Thomas von Kronhelm, Sakab och Mia Jameson, Sakab (numera Wickberg Miljökonsult). Arbetet utfördes huvudsakligen under 2009 och 2010 finansierades av SBUF, Naturvårdsverket, SGF, WSP, NCC, SAKAB, MB Envirotek (idag Sortera) och NCC.

Under 2011 och 2012 vidareutvecklades verktyget med kvalitetssäkring av data, breddning av användningsområdet och överföring till en webblösning (www.sgffmark.se). Utvecklingsarbetet har utförts av Jan-Erik Lindström, Miljö & Teknik AB, Helena Furst (Helena Furst miljökonsult AB), Jonas Bermin, WSP Environmental samt IT-konsulten Meimi. En större referensgrupp har varit knuten till projektet och arbetet har finansierats av Bjerking, Dynapac, Ekotec, Faveo, Geosigma, Golder, Helena Furst miljökonsult, Hifab, JM AB, JM Entreprenad, Kemakta, MCN, Miljö & Teknik, Naturvårdsverket, NCC Construction Sverige AB, Niras, RGS 90, Sandström Miljö & Säkerhetskonsult, Sakab, SBUF, SGF, SGU, Sita, Structor Miljöbyrå Stockholm, Svevia, Sweco, Tyréns, Vectura, Volvo CE, WSP Environmental.

2. Arbetsprocessen med åtgärd av ett förorenat område

Verktyget baseras på de processer som oftast ingår vid åtgärd av ett förorenat område:

1. Projektering
 - Förundersökning
 - Pilotförsök
2. Genomförande
 - Etablering
 - Sanering
 - Återställning och avetablering
 - Kontrollprogram/uppföljning



Varje process representeras i verktyget under olika flikar. Under varje flik finns material, transporter och maskintid som ofta bedöms ingå i de olika stegen för respektive metod. Mängderna som används är schablonmässigt angivna (se kapitel om "Metoder"), och kommer att variera från projekt till projekt beroende på lokala förutsättningar. För att få så realistiska data som möjligt behöver därför de mängder som anges i verktyget justeras efter platsspecifika förhållanden. Utan justeringar kan verktyget enbart användas för väldigt grova jämförelser av metoderna. Utsläppen av CO₂e för respektive mängdenhet bygger också på antaganden om emissionsfaktorer, och har användaren mer korrekta data går även dessa att justera i modellen. För info om hur detta görs se kapitel om "Användning av verktyget" nedan.

3. Allmänna riktlinjer för användning av verktyget

Verktyget är i första hand tänkt att användas för jämförelse av utsläpp av koldioxidekvivalenter mellan olika åtgärdsmetoder av förorenad mark. Verktyget kan även användas som ett stöd för att projektera mängd av material, utrustning och arbetsinsatser.

De mängder som är förifyllda i verktyget är framtagna i samarbete med entreprenör och tillverkare av olika material och maskiner som används vid efterbehandling av förorenade områden. Dock kan mängderna skilja sig mycket åt från fall till fall, och många metoder används till en specifik förorening vid en specifik förutsättning och kan då inte direkt jämföras med andra metoder som används i andra sammanhang. Användaren förutsätts därför ha god kunskap om de olika metoderna och när de är lämpliga att användas. För den som vill fördjupa sina kunskaper om åtgärdsmetoder rekommenderas informationen på Åtgärdsportalen (www.atgardsportalen.se).

4. Användning av verktyget

Inledning

Verktyget består av två huvudspår för att utvärdera CO₂e för olika åtgärdsmetoder. Det börjar på startsidan där användaren har tre val (Se Figur 2 nedan).

- "Metoder" ger en snabb överblick över vad olika metoder kan ge för utsläpp i ett standardscenario med 2 000 ton förorenad jord och 100 km etableringsavstånd. Mer info om hur det ser ut finns i kapitel nedan.
- "Skapa en behandling" leder till en sida där användaren själv kan ändra förutsättningarna för ett projekt, både de generella förutsättningarna men även mängderna som används under respektive process.
- "Fortsätt på tidigare arbete" ger användaren möjlighet att ladda upp sparade beräkningar och arbeta vidare med dessa.

 Carbon footprint
från efterbehandling och andra markarbeten

[Start](#) [Metoder](#) [Mina behandlingar](#) [Information](#)

Introduktion

Syftet med verktyget är att beräkna utsläppet av koldioxidkvaliteter i samband med efterbehandling av förorenad mark. Om mängder ej justeras ger verktyget schabloniserade utsläppsdata som främst är avsedda för att i ett preliminärt skede göra en grov jämförelse mellan olika metoder och de bör därför inte ligga till underlag för beslut. Om mängderna däremot justeras till platsspecifika förutsättningar kan verktyget även användas för detaljerade beräkningar och beslutsunderlag. Innan verktyget används bör användaren läsa igenom tillhörande användarmanual. Kontakta info@atgardsportalen för att lämna synpunkter.

Användaren av verktyget ansvarar för resultaten av beräkningarna.

© Visa information ▼

Välj tjänst

Metoder



Här kan du snabbt få en jämförelse av utsläpp baserat på standardscenario av alla metoder som finns i verktyget.

Skapa en behandling



Här kan du själv justera förutsättningarna och lägga till platsspecifika data för en eller flera metoder, som sedan kan jämföras.

Fortsätt på tidigare arbete



Har du sparat ner beräkningar på din dator kan du ladda upp dem igen här, och fortsätta arbetet.

Det finns även en meny uppe till höger som återfinns på alla sidor, där det går att navigera till startsidan, metoder, de projekt man lagt in och generell information om webbplatsen. Nedan beskrivs de olika sidorna och vad som ingår i metoderna.

Metoder

Under sidan "Metoder" redovisas en grov schablonbaserad beräkning över utsläppen av koldioxidekvivalenter från alla metoder som finns med i verktyget. Sidan är enbart till för att ge användaren en känsla för storleksordningen av CO₂e från metoderna, men dessa kan variera kraftigt beroende på verkliga förutsättningar och behöver inte alls stämma överens med hur det ser ut i specifika fall (se nedan för generella antaganden). Till exempel kan en fysisk inneslutning förbruka betydligt mindre mängder än vad som anges i schablonberäkningen beroende på jordart och spridningsförutsättningar, eller en schaktsanering kräva omfattande länsvattenhantering och vattenrening, som inte finns med i de standardscenario som anges nedan. För att realistiskt kunna jämföra metoder krävs egna beräkningar vilket görs under "Skapa en beräkning" samt att mängderna justeras efter platsspecifika förutsättningar. Verktöget har skapats med avsikten att så långt som praktiskt möjligt för användaren följa AMA, eftersom det ger standardiserade förutsättningar och underlättar för den som vill skriva ett förfrågningsunderlag.

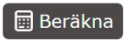
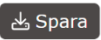
Verktöget innehåller 6 varianter av åtgärdsmetoder som används *ex situ* (dvs där schaktning krävs) och 23 varianter av åtgärdsmetoder som används *in situ* (det vill säga där schaktning inte krävs). Ex situ metoderna kan genomföras både on site (på plats vid det förorenade området) eller genom att transportera jorden till mottagningsanläggning.

Många av metoderna behandlar olika typer av föroreningar, det är därför lämpligt att enbart jämföra metoder som behandlar den typ av föroreningar som är aktuell.

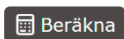
Skapa behandling

Denna sida används för att göra egna beräkningar för en enskild åtgärdsmetod.

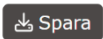
Projekt: 1
CO2ekv:
Metod:
Volym: 2 000 m³

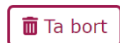
Här är ditt första beräkningsprojekt. I det här skedet är det ingen info, men när alla uppgifter är ifyllda i följande steg kan du komma tillbaka till den här sidan och se info om projektet du lagt till och lägga till fler projekt.



- Gör att du kommer vidare i verktyget och kan specificera metod och andra förutsättningar.



- Sparar ner ett färdigifyllt projekt på en fil i din dator som du senare kan arbeta vidare med.



- Tar bort all information du lagt in i det aktuella projektet. Om du ej sparat filen behöver du lägga in all info igen för att få tillbaka samma resultat.

Visa diagram

- Under "Visa diagram" till höger går det att få en visualiserad jämförelse av utsläppen från de metoder som har beräknats.

Skapa ny behandling +

- För att det att lägga till flera metoder för att jämföra dem med varandra eller för att se totala växthusutsläpp för ett projekt där flera metoder kombineras. Lägg till så många metoder som är aktuellt, och klicka sedan på "Beräkna" för respektive metod.

Öppna behandling ↗

- Här kan du ladda upp tidigare nedladdade projekt. Notera att det inte är Excelfilerna som laddas upp utan en fil med projektnamnet, SGF-carbon_footprint_dagens datum, och utan filtyp.

Start

Processtegen

- Start
- Projektering
- Genomförande
- Projektinformation
- Sammanfattning

På denna sida ställs grunderna in för mängdberäkningarna för metoderna. Följande alternativ finns.

Projektnamn anges för export av data och redovisning eller att separera flera olika metodberäkningar.

Välj kategori anges för om metoden sker *in situ* (på plats i marken) eller *ex situ* (schaktning krävs). Detta påverkar urvalet av metoder i nästa ruta.

Välj typ av metod avser vilken metod beräkningarna ska göras på. Det går enbart att välja en metod per beräkning, men det går att upprepa beräkningarna för olika delmängder jord, eller att lägga till utrustning och mängder i beräkningarna på följande sidor.

Etableringsavstånd avser det generella avståndet för resor enkelväg för huvuddelen bedömda transporter för de som arbetar i projektet och etableringen av vanligare maskiner, tex borrhandsvagn och grävmaskin. Verktöget räknar automatiskt med returresa. Anledningen till att det efterfrågas är för att användaren ska slippa fylla i alla rader själv, alternativt att en felaktig schablon används.

Då det i praktiken ofta skiljer sig åt beroende på vad som ska transporteras går det lätt att justera antalet km för olika transporter på följande sidor. En del av transporterna i beräkningsverktöget använder inte etableringsavstånd, till exempel för transport av material från leverantörer utomlands. Där utgår verktöget från var tillverkare vanligtvis finns och ett avstånd till mellersta Sverige, även det går att justera på följande sidor.

Volym avser mängden förorenad jord som ska *behandlas*. Verktöget utgår från att jorden väger cirka 1,7 ton. Mängderna i verktöget baseras på jordens vikt, och avviker jordvikten i ett projekt kan volymen jord som anges här av användaren justeras med den faktor som vikten skiljer sig åt. Är den aktuella vikten till exempel 2 ton per kubikmeter kan volymen för 1 kubikmeter i stället anges som 1,18 kubik.

Det minsta användaren behöver ange för att komma vidare i beräkningen är vilken metod som ska användas.

Klicka på

Nästa >

uppe i högra hörnet för att komma vidare.

Det går även att backa tillbaka hit och justera förutsättningarna i efterhand genom att klicka på "Föregående" i följande steg eller genom att klicka på processtegen som visas till vänster på sidan..

Projektering

Här beräknas CO₂e-utsläpp från den utrustning och arbetsmoment som behövs för att projektera en åtgärd och göra pilottester inför att en fullskalig åtgärd genomförs.

Klicka på rubriken "Förundersökning" eller "Pilotförsök" för att expandera och se och justera de mängder som ingår. Det går även att bocka ur den gröna cirkeln  längst till höger bredvid respektive process för att alla utsläpp från processen ska utgå.

Till vänster ses direkt ett diagram och en schabloniserad beräkning av de CO₂e som släpps ut för metoden. Dessa kommer påverkas av de inställningar som görs i efterföljande steg.

För en del metoder bedöms pilotförsök behövas och för andra inte. Mängderna för pilotprojekt är inte kopplade till mängden jord i projektet utan är ett "standardpilotprojekt" – justera mängderna vid behov.

 Lägg till egen resurs

används för att lägga till egen resurs och egna data.

 + Sök resurs

används för att lägga till vanliga resurser som det i verktyget redan finns färdiga emissionsfaktorer för.

 Utökad sökning

krassas i för att få med alla metodspecifika utrustningar som finns med i verktyget, och deras koppling mellan mängd jord och hur stor mängd som beräknas gå åt.

Genom att klicka på de tre prickarna  längst till höger i respektive rad går det att se detaljerna, redigera och ta bort raden.

Visa detaljer visar vad som ligger bakom mängdberäkning, källor och emissionsfaktor som leder till aktuell mängd CO₂e.

Redigera används för att justera bränsletyp eller emissionsfaktor. Mängden CO₂e bygger på antaganden om CO₂e per mängdenhet (emissionsfaktor) och eftersom det kan variera för olika utrustningar kan de behöva justeras om användaren har bättre data än de generella som finns i verktyget.

För transporter med lastbil/båt/flyg går det inte att ändra emissionsfaktor men det går att ändra hur stor mängd bränsle som går åt gånger utsläppet per transporterat ton angiven sträcka (avståndet avser enkelresa, men för lastbil inkluderas tom returresa) och även detta kan i rutan "Beräkningsfaktor (resurs)".

Genomförande

Här beräknas koldioxidekvivalenter för utsläpp från den utrustning och arbetsmoment som behövs för att genomföra en fullskalig saneringsåtgärd, inklusive etablering och avetablering. Mängderna, utrustning och moment är de som behövs vid standardscenario – justera mängder efter behov och projektspecifika förutsättningar.

Klicka på rubriken "Etablering" eller "Sanering", "Återställning och avetablering" samt "Kontrollprogram" för att expandera och se och justera de mängder som ingår. Det går även att bocka ur den gröna cirkeln  längst till höger bredvid respektive process för att alla utsläpp från processen ska utgå.

Etablering – Här ingår transporter av utrustning som bedöms behövas under saneringsarbetet.

Sanering – Här ingår utrustning, användning och persontransporter som bedöms behövas under genomförandet.

Återställning och avetablering – Här ingår utrustning, material, transporter och arbete som behövs för att återställa området efter avslutad åtgärd.

Kontrollprogram – Här är provtagning för efterföljande miljökontroll.

Se föregående projektsteg "Projektering" för info om hur resurser läggs till och redigeras.

Projektinformation

Här anges information om projektet/metoden för att kunna spara eller få med denna i rapporten som kan laddas ned. Om du inte på nästa sida sparar ner projektet eller laddar ner en Excelfil kommer ingen information du skriver in att finnas kvar efter att du har stängt verktyget. Ingen information sparas hos SGF, den är enbart tillgänglig för användaren.

Sammanfattning

Här redovisas en sammanfattning av de beräkningar som gjorts baserat på de förutsättningar som angetts i tidigare steg.

Spara

- Ladda ner filen för att kunna ladda upp den och arbeta vidare med den i senare skede.

Skapa excel

- Ladda ner en Excelfil i webbläsaren med grafik och detaljerade data inklusive källor.

Skapa ny

- Lägger till fler beräkningar, de du redan har gjort finns kvar.

Jämför behandlingar

- Här finns visualiseringar och data för alla beräkningar du skapat.

5. Metodförutsättningar

Mängdberäkningarna för respektive metod bygger på förutsättningar om i vilket scenario metoden används. Nedan anges de generella förutsättningarna som har antagits för behandlingen av förorenad jord, och i nästa kapitel redovisas förutsättningarna för respektive metod.

Generella förutsättningar

Det standardscenario som har antagits är:

- 2 000 kubikmeter förorenad jord som behöver åtgärdas.
- Antaganden för densitet:
 - Jord 1,7 ton/m³
 - Asfalt 2 ton/m³
- Föroreningsmängderna som *ska åtgärdas* är någon av följande
 - 500 kg petroleumprodukt
 - 1 kg klorerade lösningsmedel
 - 10 gram PFAS
- Halten TOC är 0,5 %.
- Föroreningarna är belägna 2–4 meter under markytan
- Injekteringsförsök (pilottest) sker med vatten
- Ytan som behandlas är 1 000 kvadratmeter
- Ytan är asfalterad
 - Återställning med asfalt 4 cm
 - Slitlager under asfalt 10 cm
- För ex situ-metoder antas att massorna på extern behandlingsanläggning
- Förundersökning
 - 2 dagar med borrhandsvagn
 - 1 st jordprov + 1 st grundvattenprov/punkt
 - 15 st prover à 100 kvm, 10 st inom det förorenade området och 5 st utanför i avgränsande syfte

Kontrollprogram innehåller 10 st provtagningstillfällen. Behandlingstiden för metoderna varierar beroende på metodtyp, för termisk behandling är utgångspunkten några månader medan det för övervakad naturlig nedbrytning är fem år. För mer info om förutsättningarna för respektive metod se kapitel "Metodförutsättningar".

Notera att metaller och persistenta organiska partikelbundna föroreningar inte är med i standardscenariot. Skälet är att de ofta inte behandlas in situ och att behandlingsförutsättningarna ofta skiljer sig mycket från scenariot ovan (t.ex. att föroreningarna är belägna ytligt). Det går dock att göra egna beräkningar och justera metoder som används för även dessa typer av föroreningar.

Metodspecifika förutsättningar alternativt avvikelser från standardscenariot anges nedan. Standardscenariot utgår från 2 000 kubikmeter jord som är förorenad och som ska behandlas. För flertalet parametrar är mängden linjärt kopplad till mängden jord medan

mängderna för andra avtar logaritmiskt, vilket är inlagt som en funktion i verktyget. Här anges även uppskattad saneringstid, som kan variera mellan olika verkliga förutsättningar men ger en uppskattning om tidsåtgång för saneringen. Användaren av verktyget uppmuntras dock att justera mängderna efter projektspecifika förutsättningar för att få en så korrekt klimatberäkning som möjligt.

Metodspecifika förutsättningar

Nedan beskrivs antaganden om förutsättningarna för mängdberäkningar av de enskilda metoderna. Samtliga metoder är anpassade för den typ av föroreningar de kan behandla, se www.atgardsportalen för detaljerad info.

In situ-metoder

Vintersäkring har medräknats för metoder som används året runt, och där ingår främst betongtäckmattor och plywoodskivor för att bygga in och frostsäkra utrustningen.

Air sparging, flerfasextraktion och porgasextraktion

- Behandlingstid: ca 2 år
- Alla installationer ovan mark
- Betongtäckmattor: 500 m²
- Plywoodskivor för vintersäkring av fördelningsrör: 60 kvm
- Kapacitet för vattenrening: 1 m³/h

Biologisk aerob nedbrytning – direktinjektering

- Behandlingstid: ca 2 år
- En injektering

Behandling i schaktslut med biologisk anaerob nedbrytning eller kemisk oxidation

- Komplementmetoder till deponering, därför är endast utläggning och produkt medräknade. Övriga poster upptas under deponering. Pilotförsök utförs inte för dessa metoder
- Saneringsdjup startar vid schaktslut
- Saneringens mäktighet är sannolikt mindre än de 2 meter som anges i standardscenariot
- Behandlingsdjup: 0 meter under markytan
- Behandlingstid: ca 1–2 månader (kemisk oxidation) alt 1,5–2 år (aerob biologisk nedbrytning)
- En utläggning av behandling

Biologisk anaerob nedbrytning – direktinjektering

- Behandlingstid biologisk anaerob nedbrytning: 3–5 år
- En injektering

Biologisk behandling - injektering bakterier

- Utförs som komplement till annan metod, endast produkt under denna metod
- En injektering

Biologisk behandling - injektering näring

- Utförs som komplement till annan metod, endast produkt under denna metod
- En injektering

Fytosanering

- Föroreningsdjup: 0–1 meter under markytan
- Gröda: Salix
- Skörd: vart 3:e–5:e år
- Planteringsavstånd: ca 0,5 m
- Behandlingstid: 1 cykel med plöjning och skörd
- Plöjning: vid plantering
- Grödans livslängd: ca 25 år

Grundvattenpumpning och behandling

- Drifttid: 2 år
- 4 st pumpbrunnar
- Kapacitet för vattenrening: 5000 m³/dygn

Inneslutning/barriärteknik

- Pilotförsök utförs inte för denna metod
- Området 40*50 m och inneslutningen är 1 m bred och 4 m djup. Fylls med bentonitcement. Toppas med slitlager och asfalt.

Kemisk oxidation – direktinjektering och TAM-rörsinjektering

- Behandlingstid: ca 6–8 v/behandlingsomgång (i verktyget finns 3 injekteringsomgångar medräknade)
- 3 injekteringsomgångar

Kemisk oxidation – soilmixing

- Behandlingstid: ca 2 v
- Inget pilotförsök i fält
- Ingen asfalt som skall rivas eller återställas
- Återinstallation av 10 st grundvattenrör inom saneringsområdet då de förstörs vid saneringen

Kemisk reduktion – direktinjektering

- Behandlingstid 3–6 månader
- En injektering

Adsorption – direktinjektering

- Behandlingstid: ca 3–6 månader
- En injektering

Adsorption - soil mixing

- Behandlingstid: ca 3–6 månader
- Inget pilotförsök i fält
- Ingen asfalt som skall rivas eller återställas
- Återinstallation av 10 st grundvattenrör inom saneringsområdet då de förstörs vid saneringen

Termisk behandling – ERH, TCH klorerat, TCH oljeprodukter, TCH PFAS

- Behandlingstid: Ca 6 månader
- Måltemperaturer:
 - Klorerat: 95–100 °C
 - Oljeprodukter: 220 °C
 - PFAS: 350 °C
- Återinstallation av 10 st grundvattenrör inom saneringsområdet då de förstörs vid saneringen

Ökad desorption

- Behandlingstid: ca 6–8 v/behandlingsomgång (i verktyget finns 3 omgångar medräknade) för injektering
- Rör, kablar mm installeras ovan mark
- Betongtäckmattor 500 kvm (vintersäkra anläggningen)
- Plywoodskivor 60 kvm för vintersäkring av fördelningsrör
- 3 injekteringar

Ökad desorption – TAM-rörsinjektering

- Behandlingstid: ca 6–8 v/behandlingsomgång (i verktyget finns 3 omgångar medräknade)
- Alla installationer ovan mark
- Betongtäckmattor: 500 kvm
- Plywoodskivor: 60 kvm för vintersäkring av fördelningsrör
- Kapacitet för vattenrening: 1 m³/h
- 3 injekteringar

Övervakad naturlig självrening

- Endast förundersökning och kontrollprogram utförs
- Pågår ca 5 år
- Mängder bör justeras av användaren då tider och kontrollprovtagning kan pågå i decennier beroende på projektspecifika förutsättningar.

Ex situ-metoder

Air sparging och porgasextraktion

- Behandlingstid: Ca 6 månader
- Deponering
- Behandlingstid: ca 2 månader

Termisk behandling - TCH klorerat, TCH oljeprodukter och TCH PFAS

- Behandlingstid: Ca 2 månader

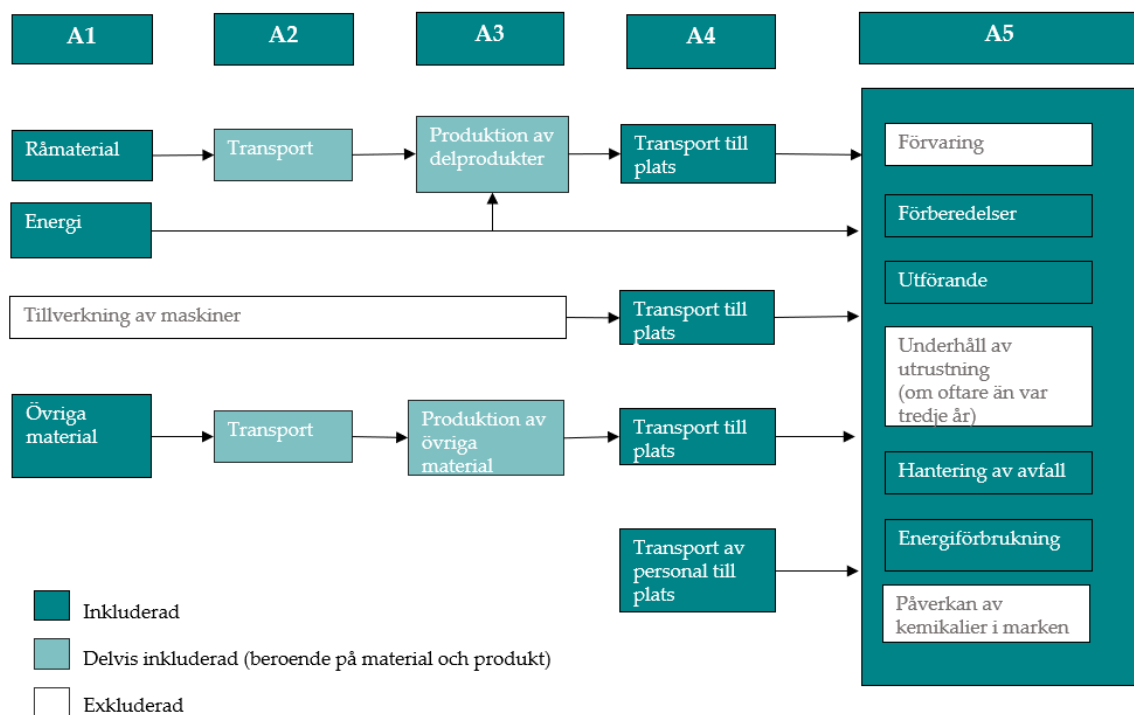
Avgränsningar för åtgärdsmetoder och mängdberäkningar

Verktyget har begränsats till större maskiner och material som förbrukas i större mängder vilka bedöms vara utslagsgivande för åtgärdsmetoderna. Mindre verktyg som till exempel skruvdragare och handverktyg eller förbrukningsmaterial och provtagningsutrustning ingår inte. Likaså har mindre, men vanligt förekommande, utsläppsposter såsom hotellnätter, kontorsarbete etc. exkluderats.

6. Beräkning av klimatpåverkan

Relevanta områden och processkedan i marksaneringsmetoder har analyserats både med hjälp av resursåtgång som entreprenörer kunnat kvantifiera samt produktkategoriregler (PCR) för marksaneringsprocesser (EPD International AB, 2022). PCR är ett dokument som beskriver hur EPD:er (miljövarudeklarationer) ska tas fram för en specifik grupp av produkter eller tjänster. Den möjliggör jämförelser av klimatpåverkan mellan olika produkter.

PCR:ens systemgränser har följts så noga som möjligt. Systemgränserna för beräkningarna är vagga till grav ("cradle-to-grave") och omfattar därmed hela livscykeln, det vill säga livscykelkedan A1-A5 enligt aktuell PCR. I vissa fall har det varit svårt att kvantifiera resursåtgång eller klimatpåverkan, och därför finns det vissa dataluckor. Systemgränserna illustreras i bilden nedan.



Figur 1. Systemgränser för livscykelanalysen av marksaneringsmetoder i verktyget.

Biogena utsläpp, samt undvikna utsläpp (exempelvis i samband med plastförbränning), exkluderas på grund av flera antaganden och metodval som dessa utsläpp baseras på.

7. Beskrivning av data

Material

Klimatpåverkan av material som används i saneringen beräknas baserat på mängd material och emissionsfaktor för tillverkning av materialet.

Emissionsfaktorer

Information om vilka produkter och material entreprenören använder har samlats och approximationer har gjorts med liknande produkter ifall specifika data saknas. Utifrån det har ett typiskt material bestämts och en emissionsfaktor per aktuell enhet har räknats fram.

Emissionsfaktorer från publika källor, såsom Trafikverkets Klimatkalkyl (Trafikverket, 2024), Boverkets klimatdatabas (Boverket, 2024), EPD:er, Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2024) och Defras emissionsfaktorer (Defra, 2023) har prioriterats. I några fall har IVL:s LCA-databaser använts.

De flesta materialen lämnas i marken efter genomförd sanering, varför i sådana fall bara produktionsutsläpp (A1-A3) har tagits med. I några fall förbränns materialet efter användning, och då har utsläpp från förbränning beräknats med antagandet att allt kol i materialet blir till koldioxid. I praktiken ersätter avfallsförbränning i Sverige värme- och elproduktion, och därmed ersätter en viss mängd utsläpp. Beräkning av dessa undvikna utsläpp innebär flera metodval, varför de har exkluderats.

Emissionsfaktorn för laboratorieanalyser är beräknad som ett snitt baserad på el- och värmeförbrukning, drivmedel till transporter, inköp samt personalens pendling i två laboratorier (ALS, 2023).

Avgränsningar och antaganden

Klimatpåverkan av produktionen av vissa material, såsom plaströr, innehåller inte tillverkningsprocessen från råmaterial till färdig produkt, utan endast råvaruutvinning samt transport från produktionsanläggningen till behandlingsplatsen. Klimatpåverkan av dessa tillverkningsprocesser beror exempelvis på tillverkningslandet, vilka tillsatser som behövs och hur mycket energi processen kräver, och är svåra att uppskatta. I de flesta fallen är denna klimatpåverkan liten jämfört med råvaruutvinningens påverkan.

Energianvändning i tillverkningsprocesserna har oftast inte kommit med på grund av brist på information om dessa processer. Detta gör att de flesta behandlingsmedlens emissionsfaktorer är kraftigt underskattade. Vid exempelvis tillverkningsprocessen av nollvärt järn i mikroskala (mZVI) som används i reduktionsmedel utgör elanvändningen nästan 90 % av klimatpåverkan (Song, 2023). Eftersom energianvändning inte räknas med i de andra kemikaliernas klimatpåverkan, har den exkluderats från även mZVI:s tillverkningspåverkan.

Många produkter och material lämnas i marken efter avslutad sanering, och den fullständiga miljöpåverkan från material som har potential att laka ur och som långsamt bryts ned är i verkligheten större eftersom verktyget endast beräknar klimatpåverkan. Dessutom kan även växthusgaser släppas ut om materialen oxideras i marken.

Övriga antaganden:

- Klimatpåverkan från tillverkning av maskiner eller material som används flera gånger/i flera projekt har exkluderats.
- Förpackningsmaterial använt för materialen och produkter genom deras livscykel är inte inkluderad i emissionsfaktorerna.
- Eventuell klimatpåverkan från destruering av föroreningar i marken (med hjälp av

- kemikalier) har inte kunnat uppskattas.
- Klimatpåverkan från förbränning av oljeföroreningar i termisk behandling har uppskattats, men motsvarande utsläpp från förbränning av klorerade ämnen samt PFAS har uteslutits då de är försumbara i relation med andra utsläppande aktiviteter (kan oftast uppskattas till under 1 kg CO₂e).
 - Klimatpåverkan från nedbrytning av oljeföroreningar under en längre tid ska läggas till av användaren när det handlar om oljeförorening.

Arbetsmaskiner

Klimatpåverkan av arbetsmaskiner beräknas baserat på bränsleförbrukning per timme eller kilometer samt emissionsfaktor, energiinnehåll och relationsfaktor för använt bränsle.

Bränsleförbrukning

Genomsnittliga bränsleförbrukningar uppskattades för de flesta maskinerna av entreprenören Sheeba som har kontrollerat med leverantörer, andra entreprenörer och egen erfarenhet. Förbrukningen baseras främst på motorstorlek samt genomsnittlig arbetsbelastning. Bilaga 2 "Drivmedelsförbrukning för arbetsmaskiner" i SBE:s rapport (Smart Built Environment, 2023) användes som bakgrundsinformation och källa till ett av värdena. Bränsleförbrukning är generellt sett svårt att uppskatta eftersom samma arbete kan utföras av olika maskiner och förbrukningen beror på flera saker.

Elförbrukningen av eldrivna maskiner baseras ofta på effekt angiven av producent, vilket oftast motsvarar maxeffekten. Detta leder till att klimatpåverkan från sådana arbetsmaskiner kan vara något överskattad. Påverkan på slutresultatet blir dock liten när svensk elmix används.

Då bränsleförbrukning och bränsletypens emissionsfaktor styr utsläppen behöver olika typer av bränslen finnas med i verktyget. Förbrukningen av bränsletyp och därmed maskinernas klimatpåverkan beror på hur effektivt motorn använder bränslets energiinnehåll. För att enkelt kunna växla mellan olika bränsletyper använder verktyget därför en faktor för generell förbrukning av olika typer av drivmedel. Faktorn kallar "relationsfaktor" och är förhållandet mellan förbrukningen för el-, bensin- och dieseldrivna motorer, där diesel är satt som faktor 1 och övriga bränslen får sitt värde i relation till dieselförbrukningen. Relationsfaktorn baseras på ett genomsnitt på ett jämförelsetal för personbilar (SCB, 2022) och grävmaskiner (Bymiljøetaten, 2020) men kan i verkligheten variera mer än i modellen. Det går därför att själv justera relationsfaktorn för olika bränsletyper.

Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer för bränslen samt energiinnehåll för bränslen hämtades från Energimyndigheten (2024) samt Defra (2023). Emissionsfaktorerna omfattar hela livscykeln och därmed även produktion och transport av bränslen.

Transporter

Klimatpåverkan av transporter beräknas baserat på bränsleförbrukning per kilometer eller ton-kilometer, transportdistans, vikt av transporterad vara, emissionsfaktor för använt bränsle samt relationsfaktor för använt bränsle.

Distanser

Transportdistanserna för materialtransporter uppskattades utifrån genomsnittliga värden i t.ex. Trafikverkets Klimatkalkyl (2024), EPD:er, Boverkets klimatdatabas (2024) och Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2024). Om inga generella värden var tillgängliga uppskattades sträckorna utifrån tillverkningsplatsen av produkten. Beroende på typ av produkt eller

material kan distansen mellan råvaruutvinningsplatsen och produktionsplatsen alternativt produktionsplatsen och behandlingsplatsen vara okänd. Transportsträckorna kan enkelt justeras i verktyget.

Vissa material köps från byggvaruhandel och vissa köps direkt från leverantören. Eventuell transport från byggvaruhandeln är inte inkluderad i transportdistanserna, men kan enkelt läggas till, men dess påverkan oftast är väldigt liten. Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg använder en schablon på 40 km för transporter från byggvaruhandel (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2024).

Etablerings- och avetableringsresorna, det vill säga resor till och från arbetsplatsen, tas med för de flesta maskiner samt alla persontransporter. Etableringsavståndet anges av användaren. I praktiken bekostas avetablering av maskiner från arbetsplatsen av nästkommande projekt. Därför är avetableringen med för bara några utvalda maskiner, men kan enkelt läggas till för andra maskiner. Alla arbetsresor inkluderar resan både till och från arbetsplatsen.

Bränsleförbrukning

Bränsleförbrukning för personbilar baseras på genomsnittliga värden för Sverige från år 2021 (SCB, 2022) och varierar beroende på bränsletyp. Transporternas klimatpåverkan påverkas även av en relationsfaktor för bränslen (för mer information, se avsnitt "Bränsleförbrukning" under "Arbetsmaskiner").

Bränsleförbrukning för alla andra transporter än persontransporter är beräknad med enhet MJ/tonkm. För de flesta transporter är bränsleförbrukning beräknad utifrån antagande om tom retur – det gäller alla lastbilstransporter. Båt- och flygtransporter är dock beräknade utan tom retur. Bränsleförbrukning av lastbilar är hämtad från Trafikverkets Klimatkalkyl och gäller för regiontransporter. Denna beräkning antar en lastbil (Euro 6) med en lastkapacitet på över 32 ton och 10% motorväg, 60% landsbygd och 30% stadskörning (Trafikverket, 2024).

Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer för bränslen samt energiinnehåll för bränslen hämtades från Energimyndigheten (2024) samt Defra (2023). Emissionsfaktorerna omfattar hela livscykeln och därmed även produktion och transport av bränslen.

Användning av egna emissionsfaktorer

Det finns en möjlighet att ändra på emissionsfaktorerna i verktyget om man har mer specifik information om produkten eller maskinen som används. Enklast är att använda en produktspecifik och tredjepartsgranskad miljödeklaration, EPD, för att hämta en kvalitetssäkrad emissionsfaktor. Även en LCA-studie kan användas som källa. Systemgränserna ska dock motsvara verktygets systemgränser, det vill säga "cradle-to-grave", där biogena utsläpp också exkluderas.

För att kunna applicera egna emissionsfaktorer på rätt sätt, är det viktigt att förstå hur beräkningarna i verktyget är uppbyggda. Se gärna formelbeskrivningarna i verktyget samt kapitel "Beräkningar" i denna rapport.

8. Beräkningar

Klimatberäkningarna i verktyget bygger på olika typer av formler som visas för varje rad i Detaljer-vyn. Tabellen nedan förklarar faktorerna som används i formlerna.

Faktor	Beskrivning
M	mängd [varierande enhet - räknat per m ³ jord om m ³ är med i formeln]
m3	mängd jord [m ³] (anges på förstasida - inkluderas i mängden som visas i verktyget om m ³ är med i formeln)
e	etableringsavstånd [km] (anges på förstasida - inkluderas i mängden som visas i verktyget om e är med i formeln)
b	beräkningsfaktor; • när det handlar om material, enheten är kg CO₂e/mängd material, d.v.s. emissionsfaktor • när det handlar om drift av arbetsmaskiner eller fordon som kör själva till arbetsplatsen, enheten är l/h eller l/km, d.v.s. bränsleförbrukning • när det handlar om transport av material, enheten är kWh/tonkm • när det handlar om transport av arbetsmaskiner med lastbil, enheten är kWh/km då vikten av maskinen/-er är multiplicerad med kWh/tonkm för lastbil
Ef	emissionsfaktor för bränsle [kg CO ₂ e/kWh]
r	relationsfaktor för bränsle (ingen enhet)
v	vikt av material som transporteras [ton]
i	energiinnehåll för bränsle [kWh/l]
C	funktion för att justera mängden för vissa resurser ($C = (450) * ((m3 + 10000)^{-0,65})$)

9. Referenser

ALS. 2023. Kontakt via e-mail.

Boverket. 2024. *Boverkets klimatdatabas*. Hämtad från: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/>

Bymiljøetaten, Oslo kommun. 2020. *Utslippsfri anleggsplass*. Hämtad från: <https://www.oslo.kommune.no/etater-foretak-og-ombud/bymiljoetaten/>

Defra. 2023. Greenhouse gas reporting: conversion factors 2023. Hämtad från: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>

Energimyndigheten. 2024. *Växthusgasutsläpp*. Hämtad från: <https://www.energimyndigheten.se/klimat/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxthusgasutslapp/>

EPD International AB. 2022. *PCR: Site remediation and clean up services, soil and groundwater - Product category classification*.

IVL Svenska Miljöinstitutet. 2024. *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg*. Hämtad från: <https://www.ivl.se/projekt/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html>

SCB. 2022. *Tabell 6: Bränsleförbrukning till år 2021*. Hämtad från: <https://www.rus.se/statistik-och-indikatorer/korstrackor/>

Smart Built Environment. 2023. *Klimatdata för geokonstruktioner*. Hämtad från: <https://www.smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/klimatdata-for-grundlaggningsmetoder/>

Song, Xingqiang. 2023. *Emissionsfaktorer för mineraler och kemikalier*. Kontakt via e-mail.

Trafikverket. 2024. *Klimatkalkyl*. Hämtad från: <https://klimatkalkyl.trafikverket.se/>