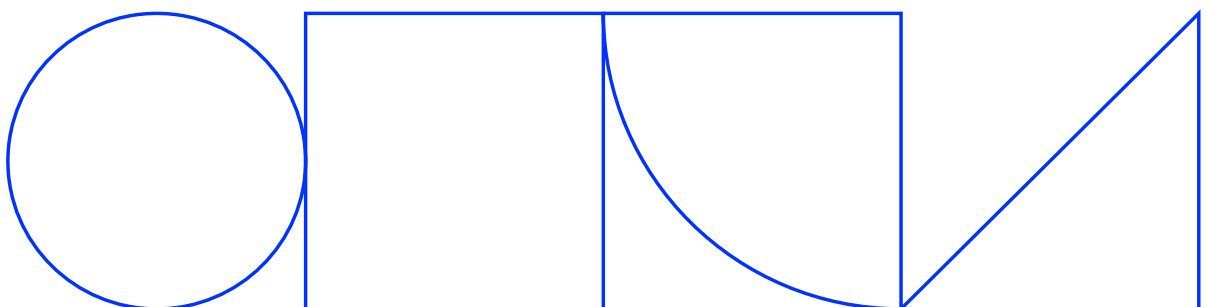


En analys av olika tekniker med ett livscykelperspektiv

Mattias Hedström
PEAB Anläggning AB

202512



Tack till

En viktig del av detta projekt har varit de intervjuer tillsammans med experter, entreprenörer och beställare som gett mycket värdefull kunskap och underlag för denna rapport.

PEAB Anläggning AB har i huvudsakligen utformat och genomfört studien. Tack också till kollegor som på olika sätt bidragit med information, feedback och insikter. Slutligen tack till Svenska Byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) som med ekonomiskt stöd gjort detta möjligt.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
BAKGRUND/FÖRORD	6
SYFTE	8
1. METODIK	9
1.1 MILJÖDIMENSION: LIVSCYKELANALYS (LCA)	9
1.2 EKONOMISK DIMENSION: LIVSCYKELKOSTNADER	10
1.3 SOCIAL DIMENSION: INTERVJUER MED INTRESSETER	11
1.4 HÅLLBARHETSANALYS	11
1.5 DEFINITIONER AV IN-SITU METODER	12
1.6 ASPEKTER SOM PÅVERKAS	13
2. PLANERING – MÅL, MÅLGRUPPER OCH INDIKATORER	14
2.1 MÅLET MED STUDIEN	14
2.2 BESKRIVNING AV DE TRE UNDERSÖKTA FÄLLEN	14
2.2.1 Bobergsgatan Stockholm	14
2.2.2 Port of Skellefteå	15
2.2.3 Gasklockan Norrköping	16
2.3 MÅLGRUPPER	16
2.4 ANALYSERADE INDIKATORER	16
3 LIVSCYKELSINVENTERING (LCI)	17
3.1 BAKGRUND	17
3.2.1 BOBERGSGATAN IN-SITU SANERING AV MASSOR	19
3.2.2 BOBERGSGATAN EX-SITU SANERING AV MASSOR	20
3.3.1 SKELLEFTEÅ HAMN IN-SITU STABILISERING AV MUDDERMASSOR FARLIGT AVFALL	21
3.3.2 SKELLEFTEÅ HAMN IN-SITU HANTERING AV MUDDERMASSOR EJ FARLIGT AVFALL	22
3.3.3 SKELLEFTEÅ HAMN EX-SITU HANTERING AV MUDDERMASSOR	23
3.3.4 NORRKÖPING IN-SITU SANERING AV FÖRORENADE MASSOR	24
3.3.5 NORRKÖPING EX-SITU HANTERING AV FÖRORENADE MASSOR	25
4. MILJÖ-LIVSCYKELANALYS (LCA)	26
4.1 JÄMFÖRANDE ANALYS BOBERGSGATAN	26
4.2 JÄMFÖRANDE ANALYS SKELLEFTEÅ HAMN	28
4.3 NORRKÖPING, IN-SITU SANERING AV FÖRORENADE MASSOR	29
5. AKTIVITET 4 LIVSCYKELKOSTNADER	31
5.1 SCHABLONKOSTNADER FÖR EX-SITU BOBERGSGATAN	31
BERÄKNING AV TOTALKOSTNAD FÖR AVFALLSHANTERING	32
Scenario 1: Låg (sek/ton)	32
Scenario 2: Hög (sek/ton)	32
Scenario 3: Medel (sek/ton)	33
5.2 IN SITU BOBERGSGATAN	33
Analys av kostnadsfördelning och tidsram	34
Faktorer som påverkar livscykelkostnader	34
5.3 EX-SITU SKELLEFTEÅ	35
5.3 IN-SITU SKELLEFTEÅ	35

6. AKTIVITET 5 ANALYS AV SOCIALA EFFEKTER-INTERVJUER.....	36
6.1 FÖRUTSÄTTNINGAR.....	36
6.2 KVALITATIV KODNING	36
6.3 SAMMANFATTNING AV KVALITATIV KODNING – IN-SITU SANERING I TRE PROJEKT	37
7. SAMMANFATTANDE HÅLLBARHETSANALYS.	39
7.2 BOBERGSGATAN.....	40
7.2 SKELLEFTEÅ HAMN	42
7.2 NORRKÖPING	44
SLUTSATSER	45
REFERENSER	46
BILAGOR	48

Sammanfattning

Denna rapport analyserar hållbarhetsaspekter av in-situ sanering och stabilisering av förorenade massor i tre olika byggprojekt i Sverige. Bedömningen omfattar sektorsvisa effekter på miljö, ekonomi och samhälle, och använder metoder som livscykelanalys (LCA), livscykelkostnadsanalys (LCC) samt intervjuer med experter och intressenter.

Enligt tillgänglig litteratur minskar in-situ sanering ofta klimatpåverkan jämfört med traditionell schaktsanering, särskilt tack vare minskat transportbehov och mindre deponering av förorenade massor. Flera fallstudier både i Sverige och internationellt visar att in-situ metoder även ofta har mindre negativ påverkan på andra miljöaspekter, inklusive luft- och vattenkvalitet, biologisk mångfald och resursanvändning, jämfört med ex-situ metoder. Dock finns det få svenska studier som direkt jämför dessa metoder, vilket understryker behovet av ytterligare forskning.

Metodologin för hållbarhetsbedömning inkluderar tydliga systemgränser, indikatorer för miljö, ekonomi och sociala faktorer, samt analyser av hot-spots och förbättringsområden. De sociala effekterna av in-situ sanering kan innebära minskade transporter och störningar, men påverkan kan variera beroende på projektets karaktär och plats. Rapporten understryker vikten av att harmonisera och förbättra livscykelmetoder för att möjliggöra mer tillförlitliga jämförelser mellan olika saneringsmetoder.

Resultaten från de två projekt där in-situ insatser syftade till att behandla massor på plats, vilket minskade eller helt eliminerade behovet av omfattande transporter och extern sluthantering, visar på betydande hållbarhetsfördelar, särskilt vad gäller klimatpåverkan. I ett tredje fall, där in-situ åtgärder användes för att stabilisera förorenade massor för att möjliggöra ex-situ sluthantering, var dock resultatet mindre fördelaktigt, eftersom åtgärderna inte eliminerade behovet av transporter och extern hantering.

Slutligen framhäver rapporten att in-situ sanering kan bidra till hållbar stadsutveckling, mindre negativ påverkan på omgivningen, minskad klimatpåverkan och förbättrade ekologiska förhållanden. Samtidigt kvarstår kunskapsluckor, särskilt inom svenska sammanhang, och det finns begränsningar i hur tillgängliga LCA-verktyg kan hantera vissa aspekter, exempelvis långsiktiga risker kopplade till förorenade massor i havsmiljö.

Summary

This report analyzes sustainability aspects of in-situ remediation and stabilization of contaminated soils in three different construction projects in Sweden. The assessment covers sector-specific effects on the environment, economy, and society, utilizing methods such as life cycle analysis (LCA), life cycle cost analysis (LCC), and interviews with experts and stakeholders.

According to available literature, in-situ remediation often reduces climate impact compared to traditional excavation methods, primarily due to decreased transportation needs and less disposal of contaminated soils. Several case studies both in Sweden and internationally demonstrate that in-situ methods generally have less negative effects on other environmental aspects, including air and water quality, biodiversity, and resource use, compared to ex-situ methods. However, there are few Swedish studies that directly compare these methods, highlighting the need for further research.

The methodology for sustainability assessment includes clear system boundaries, indicators for environmental, economic, and social factors, as well as analyses of hotspots and areas for improvement. The social effects of in-situ remediation may include reduced transportation and disturbances, but impacts can vary depending on the project's nature and location. The report emphasizes the importance of harmonizing and improving life cycle methods to enable more reliable comparisons between different remediation techniques.

Results from the two projects where in-situ measures aimed to treat soils on-site, thereby reducing or eliminating the need for extensive transportation and external handling, show significant sustainability benefits, especially regarding climate impact. In a third case, where in-situ measures were used to stabilize contaminated soils to enable ex-situ final disposal, the results were less favorable, as the measures did not eliminate the need for transportation and external handling.

Finally, the report highlights that in-situ remediation can contribute to sustainable urban development, reduced climate impact, and improved ecological conditions. At the same time, knowledge gaps remain, particularly within the Swedish context, and there are limitations in how available LCA tools can address certain aspects, such as long-term risks associated with contaminated soils in marine environments.

BAKGRUND/FÖRORD

Bygg och fastighetssektorn står i nuläget för runt 21% av växthusgasutsläppen och 33% av energiförbrukningen i Sverige, och är en av de sektorer som mest bidrar till Sveriges miljöpåverkan (Boverket, 2021). In-situ sanering och stabilisering är en speciell typ av geotekniska lösningar som kan användas för att hantera förorenad mark genom att avmobilisera förorenande ämnen på plats. Olika typer av in-situ stabiliseringsteknik kan ha olika miljöpåverkan, så att hitta en optimal teknik kan vara utmanande eftersom miljöprestanda av markstabilisering är ganska fallspecifikt (Wang et al., 2021). Oftast är kostnads-nyttoanalys det enda multikriterieverktyg som används i urval av åtgärds mål och saneringsmetod, detta riskerar att leda till att det inte integreras andra typ av variabler än ekonomiska. Se ISBN978-91-620-5836-4I flera år har fokus för in-situ stabilisering varit att säkerställa att toxiska ämnen inte rinner ur området till omgivande mark eller vattenmiljöer, eller på andra sätt negativt påverkar omgivningen.

Idag är definitionen av hållbar utveckling bredare än bara miljöpåverkan (UN, 2015), och dessutom har forskare fokuserat mer på "green and sustainable remediation" (GSR), som också syftar på funktionalitet av områden efter stabilisering och tar hänsyn till andra hållbarhetsdimensioner än miljö (Wang et al., 2021). När det gäller andra dimensioner av hållbarhet har ekonomiska aspekter oftast varit prioriterade (Basu et al., 2015). Vissa studier har utforskat mer än miljöpåverkan, och analyserar även andra hållbarhetsaspekter. Till exempel, Suer et al. (2009) jämförde JET-grouting med biogrouting från ett miljö- och ekonomiskt perspektiv, med positiva resultat för bio alternativet. Multi-kriterium analys har använts tidigare för att analysera hållbarhetsaspekter av stabiliseringsmetoder, i jämförelse med ett alternativ scenario där massorna går till deponi (Harbottle et al., 2007).

En livscykelanalys (LCA) är ett systemanalysverktyg som utforskar miljöpåverkan av produkter eller tjänster under hela livscykeln, för att undvika problemförskjutning (ISO, 2016). Detta livscykelperspektiv kan också appliceras för att analysera andra hållbarhetsperspektiv utöver de miljömässiga. Ekonomiska aspekter av byggprojekt kan analyseras genom livscykelkostnader (Reidy et al., 2005). Eftersom in-situ stabilisering oftast äger rum tidigt i projektskedet, finns en relativ stor potentiell att identifiera och implementera miljöförbättringar i själva tekniken med hjälp av livscykelanalyser (Basu et al., 2015). Det finns i dagsläget få livscykelanalyser av grundläggningsmetoder. De som finns saknar harmoniserad metodologi, vilket leder till motsäggande resultat, men harmoniseringen är utmanande eftersom det finns ett flertal olika tekniker som också har väldigt olika sätt att leverera sin funktion (Song et al., 2021).

Flera livscykelanalysstudier har visat att in-situ sanering av förorenade områden har mindre miljöpåverkan än urgrävning och deponering av förorenade massor (Goldenberg & Reddy, 2014). Celauro et al. (2015) visade genom livscykelanalys att in-situ

stabilisering av massor med kalksten har miljöfördelar, då främst om biprodukter kan få avsättning. Chen et al. (2020) analyserade fyra alternativ för sanering av ett förorenat område i Kina med input-output livscykelanalys från ett socialt, miljömässigt och ekonomiskt perspektiv. Studien visade att in-situ sanering var det bästa alternativet för miljön, men inte utifrån de ekonomiska och sociala perspektiven. I Italien har en liknande studie utförts, fast bara för miljöpåverkan, där visade utfallet på mindre miljömässig påverkan för ex-situ alternativet (Barjoveanu et al., 2018). Det finns dock ingen liknande studie i Sverige, i en svensk kontext kan detta användas som en informationskälla för åtgärdsutredning, LCA kan bidra med en integrerad syn på andra miljöaspekter som ett verktyg till beslutsfattare inför val av saneringsmetod/er

In-situ sanering och stabilisering är komplexa tekniker som kan påverka miljö, ekonomi och samhället på olika sätt. Det finns dock en stor kunskapslucka avseende hur sådana metoder presterar i svenska sammanhang vad gäller helheten för miljöpåverkan, ekonomiska kostnader samt sociala för-eller nackdelar. Dessutom har få studier i världen analyserat mer än en dimension av hållbarhet, eller mer än ett objekt eller område i samma region, och dessa har i vissa fall gett motsägelsefulla resultat.

SYFTE

Syftet med projektet är att utföra en hållbarhetsanalys av tre fallstudier av in-situ sanering- eller stabilisering i samband med anläggningsprojekt i Sverige. Analysen kommer att jämföra in-situ tekniken med urgrävning och deponering av massorna som referensalternativ, för att utforska nettoeffekterna av tekniken för alla tre dimensioner av hållbarhet; miljö, samhälle och ekonomin. Ett sekundärt syfte med analysen är att identifiera "hot-spots" i projektets hållbarhetsprestanda, som underlag för att identifiera vilka åtgärder ska prioriteras i framtidsutvecklingen av teknikerna.

Studiens avsedda användning är att fungera som underlag för beslutsfattande i framtida utvecklingar av den studerade tekniken (In-situ sanering) och projekt där de kommer att implementeras. För närvarande finns det inte många liknande fallstudier i Sverige där dessa teknologier tillämpas, och kunskapen om deras effekter på dimensionerna av hållbarhet är därför begränsad. En mängd olika specialmaterial och maskiner används för in-situ sanering och stabilisering vars effekter ännu inte är väl förstådda. Därför bör studien mest användas som en kunskapskälla, som ett sätt att ytterligare minska de negativa effekterna av dessa tekniker. Målgruppen för denna rapport är dessutom personer som är direkt involverade i sådana projekt (arbetsledare, platschef, arbetschef) samt medverkare som sitter på tekniksidan (geotekniker, expert, anläggningsteknik).

Det övergripande målet är att ge stödja en hållbarhetsanalys av in-situ sanering och stabilisering i svenska anläggningsprojekt. Målen inkluderar att jämföra tekniker för att utvärdera deras påverkan på miljö, samhälle och ekonomi, samt att identifiera kritiska områden för förbättring. En sekundär målsättning är att skapa underlag för beslutsfattare att prioritera åtgärder för att optimera teknikutvecklingen och minska negativa effekter. Dessa mål ska fungera som vägledning för framtida tillämpningar och forskning inom området, samt för att informera relevanta aktörer om teknikens effekter och förbättringsmöjligheter.

1. METODIK

För att bedöma hållbarhetsprestanda för de in-situ sanerings- och stabiliseringsmetoder som används i respektive projekt, har olika metoder och indikatorer använts för att mäta de tre dimensionerna av hållbarhet; miljö, ekonomisk och social. Resultaten från dessa tre metoder integreras sedan i en övergripande hållbarhetsbedömning. Det här avsnittet sammanfattar metodologin som används för var och en av dessa komponenter.

1.1 Miljödimension: Livscykelanalys (LCA)

För studiens LCA-komponent har den europeiska standarden SS-EN 15 978 (SIS, 2011) tillämpats. Några specifika metodiska val gjorts, som sammanfattas i Tabell 1.

Tabell 1 Sammanställning av de metodologiska valen för livscykelanalysen

Funktionell enhet	1 ton sanerad eller stabiliserad mark
Cut-off regler	Studien inkluderar minst 90% av totala material och energiinput för de processer och aktiviteter som inkluderas inom systemgränserna.
Allokering	Fysisk allokering appliceras så länge skillnaden i vinster mellan produkterna inte är betydande (i samband med SS-EN 15 978). Inget allokeringsproblem har tillkommit.
Systemgränser	I det studerade systemet för alla studerade objekt (inklusive deponi alternativet) inkluderas följande processer: • Produktion av material och varor. • Transport av material, varor och maskiner till/från byggarbetsplatsen. • Produktion och förbrukning av energi på plats. • Transport från byggarbetsplatsen och sluthantering av avfall. Systemgränserna är illustrerade i Figur 1.
Exkluderade processer	De följande aktiviteter och processer exkluderas: • Produktion av maskiner och utrustning. • Transport av personal till och från byggarbetsplatsen. • Produktion och drift av arbetsbodar och liknande tillfällig infrastruktur. • Drift och underhåll av det sanerade området. • Slutskede av det sanerade området
Datakvalitet	Projektspecifika data i form av material och energiförbrukning, transportsätt och avstånd, spill och anlitade leverantörer används där det är relevant. För produktion av material och energi prioriteras produktspecifika data i form av

miljövarudeklarationer (EPD). Generisk data och schabloner från LCA databaser används om produktspecifik data ej är tillgänglig.

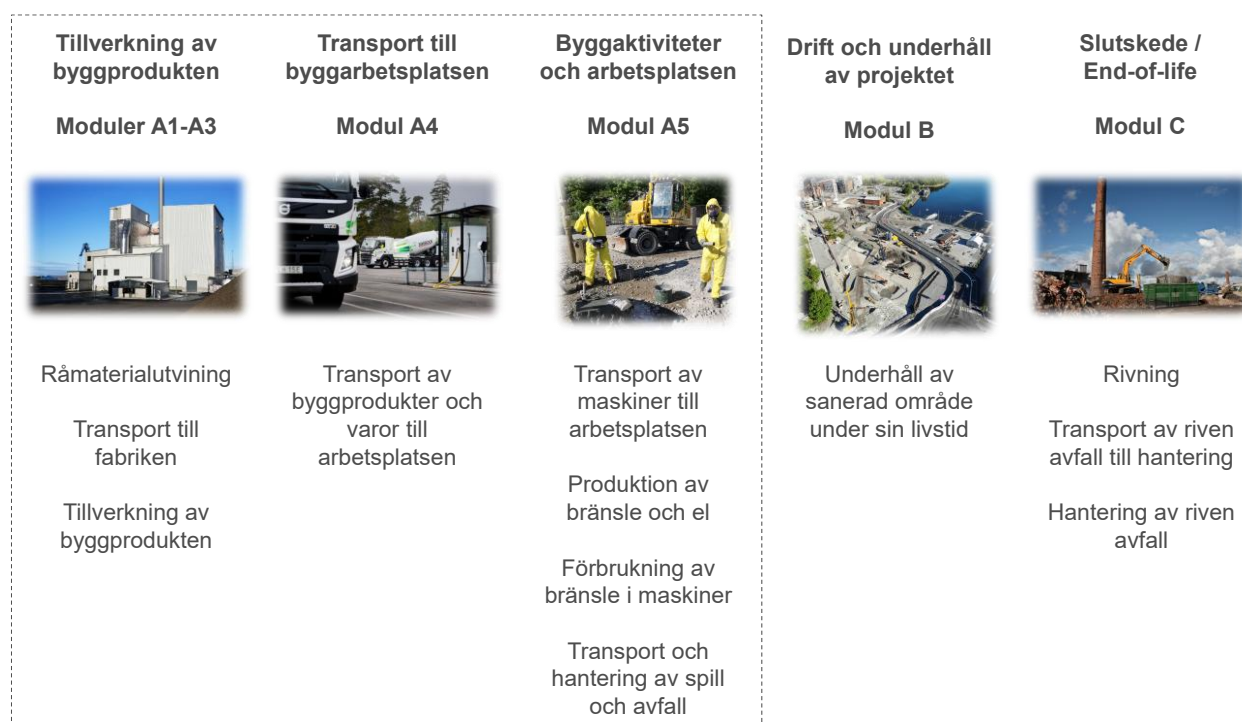
Analyserade indikatorer

Följande miljöindikatorerna valdes från EPD standardens EN 15804 (SIS, indikatorslista analyseras i studien:

- Global uppvärmning (GWP, kgCO₂e); fossil
- Försurning (AP, kg SO₂e)
- Övergödning (EP, kg PO₄e)
- Bildning av marknära ozon (POCP, kg Ethenee)
- Eutrophication Potential (EP); terrestrial and marine
- Ozonnedbrytning (ODP – kg CFC11e)
- Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen, MJ) för fossila resurser

Mer information om de specifika metoderna som appliceras finns i rapporten

Begränsningar



Figur 1 Illustration av systemgränserna för studien. Streckade linjen visar de processerna som är inkluderade.

1.2 Ekonomisk dimension: livscykelkostnader

En enklare livscykelkostnadsanalys (LCC) kommer att genomföras för de studerade projekten. Denna kommer att genomföras enligt följande.

1. **Identifiera kostnadskomponenter:** Data samlas om alla kostnader som är förknippade med aktiviteter inom angivna systemgränserna (se 1.1). Detta innefattar kostnader kopplat till konstruktion, transporter, avfall samt drift under den period projektet är aktivt.
2. **Beräkna livscykelkostnader:** Beräkna de totala kostnaderna över projektets livslängd.
3. **Jämför alternativ:** Utvärdera In-Situ respektive Ex-situ alternativ i de projekt där detta är relevant.
4. **Dokumentera och rapportera:** Sammanställ resultaten och redovisa slutsatser.

1.3 Social dimension: intervjuer med intressenter

För att analysera projektens påverkan i den sociala dimensionen har en metodik för genomförande av intervjuer sammanställts.

Tabell 2 Sammanställning av de metodologiska valen för analysen av den sociala dimensionen

Typ av intervju	Semistrukturerade intervjuer
Intressentgrupper och antal intervjuade	Beställare; representanter från organisationen som ser behovet av projektet (1 intervjuade per projekt) Medarbetare; person som jobbar i projektet (1 intervjuad per projekt) Expert (1 intervjuad)
Format	Intervjuerna utförs i fysiska eller online samtal
Typ av frågor	Öppna frågor, baserade på bakgrundslitteratur, som intervjuade fick i förhand.
Intervjuinnehåll	Frågorna anpassas till de roller de intervjuade personer har. Resultaten rapporterades som påståenden relaterade till de sociala dimensionen av hållbarhet i termer av positiva påverkan ifrån projektet, och inkluderar kompletterande, underbyggande och motstridiga påståenden.
Bearbetning av data	Kvalitativ kodning

1.4 Hållbarhetsanalys

SDG (Sustainable Development Goals) Impact Assessment Tool är ett online verktyg som möjliggör en bedömning av hur aktiviteter, i detta fall gällande hantering av förorenade massor, påverkar de globala målen för hållbar utveckling (SDGs). Verktöget visualiserar resultaten från en självskattning och syftar till att öka förståelsen för komplexiteten i hållbar utveckling och de olika aspekterna av SDGs.

Fem steg: Användare följer fem steg för att sortera SDGs, bedöma deras påverkan och välja en strategi framåt.

Självskattning: Verktuget låter användare genomföra en självskattning av hur deras verksamhet påverkar de olika målen

Visualisering: Resultaten visualiseras för att ge en tydlig bild av påverkan och hjälpa användare att prioritera åtgärder.

1.5 Definitioner av In-Situ metoder

1. In-situ övertäckning: Denna metod innebär att man täcker de förorenade massorna med ett lager av material som förhindrar spridning av föroreningar. Materialet kan vara naturligt eller syntetiskt och syftar till att isolera föroreningarna från omgivningen.
2. Stabilisering och solidifiering (S/S): Denna metod innebär att man tillsätter bindemedel till de förorenade massorna för att immobilisera föroreningarna. Bindemedlen kan vara cement, kalk eller andra kemiska tillsatser som reagerar med föroreningarna och minskar deras rörlighet. *Detta är den aktuella lösningen som används i Skellefteå Hamn*
3. Bioremediering: Denna metod använder mikroorganismer för att bryta ner föroreningarna i marken. Mikroorganismerna kan vara naturligt förekommande eller tillsatta och de omvandlar föroreningarna till mindre skadliga ämnen genom biologiska processer. Denna process är relativt långsam.
4. Fytoremediering: Denna metod använder växter för att ta upp, stabilisera eller bryta ner föroreningarna. Växterna kan absorbera föroreningarna genom sina rötter och antingen lagra dem i växtvävnaden eller omvandla dem till mindre skadliga ämnen
5. Termisk behandling: Denna metod innebär att man använder värme för att avlägsna eller förstöra föroreningarna. Värmen kan appliceras genom direkt uppvärmning av marken eller genom att injicera ånga eller varm luft
6. Kemisk oxidation: Denna metod innebär att man injicerar oxidationsmedel, exempelvis väteperoxid, kaliumpermanganat eller natriumpersulfat, direkt i den förorenade marken. Oxidationsmedlen reagerar med föroreningarna och bryter ner dem till mindre skadliga ämnen.
7. Kemisk reduktion: Denna metod använder reduktionsmedel, såsom natriumditionit eller nollvalent järn, för att omvandla föroreningarna till mindre skadliga eller mindre rörliga former. Reduktionsmedlen injiceras i marken och reagerar med föroreningarna.
8. Permeabla reaktiva barriärer (PRB): En PRB är en underjordisk barriär som innehåller reaktiva material, såsom aktivt kol eller nollvalent järn, som kemiskt reagerar med föroreningarna när grundvattnet passerar genom barriären. Detta kan effektivt minska koncentrationen av föroreningar i grundvattnet

9. Kemisk immobilisering: Denna metod innebär att man tillsätter kemiska bindemedel till den förorenade marken för att immobilisera föroreningarna. Bindemedlen kan vara cement, kalk eller andra kemiska tillsatser som reagerar med föroreningarna och minskar deras rörlighet

1.6 Aspekter som påverkas

Samtliga miljörelaterade indikatorer som kan bedömas i One-click ingår i redovisningen av resultatet, fokus är dock på Global uppvärmning (GWP). Detta då det är den faktor som brukar krävas i anläggningsprojekt och där primärt fokus ligger.

- **Global uppvärmning (GWP, kgCO₂e); fossil**
- Försurning
- Övergödning
- Bildning av marknära ozon
- Abiotisk utarmning potential (ADP-element) för icke fossila resurser
- Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen, MJ) för fossila resurser
- Biogen karbonlagring
- Ozonnedbrytning

Andra aspekter som omfattas i rapporten och som utvärderas i olika delar av studien är:

- Ekonomi
- Sociala aspekter
- Påverkan tredje man
- Ökad kunskap och spridning av kunskapen
- Riskhantering

2. PLANERING – MÅL, MÅLGRUPPER OCH INDIKATORER

2.1 Målet med studien

Målet är att genom att analysera olika aspekter av in-situ sanering och stabilisering i svenska anläggningsprojekt med behov av att behandla förorenade massor, ge ett underlag för kommande planering och genomförande. Detta inkluderar att jämföra tekniker i en svensk kontext för att utvärdera deras påverkan på miljö, samhälle och ekonomi, samt att identifiera kritiska områden för förbättring. En sekundär målsättning är att skapa underlag för beslutsfattare att prioritera åtgärder för att optimera teknikutvecklingen och minska negativa effekter. Dessa mål ska fungera som vägledning för framtida tillämpningar och forskning inom området, samt för att informera relevanta aktörer om teknikens effekter och förbättringsmöjligheter.

2.2 Beskrivning av de tre undersökta fallen

2.2.1 Bobergsgatan Stockholm

Bobergsgatan blir huvudgatan i det nya bostadsområdet i Hjorthagen som byggs i flera etapper och är en del av Norra Djurgårdsstaden. Beställare är Stockholms stad. I projektet ingår det att sanera totalt cirka 220 000 kubikmeter förorenad jord, varav 55 000 kubikmeter lera ska stabiliseras. Volymerna motsvarar ungefär en meters schaktdjup på fem fotbollsplaner. De sanerade massorna kommer sedan att bli fyllning och utgöra grunden för framtida gator och bostadsområde i norra Djurgårdsstaden i Stockholm.

På området fanns tidigare Värtagasverket som redan 1853 startade verksamhet i området och som försåg Stockholm med stadsgas. Värtagasverket var helt och hållet ett koleldat gasverk, men sedan 70-talet drevs verket på olja och senare lättbensin. Verket stängdes 2011. Denna verksamhet har efterlämnat föroreningar i marken från tidigare verksamhet. Föroreningsriskerna är framför allt bundna till kolväten och svavelväte, men även bly, fenoler och cyanider, vilka uppkommit vid produktion av gas och som delvis läckt ner i marken och grundvatten. Dessa föroreningar kan utgöra en risk för både hälsa och miljö, och har lett till att området har klassats som ett förorenat område.

I ett tätt samarbete med Stockholms Stad och Geomind har PEAB tagit fram ett tekniskt utförandekoncept

Genom In situ- sanering (behandling på plats utan förflyttning av massor) i lera och morän undviker projektet urgrävning, borttransport och deponi av förorenad jord och lera.

Projektet avser att förhindrade spridning av markföroreningar till vatten och möjliggöra boende på tidigare förorenad industrimark.

Det jämförande scenariot utgår från traditionell schaktsanering av 220 000m³ förorenad jord.

2.2.2 Port of Skellefteå

Projektet går ut på att bygga en ny kaj med tillhörande logistiktor i Skelleftehamn, beställare är Skellefteå kommun. Den nya kajen blir 275 meter lång med en bredd om 28 meter och den kommer att ha ett ramfritt djup på 12,5 meter, dvs 7.700 kvadratmeter, med logistiktor blir det nya hamnområdet över 60.000 kvadratmeter.

Området är en viktig del i Skellefteå kommuns samhällsutveckling. Kajen möjliggör att större fartyg kan lägga till i hamnen, vilket behövs i och med de stora industrisatsningarna som sker i Skellefteå och i hela regionen.

Uppdraget i sin helhet innefattar; muddring, erosionsskydd, pålning, betongarbeten och hamnspecifik utrustning. Utöver detta byggs omfattande ytor för logistik och godshantering.

Delar av bottenarna utanför hamnen är kraftigt påverkade av historiska föroreningar från närliggande verksamheter.

Till skillnad från de andra projekten görs för detta projekt livscykelanalyser för tre scenarier

Det första scenariot som representerar Ex-situ perspektivet utgår från den hantering som ursprungligen planerades. Detta handlade om att att förorenade såväl som rena massor skulle dumpas till havs i en process där de förorenade massorna täcktes av de rena för säker förvaring över tid, detta godkändes inledningsvis av tillsynsmyndigheten. Detta beslut kom dock att överklagas av Havs- och vattenmyndigheten, och detta kom senare att fastställas av Mark-och Miljööverdomstolen.

Beslutet innebar att ca 118000 t_{fm}³ K1 massor (motsvarande klass 1–3 enligt Naturvårdsverkets rapport 4914) kan dumpas på havsbotten som avsett, men att muddermassor i klass K2–K3 inte får dumpas utan ska omhändertas på land av en mottagare som har för ändamålet erforderliga tillstånd eller dispenser. Detta ligger till grund för scenario 2-3 som båda innefattar In-situ stabilisering.

Det som skiljer scenario 2 och 3 är hur de stabiliserade massorna klassas för sluthanteras, eftersom de förorenade massorna behövde stabiliseras innan transport var möjlig är denna process nödvändig oavsett klassning. Däremot skiljer påverkan i LCA-verktyget betydande beroende på klassning, förorenade massor ger en betydligt större påverkan. Scenario 2 utgår därför från att de alla stabiliserade massorna klassas som inerta, medan scenario 3 att de är farligt avfall. I samband med färdigställandet av denna rapport är den slutliga klassningen inte beslutad, det är fullt möjligt att resultatet kommer att bli att de stabiliserade massorna kommer att klassas olika vilket skulle ge ett annorlunda resultat mot det som redovisas.

2.2.3 Gasklockan Norrköping

I runt 100 år tillverkades gas från stenkolk i hamnområdet. Verksamheten har lämnat efter sig kraftiga föroreningar i form av främst bensen och tjära och på delar av gasverkstomten ligger de så djupt, ner till 8 meter att det är svårt att använda traditionell schaktsanering.

Till följd av detta tittade man inför reningen av gasverkstomten på andra möjliga metoder. En av dem var termisk rening, där föroreningarna kokas bort. Detta är inte en vanligt förekommande metod i Sverige men den har tidigare använts på platser som har varit förorenade av klorerade kolväten, till exempel vid en kemtvätt.

Termisk rening innebär att marken hettas upp till över 100 grader via borrhål. Det gör att föroreningarna kokas till gas som sedan sugas upp och renas. När behandlingen är klar tas jordprover för att säkra att tillräcklig rening uppnåtts.

I de delar av gasverkstomten där föroreningarna inte ligger så djupt renas på det mer klassiska sättet – att det schaktas ur och körs bort. Vid upphandling ställdes krav på att schaktmassorna skulle försöka renas.

2.3 Målgrupper

De intressenter som identifierats i förarbetet innefattar geotekniker, beslutsfattare, entreprenörer och beställare som upphandlar liknande projekt, men även funktioner i projekt som beräknar och följer upp miljö- och klimatprestanda i projekt där marksanering är en aspekt som hanteras.

2.4 Analyserade indikatorer

För livscykelanalysen har verktyget One-click använts, specifikt en funktion som hanterar påverkan från infrastrukturprojekt.

Tabell 3 Analyserade miljöaspekter i One-click

Miljöaspekt	Enhet
Global uppvärmning	kg CO ₂ e
Försurning	kg SO ₂ e
Övergödning	kg PO ₄ e
Ozon nedbrytningspotential	kg CFC11e
Bildning av ozon i lägre atmosfärer	kg Ethenee
Abiotisk utarmning potential (ADP-element) för icke fossila resurser	kg Sbe
Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen) för fossila resurser	MJ
Biogen karbonlagring	kg CO ₂ e bio

3 LIVSCYKELSINVENTERING (LCI)

3.1 Bakgrund

En livscykelinventering är en detaljerad datainsamlingsfas inom ramen för en livscykelanalys (LCA). I LCI samlas all information om de miljömässiga flödena in och ut ur ett system, det vill säga resurser, energi, utsläpp, som är kopplade till en produkt, tjänst eller som i detta fall projekt under hela dess livscykel. Denna information utgör underlaget för att bedöma miljöpåverkan i nästa fas av LCA.

För respektive projekt och scenario har därför data samlats in för att fastställa materialtyper, mängder, transportsträckor, bränsle, arbetsmaskiner osv. Då projekten i samband med insamlingsfasen befunnit sig i olika faser är den data som sammanställts i vissa fall preliminär och baseras på den data som är tillgänglig.

Resultatet från analysen redovisas som ett sk Sankeydiagram.

Ett Sankey-diagram är en typ av flödesschema som används för att visualisera fördelningen eller överföringen av resurser, energi, pengar eller andra kvantiteter mellan olika delar av ett system. Diagrammet är särskilt användbart för att visa proportioner och för att identifiera var de största förlusterna eller flödena sker inom systemet.

Att analysera ett flödesdiagram är en viktig process inom systemutveckling, processanalys och projektledning. Ett flödesdiagram är en grafisk representation av en process eller ett arbetsflöde, där olika steg eller aktiviteter visualiseras med symboler och pilar som visar riktningen för flödet. Syftet med att analysera ett flödesdiagram är att förstå, utvärdera och förbättra processen för att öka effektiviteten, minska fel och identifiera flaskhalsar.

Designen av ett Sankey-diagram kännetecknas av dess breda pilar eller band, där bredden på varje pil är proportionell mot mängden som flödar genom den. Detta gör det enkelt att snabbt se vilka delar av systemet som är mest betydelsefulla eller vilka flöden som är störst. Pilarna flyter från vänster till höger.

Notera att det i dessa diagram inte går att utläsa storheter för de bedömda aspekterna, i detta fall koldioxidequivallenter, utan bara den relativa fördelningen av flöden. För att se storheter för de aktuella aspekterna se kapitel 4.

Det bör även noteras att det i vissa fall har använts proxyresurser. Detta görs i de fall då verktyget inte i sin resurslista har en resurs som motsvarar den faktiska resurs som används i projektet. Då väljs en produkt med liknande karaktär, och om möjligt en liknande påverkan. Om det inte är möjligt behöver en omräkning göras, normalt sett av mängd, för att den totala klimatpåverkan skall bli korrekt. Detta kan leda till att namnen på vissa av de resurs som redovisas i sammanställningen kan förefalla felaktiga.

Huvudkomponenter i ett Sankey-diagram:

Flöden: Pilar som representerar kvantiteter, exempelvis energi, pengar eller material.

Proportioner: Bredden på varje pil är direkt kopplad till storleken på flödet, vilket gör det lätt att jämföra olika delar av systemet.

Källor och mottagare: Ursprungspunkter för flödena och de punkter där flödena tar slut eller fördelas vidare.

Ett sankeydiagram ger följande information:

Identifiera nyckelaktiviteter: Tydliggöra de kritiska stegen i processen, såsom beslutspunkter, manuella insatser eller resurskrävande aktiviteter.

Analysera flödet: Utvärdering av hur material och energi rör sig genom processen.

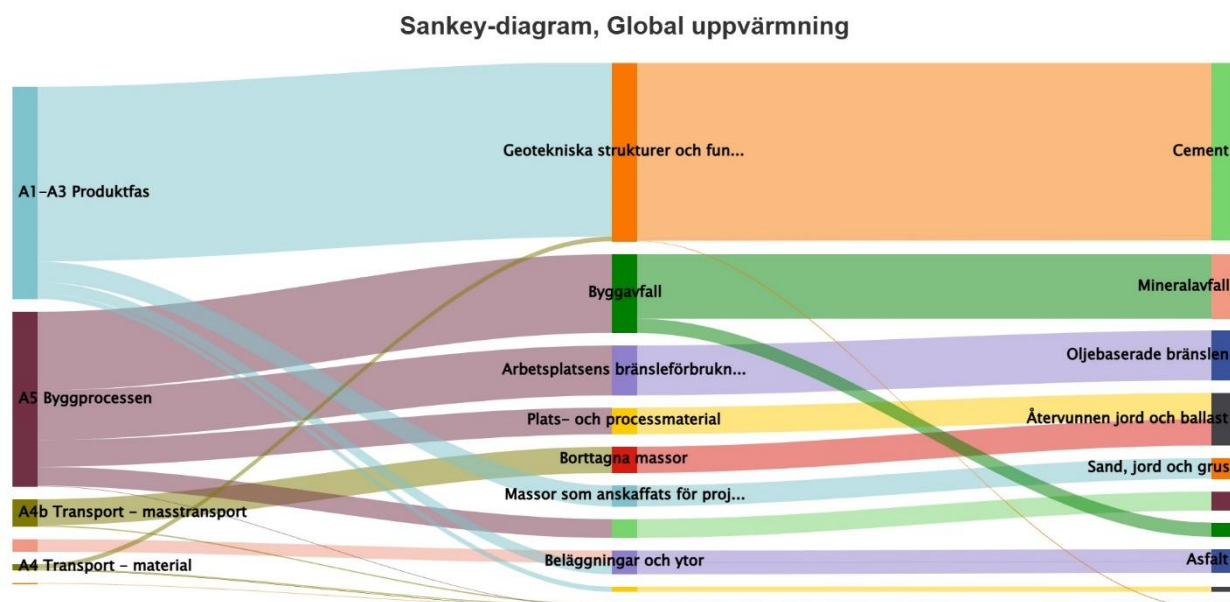
Identifiera flaskhalsar och problem: Belyser punkter där processen ofta stannar upp eller där det uppstår fel. Dessa kan vara beslutspunkter med många alternativ eller steg som kräver mycket resurser.

Underlag för förbättringar: Baserat på analysen kan man föreslå förändringar för att optimera flödet. Det kan innebära att eliminera onödiga steg, automatisera delar av processen eller omorganisera arbetsflödet.

Dokumentera och kommunicera: Sammanfatta analysen och rekommendationerna i en rapport eller presentation. Det är viktigt att involvera berörda parter för att säkerställa att förbättringarna kan implementeras effektivt.

I rapporten redovisas resultatet för klimatpåverkan, i bilaga 2-8 redovisas resultat från samtliga miljöaspekter från analysen.

3.2.1 Bobergsgatan In-Situ Sanering av massor



Figur 1. Flöden av koldioxidekvivalenter inom livscykel faser och kategorier. In-Situ sanering

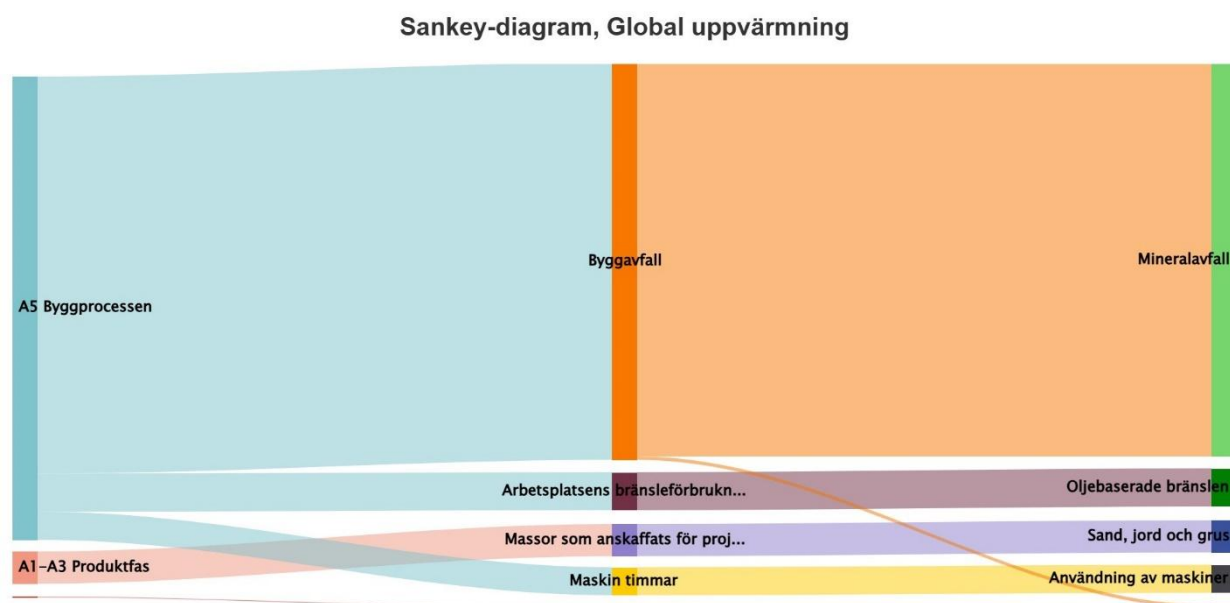
Kommentar till resultatet

Det huvudsakliga flödet som bidrar till klimatpåverkan är den cement som används för In-situ hanteringen. Cementproduktion är en av de mest energikrävande processerna inom bygg- och anläggningsbranschen och står för en betydande andel av de globala koldioxidutsläppen, främst på grund av den kemiska processen som kallas kalkning, där kalksten omvandlas till kalk och koldioxid.

Utöver själva produktionen av cement bidrar användningen av cement i byggprojekt till klimatpåverkan genom den energi som krävs för att transportera, hantera och applicera materialet på byggarbetsplatserna. Även avfall som uppstår (ej förorenade massor) ger ett betydande bidrag, eftersom deponering av dessa material ofta innebär utsläpp av metan och andra växthusgaser, särskilt om de deponeras under lång tid. Det är viktigt att notera att avfallshantering kan förbättras genom återvinning och återanvändning av material, vilket kan minska behovet av ny produktion och därmed klimatpåverkan. Bränsleförbrukning från arbetsmaskiner och interna transporter under byggprocessen (A5) är också betydande faktorer. Användning av fossila bränslen i dessa maskiner bidrar till utsläpp av koldioxid, medan övergång till mer hållbara energikällor kan minska klimatpåverkan. Mass- och materialtransporter (A4) ger relativt begränsad påverkan i jämförelse med schaktsanering, men deras roll bör inte underskattas, särskilt i stora byggprojekt där transportavstånden kan vara långa. För att minska den totala klimatpåverkan är det viktigt att implementera strategier som minimerar cementanvändning, optimerar materialhantering, förbättrar energieffektiviteten i

maskiner och transporter samt främjar användning av miljövänliga material och metoder inom byggsektorn.

3.2.2 Bobergsgatan Ex-Situ Sanering av massor



Figur 2. Flöden av koldioxidekvivalenter inom livscykel faser och kategorier. Ex-Situ sanering

Kommentar till resultatet

Detta scenario motsvarar en traditionell schaktsanering, vilket innebär att man använder sig av etablerade metoder för att avlägsna förorenad jord eller material från arbetsområdet. Den huvudsakliga påverkan på miljön och klimatet i detta sammanhang kan delas in i två huvudkategorier: den direkta påverkan från arbetsmaskiner och transport samt den mer omfattande, långsiktiga påverkan från deponering av förorenade massor.

Den direkta påverkan kommer främst från användningen av arbetsmaskiner som gräver, lyfter och transporterar schaktmassor. Dessa maskiner förbrukar fossila bränslen, vilket genererar koldioxidutsläpp och andra växthusgaser. Dessutom bidrar buller och luftföroreningar till den lokala miljöpåverkan. Transporten av massor till och från platsen innebär ytterligare utsläpp, särskilt om långa avstånd är involverade.

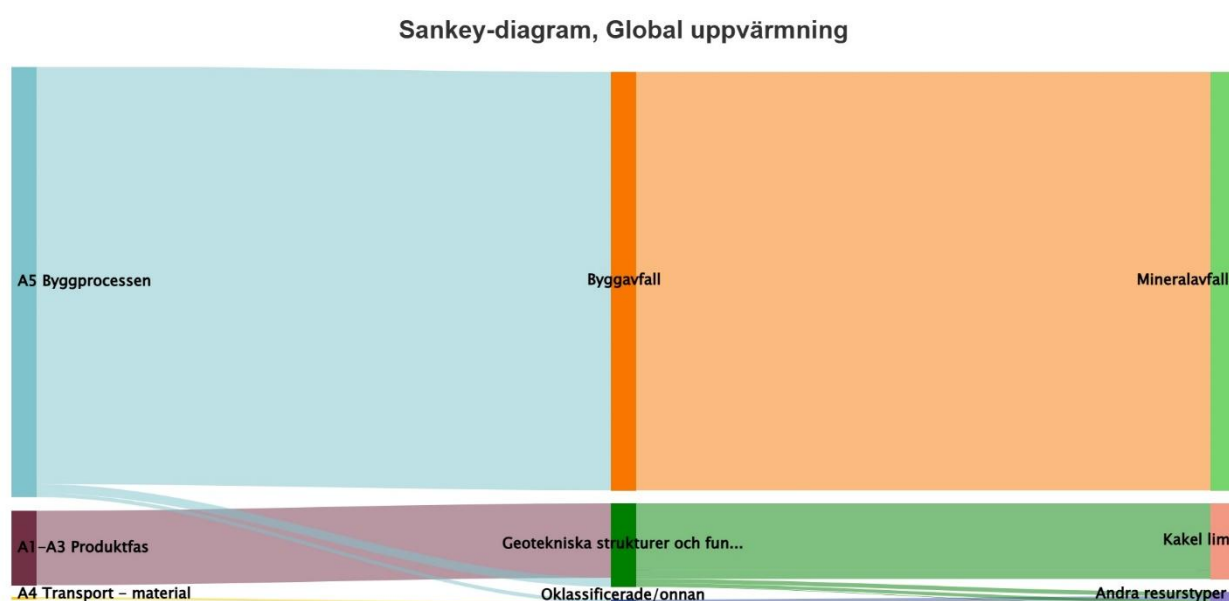
Den mest betydelsefulla klimatpåverkan härrör dock från deponering av förorenade massor. När dessa massor deponeras på deponeringsplatser, sker en rad kemiska och biologiska processer som kan frigöra växthusgaser som metan, en mycket potent växthusgas. Dessutom kan läckage av föroreningar till mark och grundvatten ske, vilket kan ha långsiktiga miljöeffekter.

Ur ett livscykel perspektiv är det viktigt att beakta hela processen, från utvinning av material, transport, hantering, till deponering och eventuella efterbehandlingsåtgärder.

Att minimera klimatpåverkan kan exempelvis innebära att välja mer energieffektiva maskiner, optimera transportvägar, samt att undersöka möjligheter till återvinning eller återanvändning av förorenade massor.

Sammanfattningsvis är det avgörande att ha en helhetssyn på schaktsaneringsprocessen för att kunna minska dess klimatpåverkan, inte bara genom att fokusera på enskilda delar, utan genom att implementera hållbara och miljövänliga metoder i hela kedjan.

3.3.1 Skellefteå Hamn In-Situ Stabilisering av muddermassor Farligt Avfall



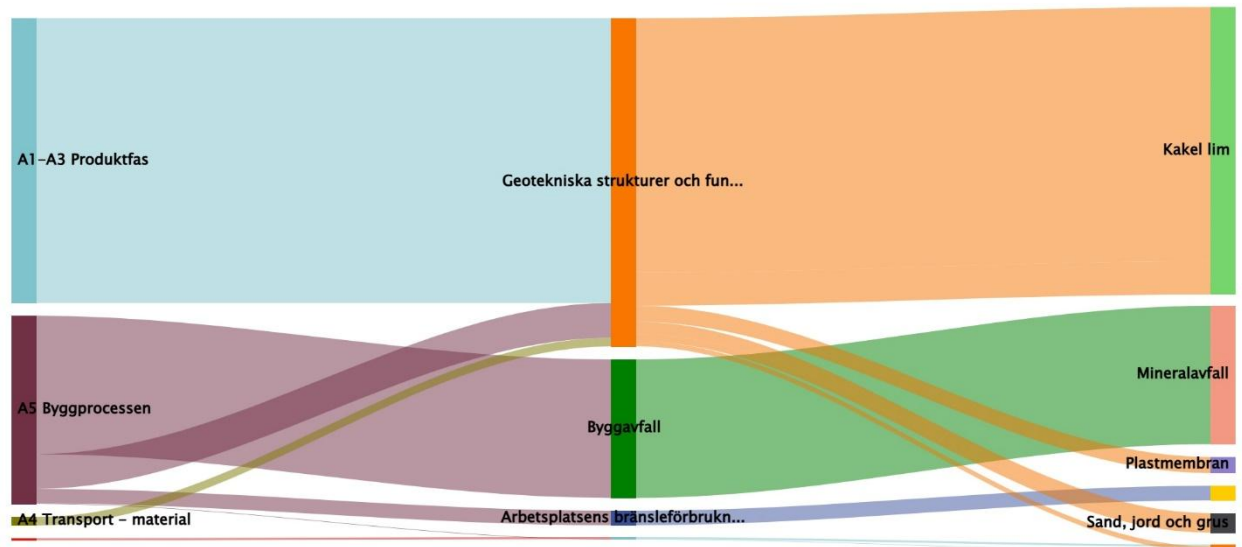
Figur 3. Flöden av koldioxidekvivalenter inom livscykel faser och kategorier. In-Situ sanering, Farligt Avfall

Kommentar till resultatet

Huvuddelen av den direkta klimatpåverkan från stabiliseringsprocessen kommer från användandet av cementslurry (benämns "kakel/lim" i figur 3) som bindemedel i stabiliseringsprocessen. Den dominerande delen av den totala påverkan kommer dock från sluthantering av de stabiliserade massorna. Effekten av farligt avfall i deponier kan variera stort beroende på avfallets egenskaper och hur hantering går till i deponier. I Sverige finns regler för hantering av farligt avfall som begränsar dess effekt i miljön, bland reglerna finns hantering av till exempel metangas som minskar utsläpp av växthusgaser, hantering av lakvattnet, osv. Tillgång till det farliga avfallets effekter i miljön ur ett svenskt perspektiv och beroende på avfallets egenskaper skulle kunna bidra till bättre underlag för beslutsfattare och är därför ett område som skulle kunna behöva undersökas ytterligare.

3.3.2 Skellefteå Hamn In-Situ hantering av muddermassor Ej farligt avfall

Sankey-diagram, Global uppvärmning



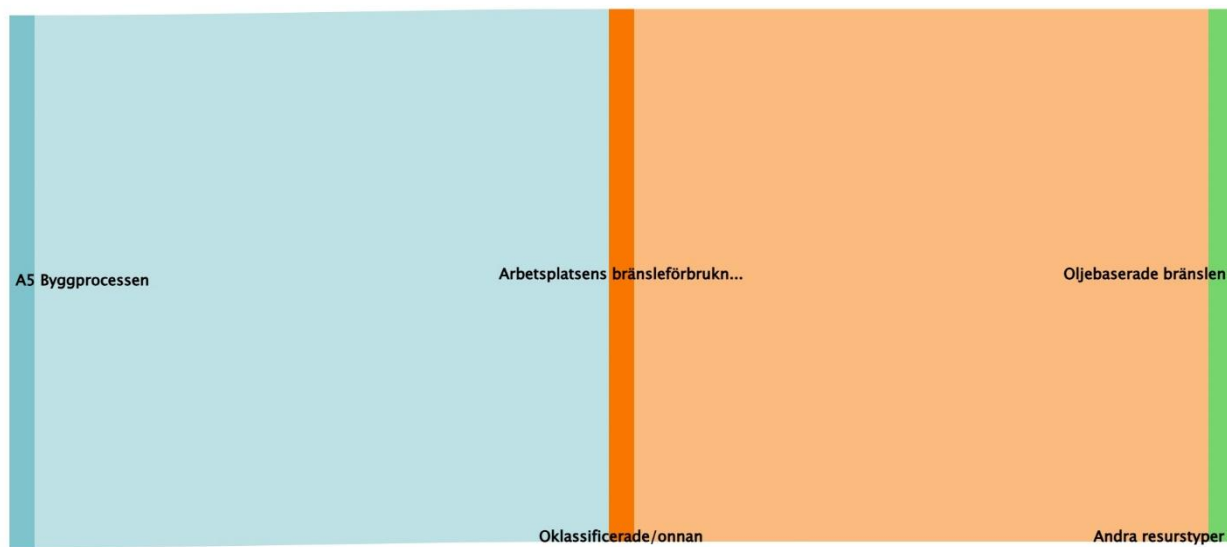
Figur 4. Flöden av koldioxidekvivalenter inom livscykelphaser och kategorier. In-Situ sanering, Ej farligt Avfall

Kommentar till resultatet

Detta scenario har utgått från samma förutsättningar och arbetsmoment som 3.3.1 med skillnaden att det stabiliserade massorna inte klassas som farligt avfall, det innebär en betydligt mindre påverkan ur ett livscykelerspektiv och därför blir påverkan från stabiliseringsprocessen större relativt sett.

3.3.3 Skellefteå Hamn Ex-Situ hantering av muddermassor

Sankey-diagram, Global uppvärmning



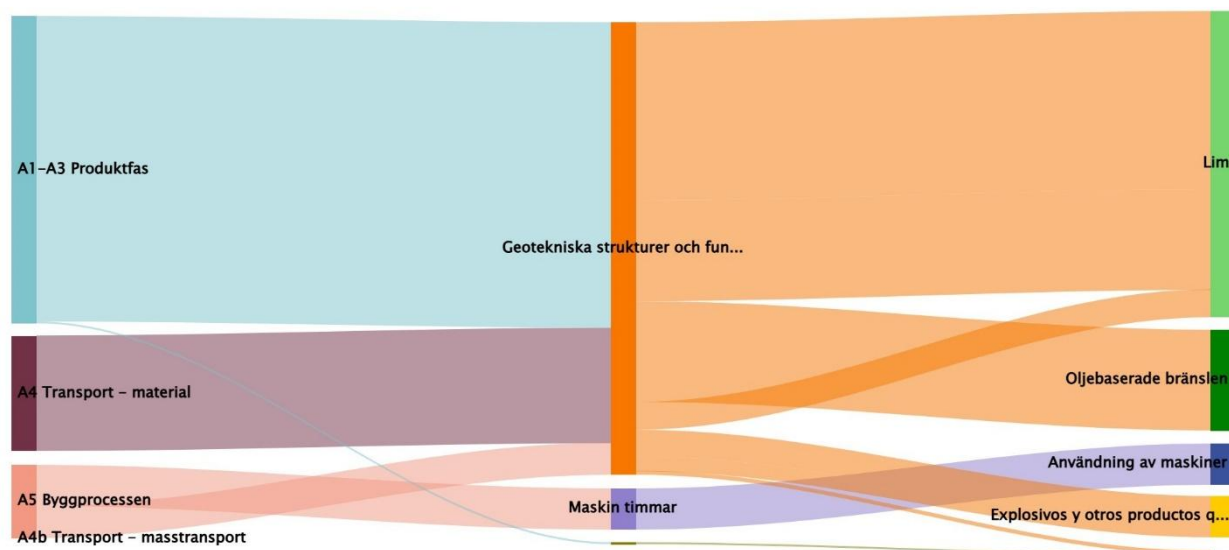
Figur 5. Flöden av koldioxidekvivalenter inom livscykel faser och kategorier. Ex-Situ sanering,

Kommentar till resultatet

Det scenario som bedöms här är som framgår av beskrivningen av projektet principiellt mycket enkel. Massor, rena och förorenade, muddras och läggs direkt på pråmar som sedan fraktas ut till anvisad dumpningsplats utan någon hantering av materialet i övrigt. Förorenade massor läggs i botten och täcks av rena massor på fördefinierade platser. Inga speciella konstruktioner eller stödjande funktioner krävs i detta scenario. Påverkan kommer därför i princip uteslutande från användandet av muddringsverk samt transporter av materialet med pråmar, och dessas användning av fossila bränslen. Det kan anses, vilket också var Havs- och vattenmyndighetens resonemang, att denna metod inte är utan risk för påverkan på omgivningen. Eventuell påverkan på havsmiljön till följd av muddermassors effekt i havsbotten (grumling, utsläpp av föroreningar osv) saknas i One-click, troligtvis på grund av brist på underlag och därför speglas inte dessa effekter över tid, vilket kan ses som en brist i metodiken, se vidare kap 4.

3.3.4 Norrköping In-situ sanering av förorenade massor

Sankey-diagram, Global uppvärmning



Figur 6. Flöden av koldioxidekvivalenter inom livscykel faser och kategorier. In-Situ sanering,

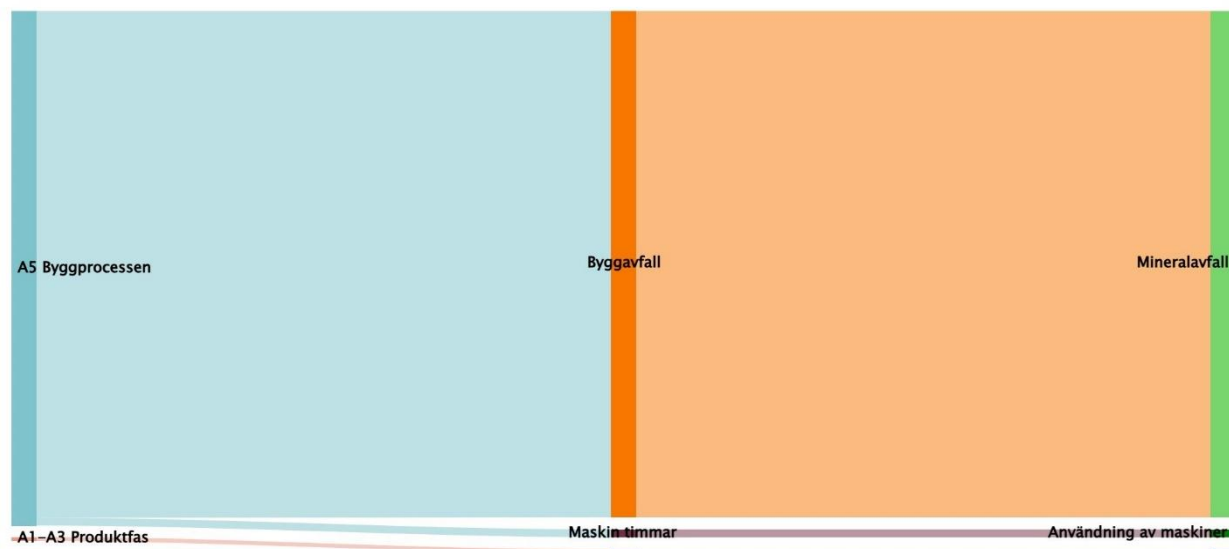
Kommentar till resultatet

Den metod som avses i Norrköping är relativt lik den som används i Bobergsgatan, vilket innebär att båda platserna använder sig av en liknande process för att hantera och behandla material. Den huvudsakliga bidragande produkten i denna metod är det oxidationsmedel som används, vilket benämns som "lim" i figur 6. Detta oxidationsmedel är avgörande för att möjliggöra en kemisk reaktion som bryter ner eller omvandlar materialet på ett effektivt sätt, vilket är en central del av behandlingsprocessen.

Utöver detta spelar en rad andra faktorer en roll i den totala processen. Transport av material är en betydande faktor, eftersom det påverkar både tidsåtgång och bränsleförbrukning. Dessutom är aktiviteter kopplade till byggarbetsplatsen, såsom hantering av avfall, förberedelse av arbetsområdet och användning av arbetsmaskiner, viktiga för att säkerställa att processen genomförs på ett säkert och effektivt sätt. Bränsleåtgång för arbetsmaskiner är en annan kritisk faktor, eftersom den påverkar både kostnader och miljöpåverkan.

3.3.5 Norrköping Ex-Situ hantering av förorenade massor

Sankey-diagram, Global uppvärmning



Figur 6. Flöden av koldioxidekvivalenter inom livscykel faser och kategorier. In-Situ sanering,

Kommentar till resultatet

Detta motsvarar en traditionell schaktsanering att avlägsna markföroreningar. Den huvudsakliga påverkan i denna process kommer från sluthantering av de förorenade massorna, vilket innebär att de förorenade jordmassorna behandlas eller deponeras på en godkänd anläggning. Utöver detta bidrar i mindre omfattning maskin användning i samband med schaktning till påverkan, där grävmaskiner och andra maskiner används för att gräva och förflytta jordmassor, samt transporterna av massorna till sluthanteringsanläggningen. Dessa aktiviteter, även om de är mindre omfattande, kan även bidra till exempelvis buller och dammning och beroende på vilken typ av maskiner och transportmedel som används

I den beskrivna processen för schaktsanering avlägsnas föroreningar från marken, vilket är en viktig del av miljöskydd och markrening. Den huvudsakliga påverkan i denna process är relaterad till hanteringen av de förorenade massorna, vilket innebär att jordmassorna som innehåller föroreningar måste behandlas eller deponeras på en godkänd avfallsanläggning. Detta steg är kritiskt eftersom det direkt påverkar miljön och kräver noggrann planering för att minimera riskerna för ytterligare spridning av föroreningar. Exempelvis kan förorenade jordmassor deponeras i särskilda anläggningar som är utformade för att förhindra läckage och spridning av skadliga ämnen till omgivningen.

Utöver detta bidrar i mindre omfattning påverkan från maskin användning i samband med schaktning, där grävmaskiner och andra maskiner används för att gräva upp och förflytta jordmassor. Transporterna av massorna till sluthanteringsanläggningen är också en viktig faktor, eftersom de kan generera buller, damm och resultera i utsläpp

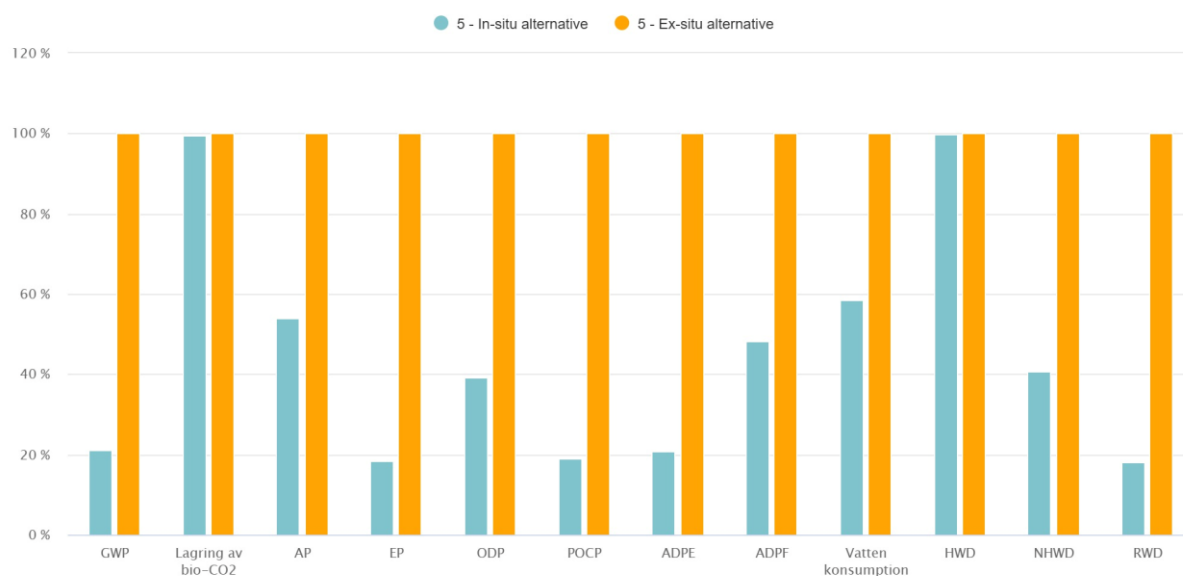
av föroreningar. Exempelvis kan användning av dieseldrivna grävmaskiner och lastbilar leda till utsläpp av kväveoxider och partiklar, vilket påverkar luftkvaliteten i området. Även om dessa aktiviteter ger utsläpp i mindre omfattande jämfört med själva masshanteringen, kan de ändå ha betydande miljöeffekter, särskilt om de inte utförs med moderna, miljöanpassade maskiner eller under kontrollerade förhållanden.

För att minimera den negativa påverkan kan man exempelvis använda elektriska maskiner, implementera dammregleringstekniker, och planera och optimera transporter för att undvika onödig trafik och resulterande utsläpp. Dessutom kan man genomföra regelbundna miljöutvärderingar för att säkerställa att påverkan hålls på en acceptabel nivå och att åtgärder vidtas för att reducera eventuella negativa effekter.

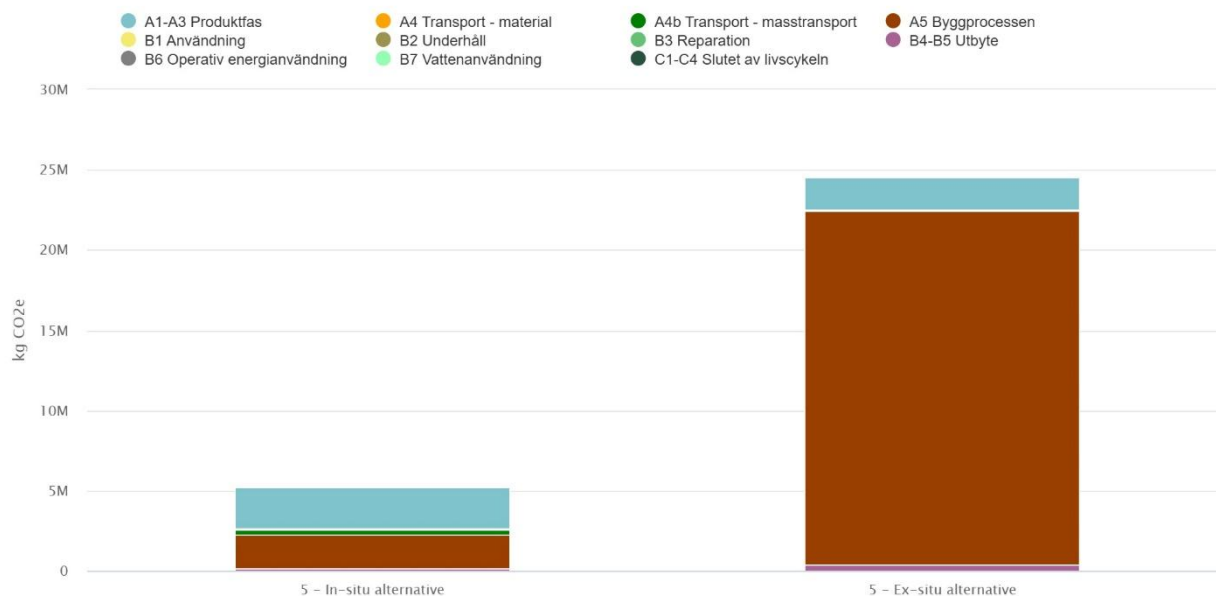
4. MILJÖ-LIVSCYKELANALYS (LCA)

I detta kapitel presenteras hur stor påverkan på de analyserade aspekterna som beskrivs under 2.4 har för respektive undersökt scenario. I stapeldiagrammen redovisas hur stor påverkan ett scenario har jämfört med ett eller flera andra.

4.1 Jämförande analys Bobergsgatan



Figur 7. Jämförelse av påverkan av samtliga miljöaspekter.



Figur 8. Jämförelse mängd CO2e uppdelat på faser i livscykeln

Kommentar till resultatet

För majoriteten av de bedömda aspekterna är påverkan betydligt lägre för In-Situ alternativet. Skillnaden är särskilt påtaglig, mer än en halvering, för följande aspekter:

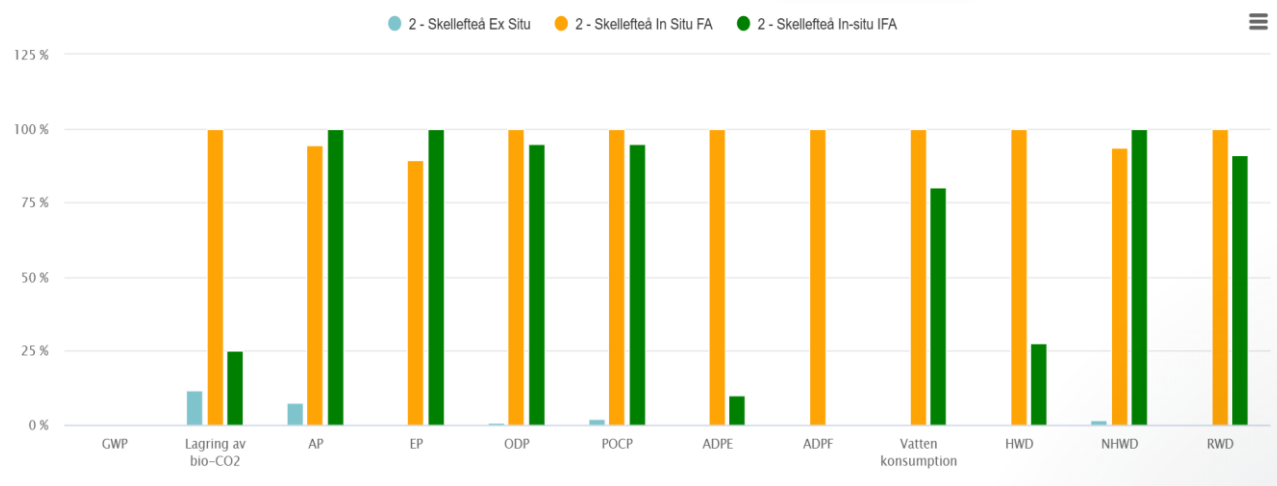
- Global Uppvärmning
- Övergödning
- Bildning av ozon i lägre atmosfärer
- Abiotisk utarmning potential (ADP-element) för icke fossila resurser
- Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen) för fossila resurser
- Hantering av icke farligt avfall
- Hantering av radioaktivt avfall

Det kan noteras att för In-Situ alternativet har produktfasen (A1-A3) en betydligt större påverkan relativt sett mot Ex-situ alternativet där byggprocessen (A5) är dominerande, detta kan förklaras med att transporter och masshantering som är betydligt mer omfattande i Ex-situ alternativet ligger i den kategorin. För In-situ alternativet sker en relativt begränsad mängd transporter och extern masshantering,

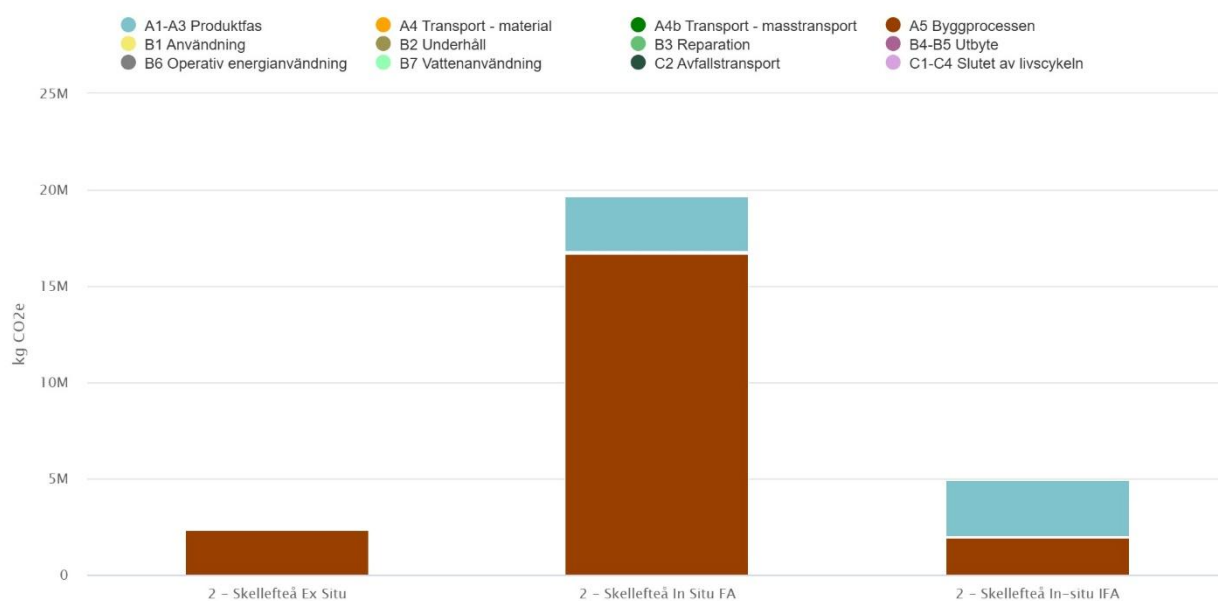
Det finns dock osäkerheter gällande exempelvis avgång av metan i samband med stabilisering (In-situ) som inte fångas upp i denna analys, däremot är det en faktor som påverkar i Ex-situ alternativet för deponering av massor. Detta gör sannolikt att skillnaden i påverkan på Global uppvärmning ser större ut än i verkligheten, hur stor denna skillnad är har dock inte kunnat kvantifieras i denna studie. En annan potentiell osäkerhet är att det för förorenade massor till deponi inte finns någon resurs som

redovisar påverkan baserad på svenska värden utan bara ett generellt globalt värde. Detta gäller för samtliga scenarion som redovisar den typen av resurs.

4.2 Jämförande analys Skellefteå Hamn



Figur 9. Jämförelse av påverkan av samtliga miljöaspekter.



Figur 10. Jämförelse mängd CO2e uppdelat på fas i livscykeln

Kommentar till resultatet

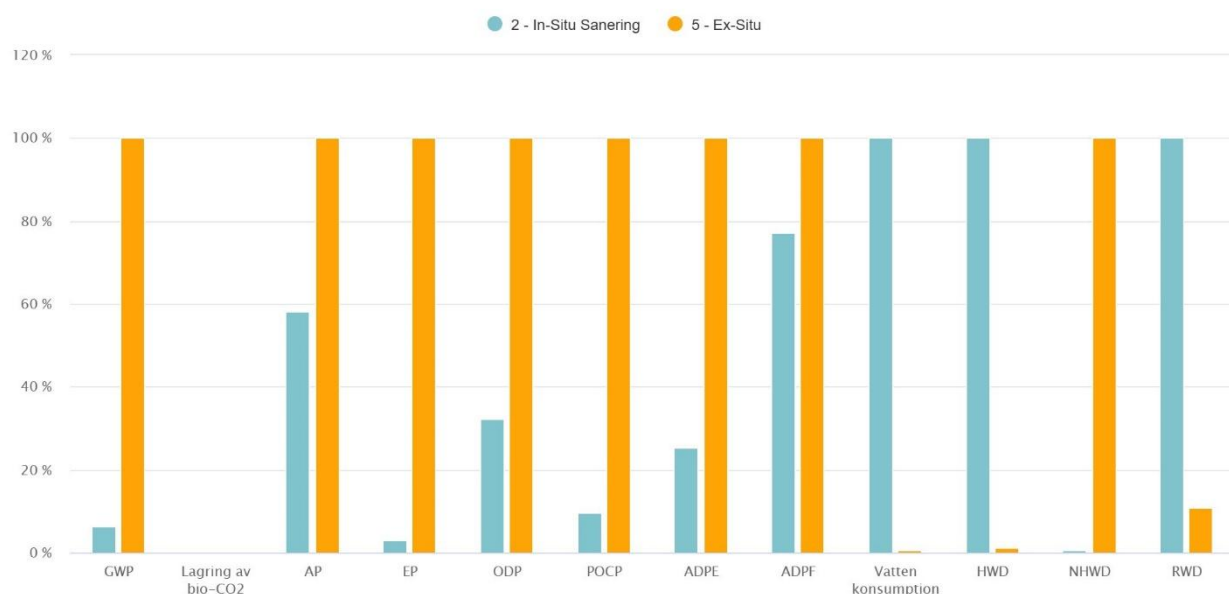
Det är tydligt att det för samtliga kategorier är mycket stor skillnad mellan Ex-situ scenariot och de två jämförande In-situ fallen. Detta beror huvudsakligen på den

förhållandevis enkla Ex-situ hanteringen, se 2.2.2, som ger mycket begränsad påverkan inom de flesta ingående aspekterna då det i princip inte åtgår några material utan nästan enbart bränsle i samband med muddring och direkttransport av muddermassor. Det är dock viktigt att notera att den potentiella påverkan på havsmiljön som var grunden till att den lösningen inte användes inte heller hanteras i livscykelanalysen.

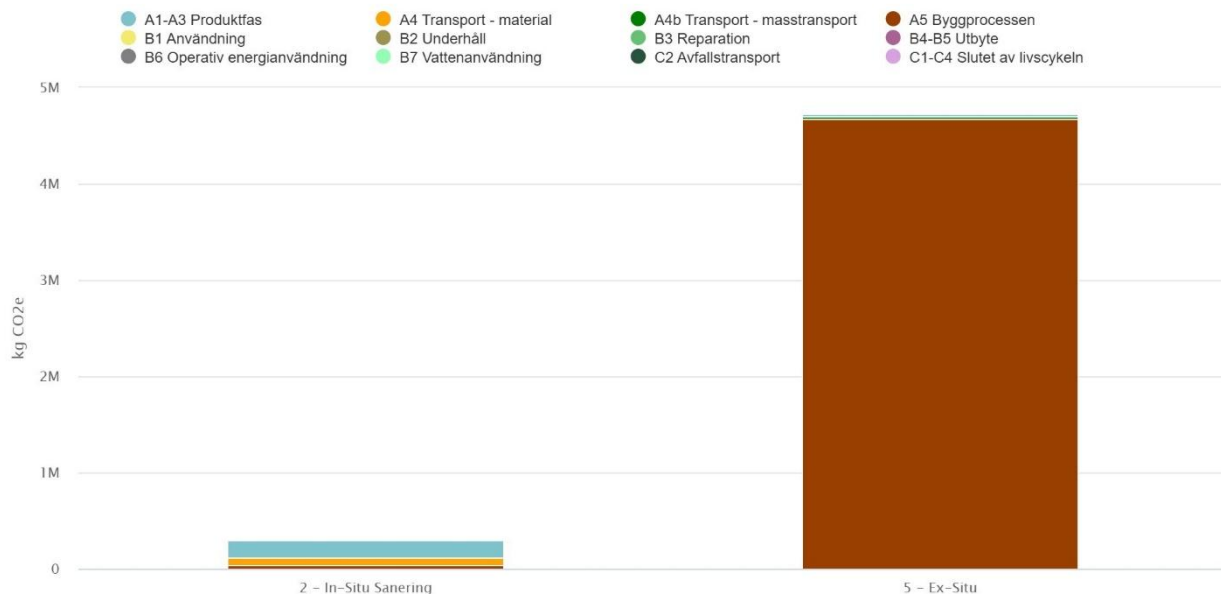
I jämförelsen mellan de två In-situ alternativen (stabilisering) ger alternativet där det antas att stabiliserade massor i sin helhet klassas som Farligt avfall betydligt större påverkan inom följande kategorier:

- Global Uppvärmning
- Abiotisk utarmning potential (ADP-element) för icke fossila resurser
- Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen) för fossila resurser
- Hantering av farligt avfall

4.3 Norrköping, In-situ sanering av förorenade massor



Figur 11. Jämförelse av påverkan av samtliga miljöaspekter.



Figur 12. Jämförelse mängd CO2e uppdelat på fas i livscykeln

Kommentar till resultatet

Liknande som för projekt Bobergsgatan så ger In-Situ alternativet betydligt mindre påverkan på flertalet av de undersökta aspekterna.

- Global Uppvärmning
- Övergödning
- Bildning av ozon i lägre atmosfärer
- Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen) för fossila resurser
- Hantering av icke farligt avfall
- Hantering av radioaktivt avfall

5. AKTIVITET 4 LIVSCYKELKOSTNADER

Livscykelkostnadsanalys ett värdefullt verktyg för att bedöma den totala kostnadseffektiviteten av saneringsprojektet. Genom att inkludera relevanta kostnader över projektets hela livslängd kan beslutsfattare optimera resurser och säkerställa att projektet är hållbart både ekonomiskt och miljömässigt. För projekten Bobergsgatan och Norrköping var Ex-situ alternativet aldrig aktuellt så inga ekonomiska kalkyler har tagits fram för dessa scenarion. För Port of Skellefteå däremot var Ex-situ alternativet beräknat.

5.1 Schablonkostnader för ex-situ Bobergsgatan

Efter samtal med entreprenörer samt genomgång av befintliga projekt där schaktsanering genomförts har schabloner för kostnader i Sek för följande poster tagits fram, dessa skall ses som en relativt grov uppskattning, variationer utanför detta spann kan förekomma.

Tabell 4, Schablonvärden masshantering

Arbetsmoment (ton)	Låg (sek/ton)	Hög (sek/ton)	Medel (sek/ton)
Schaktarbete	100	200	150
Transport till mottagning (10 km)	50	100	75
Mottagningsavgift ej farligt avfall	100	200	150
Mottagningsavgift Farligt avfall	1000	2000	1500

Nedan redovisas totala mängder avfall kopplat till schaktsaneringen, det handlar huvudsakligen om jordmassor men även mindre mängder asfalt som ej återvinns.

Farligt avfall 62 000 ton

Ej farligt avfall 152 000 ton

Beräkning av totalkostnad för avfallshantering

För att beräkna den totala kostnaden multiplicerar vi mängderna av avfallet med kostnaderna för varje arbetsmoment och alternativ. Nedan visas beräkningarna för varje scenario.

Scenario 1: Låg (sek/ton)

Farligt avfall:

- Schaktarbete: $62\,000 \text{ ton} * 100 \text{ sek/ton} = 6\,200\,000 \text{ sek}$
- Transport: $62\,000 \text{ ton} * 50 \text{ sek/ton} = 3\,100\,000 \text{ sek}$
- Mottagningsavgift farligt: $62\,000 \text{ ton} * 1000 \text{ sek/ton} = 62\,000\,000 \text{ sek}$

Ej farligt avfall:

- Schaktarbete: $152\,000 \text{ ton} * 100 \text{ sek/ton} = 15\,200\,000 \text{ sek}$
- Transport: $152\,000 \text{ ton} * 50 \text{ sek/ton} = 7\,600\,000 \text{ sek}$
- Mottagningsavgift ej farligt: $152\,000 \text{ ton} * 100 \text{ sek/ton} = 15\,200\,000 \text{ sek}$

Totalkostnad för scenario 1:

Farligt avfall: $6\,200\,000 + 3\,100\,000 + 62\,000\,000 = 71\,300\,000 \text{ sek}$

Ej farligt avfall: $15\,200\,000 + 7\,600\,000 + 15\,200\,000 = 37\,999\,999 \text{ sek}$

Sammanlagt: **109 299 999 sek**

Scenario 2: Hög (sek/ton)

Farligt avfall:

- Schaktarbete: $62\,000 * 200 = 12\,400\,000 \text{ sek}$
- Transport: $62\,000 * 100 = 6\,200\,000 \text{ sek}$
- Mottagningsavgift: $62\,000 * 2000 = 124\,000\,000 \text{ sek}$

Ej farligt avfall:

- Schaktarbete: $152\,000 * 200 = 30\,400\,000 \text{ sek}$
- Transport: $152\,000 * 100 = 15\,200\,000 \text{ sek}$
- Mottagningsavgift: $152\,000 * 2000 = 304\,000\,000 \text{ sek}$

Totalkostnad för scenario 2:

Farligt avfall: $12\,400\,000 + 6\,200\,000 + 124\,000\,000 = 142\,600\,000$ sek

Ej farligt avfall: $30\,400\,000 + 15\,200\,000 + 304\,000\,000 = 349\,600\,000$ sek

Sammanlagt: **492 200 000 sek**

Scenario 3: Medel (sek/ton)

Farligt avfall:

- Schaktarbete: $62\,000 * 150 = 9\,300\,000$ sek
- Transport: $62\,000 * 75 = 4\,650\,000$ sek
- Mottagningsavgift: $62\,000 * 1500 = 93\,000\,000$ sek

Ej farligt avfall:

- Schaktarbete: $152\,000 * 150 = 22\,800\,000$ sek
- Transport: $152\,000 * 75 = 11\,400\,000$ sek
- Mottagningsavgift: $152\,000 * 1500 = 228\,000\,000$ sek

Totalkostnad för scenario 3:

Farligt avfall: $9\,300\,000 + 4\,650\,000 + 93\,000\,000 = 106\,950\,000$ sek

Ej farligt avfall: $22\,800\,000 + 11\,400\,000 + 228\,000\,000 = 262\,200\,000$ sek

Sammanlagt: **369 150 000 sek**

5.2 In situ Bobergsgatan

I tabellen nedan redovisas sammanfattande de moment som är kopplade till in-situ saneringen i projekt Bobergsgatan.

Tabell 5 Kostnader In-Situ Bobergsgatan

Arbetsmoment	Sek
FÖRARBETEN, HJÄLPARBETEN, SANERINGSARBETEN, FLYTTNING, DEMONTERING, RIVNING, RÖJNING M M	1 644 912
HJÄLPARBETEN I ANLÄGGNING	1 757 290
SANERINGSARBETEN I MARK, ANLÄGGNING O D	85 453 740
FLYTTNING, DEMONTERING OCH RIVNING	2 809 547

TRÄDFÄLLNING, RÖJNING M M	65 946
SCHAKT	4 851 564
FYLLNING, LAGER I MARK M M	9 457 476
UTTAG AV MASSOR, AVLÄMNANDE AV MASSOR OCH AVFALL	6 055 271
LAGER AV GEOSYNTET, CELLPLAST, MINERALULL, STÅL M M	171 692
Totalt	112 267 438

Analys av kostnadsfördelning och tidsram

Projektet sträcker sig över cirka 28 månader, från december 2023 till juni 2024. Under denna period är de största kostnaderna för saneringsarbeten i mark, anläggning och relaterade aktiviteter. Det är viktigt att notera att kostnader för sanering i mark och anläggning utgör den största delen av den totala kostnaden, vilket indikerar att detta är en kritisk faktor i projektets ekonomi.

Faktorer som påverkar livscykelkostnader

- **Projektets omfattning och komplexitet:** Ju mer omfattande och komplext saneringsarbetet är, desto högre blir initialkostnaderna.
- **Miljökrav och regelverk:** Strängare krav kan leda till ökade kostnader för miljöskydd och kontroll.
- **Teknologiska lösningar:** Användning av avancerad teknik kan initialt vara kostsamt men kan minska kostnader på lång sikt.
- **Efterföljande underhåll:** Planering för framtida underhåll och kontroll är avgörande för att minimera långsiktiga kostnader.

5.3 Ex-situ Skellefteå

Totala kostnader kopplade till muddringsarbetet, vilket i princip utgör Ex-situ alternativet i sin helhet. De aktiviteter som omfattas i kostnadssammanställningen omfattar ca 6 månader. Dessa är uppdelade enligt följande poster:

Tabell 6 Kostnader Ex-situ Skellefteå

Muddring jord	64 968 000
Muddring berg	16 906 000
Släntbegränsningar och erosionsskydd	6 288 485
Totalt	88 162 485

Aktiviteter kopplade till muddring, vilket främst handlar om maskinhyra och transportkostnader, uppgår till ca 81 Msek och utgör således den absoluta majoriteten av kostnader för detta scenario. Utöver dessa kostnader tillkommer en kostnadspost för släntbegränsning och erosionsskydd vilket totalt ger kostnader på ca 88 Msek. Bränslekostnaderna utgår från att Diesel MK1 används, skulle exempelvis HVO-100 användas så skulle klimatpåverkan kunna minskas betydande men till en viss kostnadsökning. Hur stor denna skulle bli varierar betydande över tid och har inte beräknats i detta fall.

5.3 In-situ Skellefteå

De totala kostnaderna kopplade till In-situ stabiliseringen redovisas nedan.

Kostnader kopplade till försening eller omprojektering ingår inte i dessa kostnader.

Tabell 7 Kostnader in-Situ Skellefteå

Anlägga behandlingsanläggning	17 913 469
Muddring, sjömätning, siltgardin	74 947 908
Lossning, blandning, utlastning & deponering	61 770 874
Rivning behandlingsanläggning	16 868 640
Omkostnader landhantering	537 845
Totalt	172 038 736

Denna analys ger en översikt över de totala kostnaderna för in-situ stabiliseringsprojektet i Skellefteå, med fokus på att sammanfatta de ekonomiska aspekterna av projektets hela livscykel. Kostnaderna är baserade på en tidsperiod av cirka sex månader, vilket är den planerade varaktigheten för aktiviteterna.

Kostnaden för muddring är liknande den som beräknades i ex-situ scenariot, den huvudsakliga kostanden som tillkommer är själva stabiliseringen och hanteringen av de stabiliserade massorna ("Lossning, blandning ..")

6. AKTIVITET 5 ANALYS AV SOCIALA EFFEKTER-INTERVJUER

6.1 Förutsättningar

För att se på eventuella sociala aspekter av In-situ hanteringen har ett antal intervjuer genomförts. I detta fall är det svårt att direkt jämföra med motsvarande effekter för Ex-situ hanteringen då dessa är teoretiskt jämförande scenario. Den huvudsakliga störningen som kan antas uppstå vid Ex-situ hanteringen som normalt inte är lika omfattande vid In-situ hantering är ökade transporter med tung trafik samt en längre tidsperiod då markarbete pågår i det aktuella arbetsområdet.

I fallet Skellefteå hamn är dock förhållandet det omvända eftersom Ex-situ alternativet med muddring/dumpning till havs sannolikt skulle ha mycket begränsad direkt påverkan på tredje man. Det faktiska alternativet med In-situ stabilisering med efterföljande extern sluthantering medför ökade transporter på land och ger därför sannolikt större direkt påverkan på omgivningen. Konsekvensen på sociala aspekter av en dumpning av farligt avfall till havs är svårt att bedöma och ett sådant resonemang skulle bli alltför hypotetiskt.

Ett frågeunderlag togs fram för beställare respektive ämnesexperter. Se bilaga x. Intervjuer genomfördes via Teams med representanter från projekten.

6.2 Kvalitativ kodning

Kvalitativ kodning innebär att analysera och kategorisera data för att identifiera meningsfulla mönster och teman. Denna process är central inom kvalitativ forskning och kräver en systematisk metod för att säkerställa att kodningen är både tillförlitlig och meningsfull. För att effektivt färdigställa kodningen bör man först ha en tydlig förståelse för de data som analyseras, inklusive att ha tagit fram initiala koder baserade på de frågor som ställs.

Kodningen sorteras under två huvudkategorier: axial och selektiv kodning. Axial kodning innebär att man organiserar de initiala koderna kring centrala kategorier eller teman, vilket hjälper till att förstå relationerna mellan olika delar av underlag. Under denna fas bör man identifiera huvudkategorier och relatera subkategorier till dessa, vilket ger en struktur för vidare analys.

Selektiv kodning är den sista fasen i kodningsprocessen, där man fokuserar på de mest relevanta och centrala kategorierna för att utveckla en sammanhängande berättelse eller teori. Här väljer man ut de koder som bäst representerar forskningsfrågorna och integrerar dessa till en övergripande förståelse av datamaterialet. Det innebär att man förfinar och justerar kategorierna för att skapa en tydlig och koherent narrativ.

För att säkerställa att kodningen är av hög kvalitet bör man dokumentera varje steg i processen, inklusive motivering för kodval och kategorisering. Det är också rekommenderat att involvera flera kodare för att öka reliabiliteten, samt att regelbundet granska och revidera kodningen för att undvika subjektivitet och säkerställa att den är så objektiv som möjligt. Slutligen bör man sammanställa resultaten i en rapport eller

presentation som tydligt visar hur kodningen har genomförts och vilka insikter den har genererat.

6.3 Sammanfattning av kvalitativ kodning – In-situ sanering i tre projekt

Den kvalitativa analysen bygger på open codes från tre separata saneringsprojekt: Bobergsgatan i Stockholm, Gasklockan i Norrköping och Port of Skellefteå. Genom en systematisk kodningsprocess har materialet bearbetats i tre steg: öppen kodning, axial kodning och selektiv kodning.

Open Coding

Initialt identifierades ett brett spektrum av observationer och erfarenheter från intervjuer för respektive projekt, såsom tekniska utmaningar, miljöeffekter (faktiska eller potentiella), kommunikations- och uppföljningsbehov. Koderna färgmarkerades för att särskilja projekten och ge visuell översikt över återkommande teman.

Axial Coding

Open codes sorterades under fyra tematiska axiala kategorier:

- 1. Teknisk funktion och genomförande** – Variation i injektering, reaktionstid och geologiska förhållanden, påverkan på projekttid.
- 2. Miljömässig påverkan** – Luktproblem, spridning och restföroreningar.
- 3. Upplevelse och acceptans** – Oro bland boende, bristande kommunikation och projektägarens respons.
- 4. Utvärdering och uppföljning** – Tolkning av mätdata, behov av kompletterande provtagning och metodutveckling.

Selective Coding

Två kärnkategorier identifierades som övergripande teman:

- **Systemisk komplexitet i in-situ sanering** – saneringsprocessen påverkas av tekniska, miljömässiga och utvärderingsmässiga faktorer i ett sammanhängande system.
- **Legitimitet genom kommunikation och transparens** – projektets sociala acceptans är beroende av tydlig information, delaktighet och förtroendeskapande åtgärder.

Slutsats Intervjuer

Analysen visar att framgångsrik in-situ sanering inte enbart beror på teknisk effektivitet, utan kräver en helhetssyn där miljömässiga konsekvenser, social acceptans och utvärderingsmetodik integreras. Resultatet kan ligga till grund för framtida modellering av saneringsprojekt som adaptiva system med parallella tekniska och kommunikativa dimensioner.

En framgångsrik in-situ sanering innebär att man inte bara fokuserar på att eliminera föroreningar på plats, utan även tar hänsyn till de långsiktiga miljömässiga effekterna och hur dessa påverkar det omgivande samhället. Det är avgörande att förstå de potentiella riskerna och fördelarna med olika saneringsmetoder för att kunna välja den mest hållbara lösningen. Dessutom är social acceptans en kritisk faktor, eftersom projektets framgång ofta är beroende av omgivningens stöd och förståelse för åtgärderna.

Utvärderingsmetodik spelar en central roll i att mäta och följa upp saneringsresultatet. Det handlar om att använda sig av robusta och transparenta metoder för att bedöma effekterna av saneringen, inklusive miljömässiga, sociala och ekonomiska aspekter. Genom att integrera dessa faktorer kan man skapa en mer heltäckande bild av projektets framgång och identifiera områden för förbättring.

Framtidens modellering av saneringsprojekt bör därför utvecklas till adaptiva system som kan anpassa sig efter förändrade förhållanden och ny kunskap. Dessa system bör ha parallella tekniska och kommunikativa dimensioner, där tekniska lösningar kombineras med effektiva informations- och kommunikationsstrategier för att engagera alla intressenter. På så sätt kan saneringsinsatser bli mer flexibla, hållbara och accepterade av samhället, vilket ökar chansen för långsiktig framgång och minimal miljöpåverkan.

7. SAMMANFATTANDE HÅLLBARHETSANALYS.

Agenda 2030 och de globala målen för hållbar utveckling, FN:s Agenda 2030 för hållbar utveckling, med sina 17 globala mål och 169 delmål, kräver en hållbar omställning på bred front i vårt moderna samhälle. Det är en av de mest ambitiösa och viktiga globala överenskommelserna som antagits i modern tid. Målet är att alla FN-länder ska implementera de globala målen och dess delmål och på så sätt uppnå en hållbar framtid för mänskligheten senast 2030.

Även om de globala målen primärt ska implementeras av nationer, kan de också användas för att utvärdera olika verksamheter eller projekt. Att bedöma hur en verksamhet eller ett projekt påverkar den hållbara utvecklingen och genomförandet av de globala målen kan vara svårt eftersom det innefattar nästan alla aspekter av samhället och det kan exempelvis vara svårt att bedöma hur avgränsningar skall göras och hur indirekt påverkan skall hanteras. Dessutom ökar vår kunskap ständigt.

SDG Impact Assessment Tool är ett verktyg där användaren kan bedöma hur en aktivitet, organisation eller innovation påverkar de globala målen. Metoden innefattar en självskattning mot respektive mål och bedömer påverkan på målet och om den är positiv eller negativ, direkt eller indirekt, alternativt om det behövs med kunskap. Verktöget visualiserar resultatet och ger en bättre förståelse för komplexiteten i hållbar utveckling och de olika aspekterna av de globala målen

En bedömning av påverkan på de globala målen i verktyget är beroende av kunskaps- och ambitionsnivån hos de som genomför bedömningen. Därför är resultatet en subjektiv och preliminär bedömning som bör vara öppen för att ändras eller kompletteras under ett projektets olika faser.

Samtliga aspekter bedöms men det kan finnas flera som inte bedöms ha en påverkan.

SDG Impact Assessment Tool har utvecklats av [Wexus - Västsveriges nexus för hållbar utveckling](#) (tidigare Göteborgs centrum för hållbar utveckling), vid Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet, i samarbete med SDSN Northern Europe och Mistra Carbon Exit, med finansiellt stöd från Västra Götalandsregionen genom Maritima klustret i Västsverige.

De mål som ingår i bedömningen är:



Figur 13 FNs Agenda 2030 Hållbarhetsmål

I bedömningen som genomförs är syftet att bedöma hur In-Situ hantering av massor förhåller sig i jämförelse med traditionella metoder (schaktsanering). Nedan redovisas de aspekter som bedömdes som relevanta. Även de som inte är relevanta visas i den sammanfattade figuren för respektive projekt.

7.2 Bobergsgatan

Bobergsgatan

Direkt positivt	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Indirekt positivt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Ingen påverkan	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
Indirekt negativt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Direkt negativt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Figur 14. Översikt av påverkan i projekt Bobergsgatan

Kommentar till resultat

Direkt positiva effekter:

3. God Hälsa och välbefinnande: Föroreningar i mark, oavsett om den härrör från naturlig källa eller mänsklig, riskerar att genom direkt påverkan eller naturliga processer spridas till omgivningen. Beroende på vilken typ av förorening det handlar om är påverkan olika. I fallet Bobergsgatan handlar det primärt om föroreningar i form av PAH från ett tidigare gasverk. Dessa är på en nivå vilket gör att det finns oacceptabla risker för människor och miljö.

6 Rent Vatten och sanitet för alla: Se även mål 3 då det till stor del är en liknande problematik kopplat till risker att befintliga föroreningar kan läcka till vattenmiljöer och hamna i det vatten som används av människor. Genom sanering hanteras föroreningarna på ett sätt som innebär mycket liten risk för att föroreningar skall nå vattenmiljöer okontrollerat och även risken för framtida föroreningar elimineras.

9 Hållbar industri, innovationer och infrastruktur: In-situ sanering eller stabilisering kan i vissa fall vara det enda realistiska alternativet för att en exploatering skall kunna genomföras på den aktuella marken. Detta ger möjligheter som annars inte skulle finnas. I fallet Bobergsgatan bedömdes schaktsanering som orealistisk ur både ett teknikst och ett kostnadsperspektiv. Att inte genomföra saneringsåtgärder skulle inte gjort det möjligt att göra nödvändiga markarbeten säkert eller ge förutsättningarna för att bygga bostäder på platsen.

Utveckling av och förståelse för effekterna av In-situ tekniker vid sanering av förorenade är viktig för utvecklingen av infrastruktur i områden som annars skulle vara utmanande, eller omöjliga att utveckla. Dessa områden ligger ofta i anslutning till tätbefolkade områden där trycket på exploatering är stort.

11. Hållbara städer och samhällen: In-situ sanering kan bidra till att göra det möjligt att bygga bostäder i områden med stora behov. Att göra det säkert och till en rimlig kostnad är en förutsättning.

Ändrade hydrologiska förhållanden till följd av klimatförändringar skulle kunna leda till att föroreningar i mark mobiliseras och riskerar att negativt påverka miljö och människa, denna risk minskas.

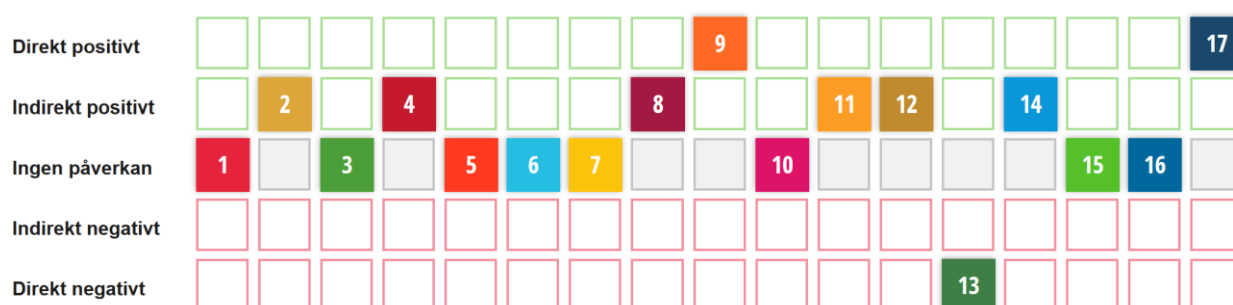
13. Bekämpa Klimatförändringar: Marksanering är en förutsättning för att kunna exploatera området. I projektet ingår klimatanpassningsåtgärder, bland annat för att hantera havsnivåhöjning och skyfall.

LCA-beräkningarna visar på att IN-situ alternativet ger betydande minskningar av CO₂e utsläpp. Masshantering står nationellt för en betydande del av de klimatpåverkande utsläppen.

14. Hav och marina resurser: Minskade föroreningarna i haven. Elimineras eller minskar källan till transport av föroreningar till havsmiljö (Värtan). Värtan är idag en recipient som är kraftigt påverkad av historiska föroreningar. Skydda och återställ ekosystem. Skall det på sikt gå att återställa en god status för ekosystemet i havsmiljön (Värtan) så är det viktigt att inte tillföra ytterligare föroreningar.

7.2 Skellefteå Hamn

Skellefteå Hamn



Figur 15. Översikt av påverkan i projekt Skellefteå Hamn

Kommentar till resultat

8. Anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt: Projektet har betydelse för den regionala ekonomiska utvecklingen, utan möjlighet att hantera förorenade massor skulle det bli svårt att genomföra muddringen vilket i sin tur är en förutsättning för kajens utbyggnad. Transporter via fartyg är i allmänhet ett mer ekonomiskt och miljömässigt lämpligt alternativ jämfört med lastbilstransporter.

I projektet främjas innovation, stabilisering i sig är inte en ny lösning men förhoppningen är att lärdomar skall kunna dras som kan appliceras på andra projekt. Att se på effekterna ut ett livscykelperspektiv bidrar till att öka kunskapen om påverkan inom flera miljöaspekter.

Frågan om resurseffektivitet är viktig i projektet. Stabilisering och senare frakt för sluthantering ger visserligen inte resursmässiga fördelar jämfört med det alternativa scenariot men stabiliseringen i sig genomfört på ett sätt som avser att minimera resursanvändningen.

En välplanerad utbyggnad kan bidra till säkrare arbetsförhållanden inom hamnområdet

9. Hållbar industri, innovationer och infrastruktur Utbyggnaden av kajen och medföljande muddringsåtgärder stärker infrastrukturen i regionen och gör det möjligt att hantera fler och större fartyg och därmed större volymer material för att möjliggöra utveckling av den regionala industrin.

Modernisering av hamnen kan innebära implementering av renare teknologier och mer resurseffektiva processer

11. Hållbara städer och samhällen: Transportinfrastrukturen för främst godstransporter till sjöss förbättras betydligt i regionen genom projektets genomförande. Transporter med fartyg har en betydligt lägre klimatpåverkan än den från landsvägs eller flygtransporter.

12. Hållbar konsumtion och produktion: Det finns ett fokus i projektet på att minimera resursanvändandet. Detta följs upp via klimatkalkyl och Hållbarhetsplan för ingående produkter.

Stabiliseringsåtgärder säkrar att farliga ämnen inte lakar till omgivande land, eller vattenmiljöer. Stabilisering minskar väsentlig deponering jämfört mot andra alternativ

Insatser finns från kommunen att kommunicera vad som görs inom Hållbarhet/Klimat i projektet för att sprida kunskap.

14. Hav och marina resurser: Borttagande av föroreningar i sediment minskar risken att dessa orsakar skada. Om inte åtgärder som stabilisering görs finns risk att föroreningar frigörs i samband med andra aktiviteter som båttrafik. Samtidigt som ökad hamnverksamhet ökar risken för havsförorening och utsläpp, läckage och avfall.

Det förekommer idag betydande föroreningar och bottendöd i området. Skall området kunna återställas är det viktigt att inte tillföra mer föroreningar. Det finns Marina naturskyddsområden relativt nära arbetsområdet. Närmast ligger Malören-Vånören ca 15km SÖ om hamnen.

7.2 Norrköping

Norrköping

Direkt positivt			3			6			9		11	12	13	14			
Indirekt positivt															15		17
Ingen påverkan	1	2		4	5		7	8		10						16	
Indirekt negativt																	
Direkt negativt																	

Figur 16. Översikt av påverkan i projekt Norrköping

Kommentar till resultat

9. Hållbar industri, innovationer och infrastruktur I projektet bedrivs ett aktivt miljö- och klimatarbete som avser att bidra med positiva effekter inom de aktuella områdena. I projektet även ingår att säkra en hållbar infrastruktur

11. Hållbara städer och samhällen: Att rena marken är en förutsättning för trygg, inkluderande stadsutveckling och möjliggör ett transparent planerings-arbete i enlighet med hållbara tillväxtstrategier.

Avancerade saneringsmetoder kräver samordning mellan beställaren myndigheter, konsulter och entreprenörer, vilket stärker integrerade politik- och planeringsprocesser.

12. Hållbar konsumtion och produktion: Sanering och masshantering utförs enligt en plan och kontrolleras regelbundet, vilket säkerställer att utsläpp till luft, vatten och mark minskas och att kemikalierna hanteras på ett säkert sätt

In-Situ sanering minskar väsentlig volym avfall som behöver hanteras jämfört mot schaktsanering. Detta leder i sin tur till reducerade behov av transporter samt påverkan från sluthantering av icke-sanerat avfall.

15. Ekosystem och biologisk mångfald: Efterbehandling av förorenat områden bidrar direkt till återställning strandmiljö samt Motala ström

Genom sanering minskar föroreningsspridning, vilket bidrar till återställning av markens ekologiska funktion.

SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE

Utfallet inom de olika aspekterna inom hållbarhet för de undersökta projekten visar på att det är svårt att göra alltför svepande antagande som passar alla projekt gällande huruvida in-situ eller ex-situ lösningar är bäst lämpade. Ett omfattande förarbete är nödvändigt för att utvärdera i fallet Port of Skellefteå är in-Situ hanteringen i form av stabilisering inte en sluthantering, och därför egentligen inte en ren in-situ lösning, vilket innebär att den påverkan som kommer från transport och sluthantering vid schaktsanering tillkommer även här. Detta exempel visar också på en av de begränsningar som LCA-verktyg kan ha då dessa inte kan kvantifiera den risk för långsiktig negativ påverkan på havsmiljön som tillsynsmyndigheten ansågs föreligga vid dumpning och övertäckning förorenade mängder. Detta innebär att för det projektet så blev utfallet att In-situ alternativet både var dyrare, innebar en förlängning av projekttiden och ökade påverkan inom flertalet av de undersökta aspekterna som livscykelanalysen undersökte, inte mins klimatpåverkan.

För de övriga två projekten där In-situ hanteringen avser en sluthantering av föroreningar som möjliggör en exploatering av området, påvisar LCA-analysen mycket stora fördelar med In-situ hanteringen inom de flesta bedömda aspekterna. Fokus har varit på klimatpåverkan (GWP) men även för andra analyserade aspekter har in-situ lösningar i de flesta fall varit fördelaktigare.

För att få mer exakta resultat av genomförda analyser hade det krävts tillgång till mer specifika ingångsvärden, att använda proxy-värden där data saknas är ofta ofrånkomligt men det ökar osäkerheten. Att analysera fler olika typer av saneringsmetoder utifrån ett livscykelperspektiv skulle gett en bredare kunskap och skulle kunna vara ett tema för framtida studier.

REFERENSER

Barjoveanu, De Gisi, Casale, Todaro, Notarnicola, Teodosiu (2018). A life cycle assessment study on the stabilization/solidification treatment processes for contaminated marine sediments, Journal of Cleaner Production, Volume 201, 2018, Pages 391-402, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.053>

Boverket (2021). Miljöindikatorer - aktuell status. Hämtad online augusti 2021: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/>

Basu, D.; Misra, A.; Puppala, A.J. Sustainability and geotechnical engineering: Perspectives and review. Can. Geotech. J. 2015, 52, 96–113

Celauro, Corriere, Guerrieri & Lo Casto (2015). Environmentally appraising different pavement and construction scenarios: A comparative analysis for a typical local road, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 34, 2015, Pages 41-51, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.10.001>

Chen, Zhang, Chen, Chen, Li, Chen, Hou, Shi (2020). Assessment of site contaminated soil remediation based on an input output life cycle assessment, Journal of Cleaner Production, Volume 263, 2020, 121422. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121422>

FN (2015). The 17 sustainable development goals. Hämtad online oktober 2021: <https://sdgs.un.org/goals>

Goldenberg and Reddy (2014) Sustainability Assessment of Excavation and Disposal versus In Situ Stabilization of Heavy Metal-Contaminated Soil at a Superfund Site in Illinois. Geo-Congress 2014 Technical Papers : Geo-Characterization and Modeling for Sustainability . GSP 234 . 2014

Harbottle, Al-Tabbaa & Evans (2007). A comparison of the technical sustainability of in situ stabilisation/solidification with disposal to landfill, Journal of Hazardous Materials, Volume 141, Issue 2, 2007, Pages 430-440, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.05.084>

ISO (2016). ISO 14044:2006; Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines.

Oustriere, N., Marchand, L., Rosette, G. et al. Wood-derived-biochar combined with compost or iron grit for in situ stabilization of Cd, Pb, and Zn in a contaminated soil. Environ Sci Pollut Res 24, 7468–7481 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8361-6>

Wang, L, Rinklebe, J, Tack, FMG, Hou, D. A review of green remediation strategies for heavy metal contaminated soil. Soil Use Manage. 2021; 37: 936– 963. <https://doi.org/10.1111/sum.12717>

Reidy, R. et al. (2005). Guidelines for life cycle cost analysis. Stanford University Land and Buildings. Hämtad online augusti 2021: https://sustainable.stanford.edu/sites/default/files/Guidelines_for_Life_Cycle_Cost_Analysis.pdf

Regeringskansliet (2020) Mål för miljö och klimat, hämtad online augusti 2021: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/miljo-och-klimat/mal-for-miljo/>

SIS Swedish Institute for Standards (2011), SS-EN 15978:2011: Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. Online: <https://www.sis.se/en/produkter/construction-materials-and-building/buildings/other/ssen159782011/>

UNEP-SETAC (2009). Guidelines for social life cycle assessment of products. Hämtad online oktober 2021: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7912/-Guidelines%20for%20Social%20Life%20Cycle%20Assessment%20of%20Products-20094102.pdf?sequence=3&isAllowed=>

Bilaga 1. Frågeställningar intervjuer**Frågor till experter;**

- 1** **Vad brukar vara initiativet till att använda In-situ metoder för att hantera massor?**
- 2** **Vilka risker finns med In-situ sanering och stabilisering?**
- 3** **Vilka specifika utmaningar brukar uppkomma?**
- 4** **Hur brukar en bedömning av olika alternativ göras?**
 - Ekonomi
 - Miljö
 - Tid
 - Sociala faktorer
 - Lagkrav
 - Annat?
- 5** **Vad är vanligast att marken används till efter sanering/stabilisering?**
 - Finns det användande som kan vara olämpliga?
 - Långtidsrisker
 - Framtida markarbeten/ändrad användning
- 6** **Ser ni någon risk för samhället med in-situ sanering / stabilisering tekniken? (inte miljö). Exempelvis gällande:**
 - Föroreningar kan lakas?
 - Marken blir inte stabil
 - Användning av kemikalier
- 7** **Hur hanterar branschen frågan? Finns det stöd för aktörer att hämta?**
 - Hur har ni upplevt tekniken?
 - Feedback från privatpersoner i området?
 - Hur skulle ni utvärdera in-situ lösningar?
- 8** **Avrunda med en öppen fråga: hur ser ni socialt mervärdet från projektet?**
 - Fritt

Frågor Beställare/entreprenör (anpassas efter behov)

- 1 Lite bakgrundshistoria för projektet från ert perspektiv**
 - Hur kom det sig att ni såg behovet av projektet?
 - Hur projektet blev i gång, från deras perspektiv
- 2 Visste ni från början att in-situ stabilisering eller sanering var aktuellt?**
 - Vad var bakgrunden till förslaget, vem initierade?
- 3 Utvärderades ett alternativt scenario till in-situ sanering eller stabilisering?**
 - Vilken skulle dessa alternativa lösningar kunna vara?
 - (Att köra massorna till deponi?)
 - (Att inte bygga på just denna mark över huvudtaget?)
- 4 Vad var anledningen till att eventuella alternativa scenarion valdes bort?**
 - Ökad transport
 - Att området blir av med konstruktionen som planeras
 - Lagkrav
 - Ekonomi
 - Störningar, annat?
- 5 Vad planerar ni att bygga på marken efter att arbetet med sanering/stabilisering är klart?**
 - Diskutera samhällsnyttan av denna planerad konstruktion
 - Måste det byggas just där?
 - Om det inte kan byggas där, skulle det då byggas någon annan stans eller inte byggas över huvud taget?
 - Kommersiellt värde?
 - Minskar transporter genom att ligga närmare till bostadsområdet?
 - Bygga bostäder? Bostadsbrist
 - Har ni planerad livslängd för just denna konstruktion?
- 6 Ser ni någon risk för samhället med in-situ sanering / stabilisering tekniken? (inte miljö)**
 - Föroreningar kan lakas?
 - Marken blir inte stabil

- Användning av kemikalier

7 Har ni eller andra aktörer som ni känner sett möjlighet att applicera tekniken i andra områden?

- Hur har ni upplevt tekniken?
- Har ni hört någon feedback från privatpersoner i området?
- Hur skulle ni utvärdera in-situ lösningar?

8 Avrunda med en enkel fråga: hur ser ni social mervärdet från projektet?

- Fritt

Bilaga 2 Resultat LCA Analys Bobergsgatan In-Situ

Bilaga 3 Resultat LCA Analys Bobergsgatan Ex-Situ

Bilaga 4 Resultat LCA Analys Skellefteå Hamn In-Situ Farligt avfall

Bilaga 5 Resultat LCA Analys Skellefteå Hamn In-Situ Ej Farligt avfall

Bilaga 6 Resultat LCA Analys Skellefteå Hamn Ex-Situ

Bilaga 7 Resultat LCA Analys Norrköping In-Situ

Bilaga 8 Resultat LCA Analys Norrköping Ex-Situ

Dessa biläggs som excelfiler då formatet inte lämpar sig för inkludering i rapporten

