

AP 1 Koldioxidbudget

Kostnadsnyttoanalys av CCS



Project Name: AP1 Koldioxidbudget
Project Number: 30026086-002
Client: Sundsvalls kommun
Date: 22/08/2022
Author: Julia Lindberg, Elma Durakovic
Document Reference: [https://swecogroup.sharepoint.com/sites/gr_cc/usundsvall/shared documents/ap1 koldioxidbudget/03 rapport/rapport cba sundsvalls kommun utkast.docx](https://swecogroup.sharepoint.com/sites/gr_cc/usundsvall/shared%20documents/ap1/koldioxidbudget/03%20rapport/rapport%20cba/sundsvalls%20kommun%20utkast.docx)

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund	7
1.1	Klimatneutrala Sundsvall	7
1.2	Kompletterande åtgärder för negativa utsläpp	7
2.	Kostnadsnyttoanalys som samhällsekonomiskt verktyg	9
2.1	Metod	10
3.	Resultat	11
3.1.1	Definiering av projekt	11
3.1.2	Identifiering av projektets påverkan	11
3.1.3	Utvärdering av påverkan	12
3.1.4	Diskontering och beräkning av nettonuvärde	19
3.1.5	Applicering av nettonuvärde	20
3.1.6	Känslighetsanalys	20
4.	Slutsats	24

Ordlista

CAPEX	Kapitalutgifter (Capital expenses)
CCS	Koldioxidavskiljning och lagring (Carbon Capture and Storage)
CO ₂	Koldioxid
DACCS	Direktinfångning och avskiljning av atmosfärisk koldioxid (Direct Air Carbon Capture and Storage)
EU ETS	EU:s handelssystem för utsläppsrätter
HPC	Hot Potassium Carbonate
IAM	Integrated Assessment Models
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry
OPEX	Operationella kostnader (Operating expenses)
NV	Nuvärde
NNV	Nettonuvärde
RPM	Revealed Preference Methods
SCC	Social koldioxidkostnad (Social Cost of Carbon)
SPM	Stated Preference Methods
WTA	Villighet att acceptera (Willingness to Accept)
WTP	Betalningsvilja (Willingness to pay)

Sammanfattning

Sundsvalls kommunkoncern har en målsättning om klimatneutralitet till 2030. För att uppnå klimatmålet behöver både de direkta och indirekta utsläppen minimeras, medan kvarvarande utsläpp ska kompenseras med kolinlagring. Inom ramen för arbetspaket 1 inom projektet SIMCO2 har en övergripande kostnadsnyttoanalys genomförts av huruvida CCS på Korstaverket är en kostnadseffektiv lösning för kolinlagring i Sundsvall kommun ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Analysen har inkluderat faktorer såsom investerings-, drift- och underhållskostnader och nyttor såsom värdet av koldioxidavskiljning och arbetstillfällen skapade av CCS i projekt- och driftsfas. Kostnadsanalysen genomförd inom ramen för detta arbetspaket ska ses som en indikation på den totala samhällsnyttan i kommunal kontext och syftar till att ge jämförelsemöjlighet mellan kostnader och nyttor från ett införande av CCS i Sundsvall samt en hänvisning till drivande parametrar, vilka kan agera underlag för framtida djupgående kostnadsnyttoanalyser.

Resultatet av kostnadsnyttoanalysen av CCS i Sundsvalls kommunala kontext visar på att en implementering inte är lönsam under de antagna grundförutsättningarna, med ett nettonuvärde om -2,2 miljarder. Resultatet i känslighetsanalysen visar att värderingen av koldioxidreduktionen, investeringskostnaden samt kostnaden för transport och lagring via Northern lights är de parametrar som har störst inverkan på resultatet. Detta pekar på behovet av att investeringskostnaderna och kostnaden för transport och lagring reduceras samt att priset på koldioxid får hög betydelse för resultatet i analysen.

I arbetspaket 2 inom SIMCO2 analyserades avskiljningskostnaden per ton lagrad koldioxid, vilket resulterade i en total kostnad om 1 642 kr/ton¹, av vilken 60 % utgjordes av avskiljning och mellanlagring och 40 % av transport och lagring i Norge via Northern lights. Då marknaden för CCS fortfarande är i ett tidigt skede med få kommersiella anläggningar globalt, men växande intresse från aktörer både nationellt och globalt, förväntas investeringskostnaderna reduceras framåt till följd av en växande CCS-industri. Något som också skulle kunna bidra till att driva ned kostnaderna är samarbete med fler aktörer i regionen, vilket kan bidra till att skalfördelar uppnås genom delad infrastruktur och nyttjandet av större fartyg för att transportera koldioxiden till slutförvaret i Nordsjön via Northern lights.

Det finns olika metoder för att värdera koldioxidreduktion ur ett samhällsekonomiskt perspektiv i en kostnadsnyttoanalys. Ett alternativ är att nyttja en direkt metodik som syftar till att försöka etablera en social marginalkostnad för att släppa ut en extra enhet koldioxid. Det andra alternativet är en indirekt metodik där värdet tas fram genom ett inducerat skuggpris från styrmedel för koldioxid, såsom EU:s system för handel med utsläppsätter. Bägge metoder är omdiskuterade och följer med betydande osäkerheter. Som grundantagande för koldioxidvärdet i denna kostnadsnyttoanalys används den senare metodiken genom att värdet för koldioxidreduktionen approximeras till utsläppsätterpriset. Det ska noteras att priset på utsläppsätter är marknadsdrivet och sannolikt inte fångar alla indirekta och inducerade samhällsvärden, såsom minskade kostnader för klimatanpassning till följd av reducerade utsläpp, vilket i så fall innebär att priset inte motsvarar det egentliga samhällsekonomiska värdet av utsläppsreduktionen. Till följd av denna osäkerhet har denna parameter undersökts vidare i en känslighetsanalys.

Känslighetsanalysen visar att om värdet av koldioxid överstiger 1560 kr/ton uppnås ett positivt nettonuvärde om övriga grundantaganden behålls. Priset på koldioxid inom EU:s system för handel med utsläppsätter har ökat kraftigt under det senaste året. Ökade nationella och EU-politiska ambitioner för utsläppsreducering tillsammans med ett växande intresse för koldioxidlagring från privata aktörer pekar på en ökad framtida efterfrågan på åtgärder för

¹ Med 4,5 % kalkylränta. 1 592 kr/ton med en diskonteringsränta om 3,5 %, vilket vi använder inom ramen för kostnadsnyttoanalysen.

utsläppsreducering, vilket framåt kan driva marknaden för koldioxidavskiljning och således även bidra till ett högt pris på koldioxid.

Kostnadsnyttoanalysen har hög känslighet för ingående antaganden, både vad specifika parametervärden och vilken systemgräns som ansätts. Denna studie har genomförts i ett kommunalt perspektiv, vilket innebär att indirekta och inducerade nyttor som tillfaller samhället i stort inte inkluderas. För att närmare studera projektets totala inverkan på exempelvis indirekta och inducerade arbetstillfällen bör vidare studier göras genom en mer djupgående kostnadsnyttoanalys där dessa effekter studeras i mer noggrann detalj, exempelvis genom intervjuer och enkäter. För att fånga samtliga nyttor kan analysen därtill med fördel göras ur ett nationellt perspektiv, vilket ställer krav på detaljerade data samt förutsätter att den specifika investeringen är en del av skapandet av en ny industri för CCS. En vidgad systemgräns och en mer djupgående kostnadsnyttoanalys skulle troligen resultera i ett annat nettonuvärde då fler värden fångas av analysen. Dock pekar resultatet av känslighetsanalysen på att värdet av koldioxidreduktionen och investeringskostnaden obestridligen är de mest drivande parametrarna och troligtvis skulle detta var fallet även med ett nationellt perspektiv.

1. Bakgrund

Inom ramen för projektet SIMCO2 har en utvärdering genomförts av huruvida CCS är en kostnadseffektiv lösning för Sundsvall kommun ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Detta har gjorts genom en kostnadsnyttoanalys, vilken inkluderat faktorer såsom investerings-, drift- och underhållskostnader och nyttor såsom värdet av koldioxidavskiljning och arbetstillfällen skapade av CCS i projekt- och driftsfas.

1.1 Klimatneutrala Sundsvall

Sundsvalls kommunkoncern har som målsättning att bli klimatneutrala till 2030 där kommunen ska agera föregångare och minska sina utsläpp på ett effektivt sätt. För att kunna uppnå klimatmålet behöver således både de direkta och indirekta utsläppen minimeras. Kvarvarande utsläpp ska kompenseras med kolinlagring som om möjligt ska ske lokalt. För att möjliggöra att denna ambitiösa målsättning uppnås krävs både resurser, åtgärder och stora interna förändringar under de kommande åren.

1.2 Kompletterande åtgärder för negativa utsläpp

Sverige har ett territoriellt klimatmål om nettonollutsläpp till 2045, varinom minst 85 % ska utgöras av utsläppsreduktioner medan 15 % får tillgodoses av så kallade kompletterande åtgärder för att åstadkomma negativa utsläpp. Avskiljning och lagring av koldioxid med fossilt ursprung (Carbon Capture and Storage, CCS) får räknas som en åtgärd där rimliga alternativ saknas. Sverige har ännu inga fastställda mål för kompletterande åtgärder, men i den klimatpolitiska vägvalsutredningen föreslås att minst 3,7 miljoner ton koldioxid ska motsvaras av kompletterande åtgärder till 2030 och minst 10,7 miljoner ton till 2045. För att en teknik för negativa utsläpp ska vara godkänd som kompletterande åtgärd behöver den både vara kvantifierbar och inte innebära negativ påverkan på andra områden².

Kompletterade åtgärder inkluderar additionella åtgärder för ökad kolsänka i skog och mark, avskiljning och lagring av koldioxid från biogena utsläpp (bio-CCS) samt verifierade utsläppsminskningar i andra länder³. Utöver dessa finns även övriga alternativa tekniska åtgärder för negativa utsläpp, såsom biokol och direktinfångning och avskiljning av atmosfärisk koldioxid (Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS). Inom den klimatpolitiska vägvalsutredningen, "Vägen till en klimatpositiv framtid" (SOU 2020:4)⁴ bedöms emellertid dessa tekniker vara i en tidig utvecklingsfas och långt från storskalig kommersiell tillämpning

² Miljödepartementet, "Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Vägen till en klimatpositiv framtid (SOU 2020:4)" (2020).

³ Naturvårdsverket, "Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk" (2021)

<<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/>>.

⁴ Miljödepartementet (n 2).

I den klimatpolitiska vägvalsutredningen uppskattas den totala realiserbara potentialen för ökad kolsänka i skog och mark (inom den så kallade LULUCF⁵-sektorn) till 1 miljon ton koldioxidekvivalenter per år 2030, drygt 2 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2040 och knappt 3 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2045. Åtgärder för ökad kolsänka inom LULUCF-sektorn kan dock vara svåra att mäta och verifiera samt ha lägre permanens jämfört med bio-CCS och DACCS. Detta då upptag och utsläpp påverkas av ett flertal externa faktorer, såsom väder, skadedjur, brand och markanvändning. Därtill kan upptagen i vissa fall vara reversibla, vilket bidrar till att försvåra jämförelsen⁶.

Av de övriga tekniska åtgärderna bedöms biokol ha störst realiserbar potential till 2050 i svensk kontext. Kunskapsnivån om teknikens potential är emellertid relativt bristfällig. Inom den klimatpolitiska vägvalsutredningen bedöms biokol långsiktigt kunna bidra till en varaktig kolinlagring i Sverige med uppåt en miljon ton koldioxid per år om det införs ekonomiska incitament som främjar applikationen av biokol som kolsänka. I dagsläget finns småskalig produktion och användning av biokol som jordförbättrare, främst i parker och trädplanteringar, men tekniken har ännu inte etablerats i stor skala. Den inducerade kolsänkan från biokol redovisas i dagsläget inte heller i Sveriges klimatrapportering. Det finns även en del osäkerheter kopplat till biokolet permanens. Permanensen är beroende av framställningsmetod och biokolet behöver tillverkas vid en temperatur över 450 °C för att utgöra en stabil kolsänka. Enligt IPCC:s metodriktlinjer bör minst 80 % av koldioxiden finnas kvar i jordbruksmarken 100 år efter att biokolet tillsatts. Det har enbart gjorts ett fåtal studier av biokol i svenska förhållanden och det saknas därför kunskap om biokolets långsiktiga kolinlagringsegenskaper⁷.

I slutet av 2022 ska EU-kommissionen lämna lagförslag på ett certifieringssystem för kolinlagringskrediter, vilket kommer att bidra till att tydliggöra skillnaderna och verifiera egenskaperna hos olika kolinlagringalternativ⁸.

Till följd av osäkerheter kopplat till mätning och verifiering samt permanens i åtgärder för biokol och ökad kolinlagring inom LULUCF-sektorn studeras dessa åtgärder inte vidare inom ramen för denna kostnadsnyttoanalys. Det ska dock poängteras att det förväntas behövas en palett av olika kolinlagringsmetoder för att nå klimatmålen och att fler alternativ för negativa utsläpp utöver bio-CCS kan vara av intresse i svensk kontext framåt.

⁵ Sektorn för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) ingår i klimatrapporteringen och omfattar både utsläpp och upptag av växthusgaser.

⁶ Miljödepartementet (n 2).

⁷ ibid.

⁸ IVL, 2019. *Incitament och finansiering av Bio-CCS i Sverige*. Tillgänglig på:
<https://www.ivl.se/download/18.20b707b7169f355daa77b90/1561621866608/C417.pdf>

2. Kostnadsnyttoanalys som samhällsekonomiskt verktyg

Syftet med en samhällsekonomisk analys är att undersöka de totala effekterna av en viss investering. En samhällsekonomisk analys skiljer sig från en finansiell analys då den även inkluderar sociala och miljömässiga konsekvenser. Det finns ett flertal samhällsekonomiska metoder och samtliga koncept bygger på tre grundläggande antaganden: utilitarianism, antropocentrism och individuell suveränitet. Utilitarianism innebär en strävan att maximera den totala nyttan för samhället baserat på en jämlik fördelning av kostnader och nyttor utan hänsyn till skillnader mellan rika och fattiga. Antropocentrism innebär att samtliga värden utvärderas från människans perspektiv. Detta medför således att enbart människan har ett egenvärde och att djur och objekt enbart har ett värde om det är något som människan upplever. Individuell suveränitet innebär en tro på individens självägarskap och möjlighet att ta beslut kring vad som gynnar denne bäst⁹.

Kostnadsnyttoanalys är en samhällsekonomisk metod som syftar till att så långt som möjligt möjliggöra en kvantitativ jämförelse mellan kostnader och nyttor av ett projekt. I analysen utvärderas ett projekts investeringar, kostnader och avkastning över tid. Analysen bör omfatta både direkta och indirekta marknads- och icke-marknadsvaror utöver positiva och negativa externa effekter. Syftet med en kostnadsnyttoanalys är att ge beslutsfattaren ett hjälpmedel för att avgöra om ett projekt har fördelar som är större än dess kostnader och att möjliggöra en jämförelsemöjlighet mellan olika projekialternativ.

Om analysen visar att de totala nyttorna är högre än kostnaderna är projektet lönsamt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv och om resultatet visar på det motsatta har projektet en netto-negativ inverkan på samhället¹⁰. Samhället motsvaras i analysen av samtliga individer och kostnaderna och nyttorna härrör från deras respektive preferenser, mätta i betalningsvilja (Willingness To Pay, WTP) och villighet att acceptera (Willingness To Accept, WTA). Det sistnämnda utgörs av det lägsta monetära belopp som en person är villig att acceptera för att bära en negativ extern effekt alternativt sälja en vara eller tjänst. I kostnadsnyttoanalysen ska, om möjligt, samtliga effekter som har en inverkan på människornas välfärd idag och i framtiden inkluderas. För att analysen ska vara möjlig att genomföra behöver samtliga effekter göras jämförbara i monetära värden.

⁹ SIKA, "Den samhällsekonomiska kalkylen. En introduktion för den nyfikne" (2005).

¹⁰ E. Hanley, N. & Barbier, "Pricing Nature: Cost- Benefit Analysis and Environmental Policy" (2009).

2.1 Metod

En kostnadsnyttoanalys kan delas in i följande steg: (i) Definiering av projekt, (ii) Identifiering av projektets påverkan, (iii) Utvärdering av påverkan, (iv) Diskontering och beräkning av nettonuvärde (NNV), (v) Applicering av NNV och (vi) Känslighetsanalys¹¹.

I det första steget (i) definieras vad analysen syftar till att utvärdera samt systemgräns i form av kalkylperiod och vilken population som undersöks. I det andra steget (ii) identifieras och kvantifieras projektets samtliga effekter för att sedan utvärderas. De effekter som bedöms ha inverkan på välfärden av den definierade populationen i det första steget (i) väljs sedan ut som relevanta för analysen. När en kostnadsnyttoanalys genomförs innan ett projekt har startat är effekterna enbart en prognos, vilket följaktligen innebär osäkerhet i resultatet av analysen. Miljömässiga effekter kan vara svåra att förutspå med hög precision och har således ofta större osäkerheter.

I det tredje steget (iii) ska samtliga effekter översättas till monetära värden för att möjliggöra en jämförbarhet mellan annars orelaterade konsekvenser. Värderingen ska motsvara den sociala marginalkostnaden eller -nyttan. Vissa effekter såsom arbetskraft och ökad elproduktion kan bedömas direkt genom att nyttja marknadsvärden. Detta anses vara korrekt så länge inte marknaden misslyckas, vilket dock ofta är fallet. Ett marknadsmisslyckande innebär att marknadspriset inte inkluderar externa effekter, t ex sociala kostnader från hälsoproblem orsakade av utsläpp. De måste således utvärderas separat, vilket även gäller för miljöeffekter som inte heller har marknadspriser. Detta görs därför även inom ramen för kostnadsnyttoanalysen genomförd i denna studie.

Vid mer djupgående kostnadsnyttoanalyser finns olika metoder som kan användas för att värdera icke-marknadsmässiga kostnader och nyttor. De brukar delas upp i "Revealed Preference Methods (RPMs)" och "Stated Preference Methods (SPMs)", där den förstnämnda baseras på människors faktiska beteende och beslut på marknaden för att bedöma deras preferenser medan den senare är enkätbaserat och baseras på vad människor uppger som preferens i ett hypotetiskt scenario¹². RPMs kan användas för att filtrera ut den faktiska värderingen av icke-marknadsvaror när dessa kan bytas implicit, men i många fall är detta inte möjligt och beslutsfattare nyttjar därför ofta SPMs.

I det fjärde steget (iv) beräknas nuvärdet av samtliga kostnader och nyttor genom diskontering och summeras till ett nettonuvärde. I det femte steget (v) analyseras nettonuvärdet och en slutsats kring huruvida projektet bör genomföras eller inte kan dras. Då beräkningen av nettonuvärdet i högsta grad är påverkad av valda parametrar kan en liten variation i värdena få stor effekt på slutresultatet. I det sjätte (vi) steget genomförs därför en känslighetsanalys baserat på identifierade huvudsakligt påverkande parametrar. Detta kan göras antingen genom att variera ett par utvalda parametrar alternativt genom en mer omfattande Monte Carlo-analys.

Projektspecifika antaganden och beräkningsresultat för (i)-(vi) presenteras i kapitel 3.

¹¹ ibid.

¹² J Roosen, "Cost-Benefit Analysis" (2014).

3. Resultat

I följande kapitel presenteras resultatet från genomförd kostnadsnyttoanalys i de etablerade steg som ingår.

3.1.1 Definiering av projekt

Kostnadsnyttoanalysen genomförd inom ramen för detta projekt syftar till att utreda den samhällsekonomiska nyttan med en implementering av CCS på Korstaverket i kommunal kontext. Systemgränsen är således kommunens territoriella yta och de kostnader och nyttor som det enskilda projektet förväntas medföra på dess invånare.

3.1.2 Identifiering av projektets påverkan

I detta steg identifieras och kvantifieras projektets samtliga effekter, varefter de som bedöms ha inverkan på välfärden inom kommunen selekteras för vidare utvärdering i nästkommande steg.

I Tabell 1 presenteras de identifierade och selekterade direkta och indirekta effekterna från en implementering av CCS på Korstaverket i förhållande till systemgränserna beskrivna i kapitel 3.1.1. De utvalda effektkategorierna beskrivs vidare i kapitel 3.1.3.

Tabell 1. Identifierade effekter från en implementering av CCS på Korstaverket

Typ	Effektkategori	Påverkan	Beskrivning
Nytta	Arbetsstillfällen	Direkt	Inkluderar direkta arbetsstillfällen kopplade till konstruktion, operativa funktioner, underhåll och komponentframtagning.
Nytta	Arbetsstillfällen	Indirekt	Arbetsstillfällen skapade av inköp under konstruktionsfas och i operativ fas från svenska leverantörer. Exkluderas då analysen har en kommunal systemgräns.
Nytta	Arbetsstillfällen	Inducerad	Arbetsstillfällen skapade av löner utbetalade till CCS-industrin som nyttjas i svensk ekonomi (t ex shopping, restauranger, underhållning). Exkluderas då analysen har en kommunal systemgräns.
Nytta	CO2-reduktion	Direkt	Värdet av nettoutsläppsreduktion. Inkluderar infångad koldioxid, utsläpp och läckage från transport och slutförvar.
Kostnad	CAPEX	Direkt	Total investeringskostnad för anläggning för koldioxidavskiljning, kylanläggning, förvätskning, distributionsinfrastruktur (rör), mellanlager i bergtrum och utlastningsutrustning. Kostnadsuppgifterna är analyserade inom arbetspaket 2 i SIMCO ₂ .
Kostnad	OPEX		Fast och rörlig OPEX (för koldioxidavskiljning, kylanläggning, förvätskning, distributionsinfrastruktur, mellanlager i bergtrum, utlastningsutrustning) samt årlig kostnad för fartygstransport och

slutlagring med Northern lights. Avdrag för årlig försäljning av restvärme från koldioxidavskiljnings- och förvätskningsprocessen.

Kostnadsuppgifterna är analyserade inom arbetspaket 2 i SIMCO₂.

Kostnad	Kostnad för ersättningsproduktion, el	Indirekt	Motsvarar den samhällsekonomiska kostnaden för reducerad elproduktion.
Kostnad	Kostnad för ersättningsproduktion, värme	Indirekt	Motsvarar den samhällsekonomiska kostnaden för reducerad värmeproduktion. Med rekommenderat teknikval i AP2 (HPC) blir netto värme positiv och ingen ytterligare värmeproduktion behövs som ersättning.

3.1.3 Utvärdering av påverkan

I detta steg översätts samtliga effekter till monetära värden för att möjliggöra jämförbarhet. I Tabell 2 presenteras de selekterade effekterna ur ett kommunalt perspektiv och dess monetära värde. Antaganden för respektive effektkategori förklaras vidare i efterföljande löptext.

Tabell 2. Kvantifiering av selekterade effekter och konvertering till monetära värden

Typ	Effektkategori	Beskrivning	Kvantifiering	Monetärt värde
Nytta	Arbetsstillfällen	Inkluderar direkta arbetsstillfällen kopplade till konstruktion och operativa funktioner. Arbetsstillfällen inom konstruktion och komponentframtagning antas vara under konstruktionstiden, 2 år.	Operativa funktioner: 8 arbetsstillfällen Konstruktion/komponentframtagning: 48 arbetsstillfällen	14,5 Mkr/år 35,5 Mkr/år i två år
Nytta	CO ₂ -reduktion	Netto utsläppsreduktion. Inkluderar infångad koldioxid, utsläpp och läckage från transport och slutförvar.	850 kr/ton CO ₂ 200 000 ton/år Avdrag läckage transport: 0,15 % av total mängd CO ₂ ¹³ Avdrag läckage vid lagring: 0.018 ton CO _{2e} /ton CO ₂ ¹⁴ Avdrag fartygsutsläpp ¹⁵ : 1080 ton CO ₂ /år ¹⁶ Avdrag konstruktion/avveckling: 0.25 % av lagrad CO ₂ ur ett livscykelperspektiv ¹⁷	165,3 Mkr/år
Kostnad	CAPEX	Total investerings- samt drift- och underhållskostnader under projektets livslängd	Total CAPEX: koldioxidavskiljning, kylanläggning, förvätskning, distributionsinfrastruktur (rör),	1 363 Mkr

¹³ Kenneth Möllersten och Mathias Gustavsson, *Hållbarhetsbedömning av bio-CCS i fjärrvärmesektorn* (2022) <www.energiforsk.se>.

¹⁴ ibid.

¹⁵ Beräknat med antagande om utsläpp från fossil diesel, energiförbrukning om 0.04 kWh/tkm, 27 transporter/år om 3700 km (1850 km enkel väg)

¹⁶ Möllersten och Gustavsson (n 13).

¹⁷ ibid.

			mellanlager i bergrum, utlastningsutrustning.	
Kostnad	OPEX	Koldioxidavskiljningsanläggning, kylanläggning, förvätskning, distributionsinfrastruktur (rör), mellanlager i bergrum, utlastningsutrustning, fartygstransport och slutlagring med Northern lights. Avdrag för årlig försäljning av restvärme från koldioxidavskiljnings- och förvätskningsprocessen.	Fast OPEX	64,2 Mkr/år
			Rörlig OPEX	47,6 Mkr/år
			Northern lights:	170 Mkr/år
			650 kr/ton/år	
			Intäkt restvärmeförsäljning	7 Mkr/år
Kostnad	Kostnad för ersättningsproduktion, el	Skadekostnad för ersättning med dansk kolkraft om 3,3 öre/kWh.	33 kr/MWh 78 0000 MWh	2,6 Mkr/år

3.1.3.1 Nyttan av skapade arbetstillfällen

Som presenterat i Tabell 1 beaktas enbart direkta arbetstillfällen i denna analys. Indirekta nyttor från ett införande av CCS i Sundsvall tillfaller inte enbart kommunen, utan ger effekter både nationellt och internationellt. Detta exempelvis från stimulering av lokal och internationell produktionsindustri för olika komponenter, inköp av arbetskraft från andra delar av Sverige under konstruktionsfas och inköp i svensk och eventuell internationell ekonomi från lönen som utbetalas till anställda och leverantörer inom CCS-projektet i Sundsvall. Då dessa nyttor inte enbart tillfaller kommunen har de exkluderats från denna analys och ses i stället som en potentiell uppsida. Kostnaden för arbetskraften, som i detta fall tillfaller Sundsvall Energi, inkluderas i projektets OPEX.

Precis som för andra storskaliga infrastrukturprojekt kräver konstruktionen av en CCS-anläggning ett stort antal byggnadsarbetare. För storskaliga CCS-anläggningar krävs flera hundra och ibland upp mot ett tusental arbetstagare som är involverade i processen på olika sätt. Hur många som krävs beror på anläggningens skala och projektets komplexitet. Dessa arbetstillfällen är tillfälliga och varar enbart under projektets konstruktionsfas, men skapar möjligheter för både låg- och högkvalificerad kompetens¹⁸.

Vid en implementation av ett CCS-projekt i Sundsvall behövs arbetskraft både vid konstruktionsfas och operativ fas, vilket resulterar i arbetstillfällen inom konstruktion, operativa funktioner, underhåll och komponentframtagning. En del av de arbetstillfällen som skapas innebär enbart en förflyttning av arbetskraften mellan olika projekt inom samma ekonomi, vilket gör att det intressanta ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är vad nettoeffekten blir på den totala sysselsättningen i systemet. Värdet av de skapade arbetstillfällena beror på huruvida de skapas för kvalificerad kompetens som kan antas redan ha anställning i en annan del av ekonomin eller för människor som annars skulle vara arbetslösa och således resulterar i en reducerad arbetslöshet.

När det krävs specifik kompetens har normalt den kvalificerade medarbetare redan en anställning, vilket innebär att arbetskraften tas från en annan del av ekonomin. Om projektet innebär full sysselsättning för den förflyttade arbetskraften utgörs dess värde av alternativkostnaden för att minska produktionen någon annanstans i ekonomin. Värdet blir således den företagsekonomiska kostnaden motsvarande lön och sociala avgifter plus moms, då

¹⁸ GCCSI (Global CCS Institute), "The value of carbon capture and storage (CCS)" [2020] Thought Leadership 23
<https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/the-value-of-carbon-capture-ccs/>.

det kan antas att WTP uppgår till producentpris plus moms för produkterna som uteblir till följd av skiftet i arbetskraft. Detta motsvarar den samhällsekonomiska kostnaden för att anlita arbetskraft som redan har anställning under antagandet att det inte finns tillgänglig arbetskraft för att fylla den tidigare positionen¹⁹.

För arbetstillfällen som skapas för människor som saknar anställning är bedömningen mer komplicerad och skiljer sig beroende på om det gäller säsongs- eller konjunkturberoende arbetslöshet alternativt så kallad sökarbetslöshet. Det förstnämnda utgörs av värdet av bruttolön och sociala avgifter, på samma vis som för redan sysselsatt arbetskraft, och för det sistnämnda som alternativkostnaden för förlorad icke-önskad fritid. Det senare innebär att arbetstagaren "säljer" sin fritid för den nettolön som denne erhåller och gäller för arbetslöshet som beror på platsbrist, vilket exempelvis kan styras av säsong eller konjunktur. Fritiden kan då värderas till nettolönen med avdrag för arbetslöshetsersättning²⁰.

I det kanadensiska CCS-projektet Boundary Dam som sattes i drift 2014 var 1 700 personer anställda när konstruktionsarbetet var som mest intensivt. Som jämförelse hade konstruktionen av amerikanska Alberta Carbon Trunk Line, en 240 km rörinfrastruktur för koldioxid som sattes i drift 2020, cirka 2 000 personer anställda när konstruktionsarbetet var som mest intensivt. De operativa delarna av en CCS-anläggning kräver ofta ett förhållandevis lågt antal arbetare. Dessa arbetstillfällen är dock långvariga då de behövs under hela anläggningens livslängd. Baserat på data från kommersiella CCS-anläggningar kräver driften av en avskiljningsanläggning cirka 20 personer, där arbetsrollerna består av operatörer, underhållspersonal, labbpersonal och chefer som arbetar i skift²¹. Den kanadensiska CCS-anläggningen Boundary dam har en avskiljningskapacitet om 0.8–1 miljoner ton om året²². Avskiljningskapaciteten för en CCS-anläggning på Korstaverket är uppskattad till 200 000 ton om året, motsvarande cirka 20–25 % av kapaciteten i Boundary dam, vilket således innebär att antalet arbetstillfällen skapade av ett CCS-projekt på Korstaverket också är färre. Rakt applicerat på CCS-projektet vid Korstaverket skulle detta motsvara 340-425 arbetstillfällen i olika former under projektets mest intensiva konstruktionsfas. Med en antagen genomsnittslön om 700 000 kronor inklusive sociala avgifter (motsvarande en snittlön om cirka 42 000 kr/månad²³) skulle detta motsvara ett totalt värde om 238-297 Mkr.

Inom ramen för detta projekt görs en förenklad kostnadsnyttoanalys och för uppskattning av tillförd nytta från ökad sysselsättning har värden för direkta arbetstillfällen hämtats från Implement Consultings rapport "The economic impact of BECCS in Sweden"²⁴ avseende arbetstillfällen inom konstruktion, operativa funktioner, underhåll och komponentframtagning. För konstruktion och komponentframtagning för en CCS anläggning på Korstaverket innebär detta ett årligt antal om 48 arbetstillfällen motsvarande ett totalt värde om 35,5 Mkr. För operativa funktioner ger detta ett årligt antal om 8 arbetstillfällen motsvarande ett totalt värde om 14,5 Mkr. Indirekta och inducerade arbetstillfällen har ej inkluderats i denna analys. Då en implementation av CCS på Korstaverket enbart utgör ett enstaka projekt antas värdet av arbetstillfällen inom konstruktion, underhåll och komponentframtagning gälla för de första två åren. De applicerade grundantagandena är betydligt lägre jämfört med siffror från exemplet Boundary dam och till följd av inneboende osäkerheter kopplat till värdet av arbetstillfällen inkluderas dessa i en känslighetsanalys, vilken presenteras i kapitel 3.1.6.

¹⁹ Energiforsk, "Samhällsekonomisk lönsamhetsbedömning av miljöåtgärder i vattendrag" (2017).

²⁰ ibid.

²¹ GCCSI (Global CCS Institute) (n 18).

²² GCCSI, "2021 Global Status of CCS Report".

²³ Tillväxtverket, "Räkna ut vad en anställd kostar" (2022) <https://www.verksamt.se/alla-e-tjanster/rakna-ut/rakna-ut-vad-en-anstalld-kostar?p_auth=OWf50ULE&p_p_id=tvv_webcalc_WAR_tvv_webcalc&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=3&_tvv_webcalc_WAR_tvv_webcalc__facesView>.

²⁴ Implement Consulting Group, "The economic impact of BECCS in Sweden".

För vidare utvärderingar av den samhällsekonomiska nyttan av skapandet av en CCS-industri i Sundsvallsregionen bör även behov av utbildning inkluderas. Om den specifika eftersökta kompetensen inte finns i regionen behövs antingen riktade utbildningsinsatser eller kompetens sökas externt. Utbildningen utgör en kostnad som i så fall bör inkluderas i analysen. Om kompetens söks externt och om arbetstagarna inte är bosatta i Sundsvall kommun tillfaller skatten inte kommunen och den samhällsekonomiska nyttan hamnar således utanför analysens systemgräns. Inom ramen för denna analys har det dock antagits att kvalificerad extern kompetens bosätter sig i regionen och att vidare utbildning ej behövs för operativ drift av anläggningen.

Den samhällsekonomiska nyttan av ökad sysselsättning tillfaller som nämnt ekonomin i stort. Därav ger en kostnadsanalys med kommunal systemgräns enbart en begränsad bild av den totala nyttan och lönsamheten.

3.1.3.2 *Nyttan av koldioxidreduktion*

Finansieringen av CCS kommer sannolikt att ske på olika sätt. Aktörer med fossila utsläpp inom EU:s system för handel med utsläppsrätter, EU ETS, har i dagsläget ett ekonomiskt incitament till att avskilja och lagra sina koldioxidutsläpp, då det innebär att de inte behöver överlämna utsläppsrätter för dessa. Den företagsekonomiska lönsamheten i detta är dock beroende av att priset på koldioxid ligger i paritet med eller högre än kostnaden för avskiljning och lagring. Priset på utsläppsrätter har ökat kraftigt under de senaste åren, även om marknaden har fluktuerat, och uppgår för närvarande (juni 2022) till 85 EUR/t. Ett högre pris på utsläppsrätter bidrar till förbättrade förutsättningar för en marknadsutveckling för CCS på avfallsförbränningsanläggningar som har både fossila och biogena koldioxidströmmar²⁵.

För aktörer med biogena utsläpp är situationen en annan då dessa inte behöver betala för sina utsläpp inom EU ETS och således inte har ett naturligt incitament att investera i teknik för att avskilja och lagra koldioxiden. Trots att tekniken för avskiljning pekas ut som essentiell för att nå klimatmålen på nationell och internationell nivå saknas tydliga ekonomiska incitament som stödjer utvecklingen av bio-CCS. Det finns dock olika alternativ som utreds och diskuteras för att få i gång marknaden. Bland annat arbetar Sverige för närvarande med att utveckla ett så kallat omvänt auktionssystem för negativa utsläpp, inom vilket staten agerar köpare av avskiljning och lagring av biogen koldioxid (bio-CCS). Stödet kommer enbart tillämpas på biogena koldioxidströmmar och det är fortfarande inte fastställt hur stödet kommer att fördelas för aktörer såsom Sundsvall Energi, som i och med sin avfallsförbränning har både fossila och biogena utsläpp. Den första auktionen har föreslagits utlysas i slutet av 2022 med tilldelning 2023. Det finns dock risk för att detta blir försenat i och med att det tar tid att implementera ett sådant stödssystem och att ett godkännande behövs från EU-kommissionen innan införandet²⁶.

Ytterligare alternativ som diskuteras är att inkludera krediter för bio-CCS i EU ETS eller på en separat EU-baserad marknad. Utvecklingen av ett system på EU-nivå är en omfattande process och det finns viss oro att en inkludering i EU ETS skulle kunna leda till att verkliga utsläppsreduktioner reduceras till förmån för bio-CCS. I slutet av 2022 ska EU-kommissionen lämna lagförslag på certifiering för bortförande av koldioxid (Carbon Dioxide Removals, CDR), vilket potentiellt skulle kunna möjliggöra ett separat EU-system för negativa utsläpp²⁷. Utöver detta finns även en befintlig, om än i dagsläget liten, frivilligmarknad för koldioxidlagring. Denna är dock under utveckling och förväntas växa i framtiden, men det finns betydande osäkerheter

²⁵ Energiföretagen, 2022. Remiss av Energimyndighetens rapport "Första, andra, tredje... Förslag på utformning av ett stödssystem för bioCCS". Tillgänglig på: <https://www.regeringen.se/49676a/contentassets/d232104ea40d4234a5ffde3fe7d48b37/energiforetagen.pdf>

²⁶ Energimyndigheten, 2021. *Första, andra, tredje... Förslag på utformning av ett stödssystem för bio-CCS*. Tillgänglig på: https://www.energimyndigheten.se/globalassets/nyheter/2021/dnr-2020-23877_rapport-forsta-andra-tredje-forslag-pa-utformning-av-ett-stodssystem-for-bioccs.pdf.pdf

²⁷ IVL, 2019. *Incitament och finansiering av Bio-CCS i Sverige*. Tillgänglig på: <https://www.ivl.se/download/18.20b707b7169f355daa77b90/1561621866608/C417.pdf>

kopplade till volymer och tidpunkt för expansion. En frivilligmarknad innebär att aktörer frivilligt kompenserar för sina utsläpp genom att köpa certifierade enheter för koldioxidlagring, för vilka det både finns befintliga marknadsplatser och fler kan förväntas utvecklas när marknaden växer²⁸. Ett tecken på utvecklingen är att under de senaste åren har olika aktörer gått ut med mål för klimatneutralitet, där ett exempel är Microsoft som har annonserat att de till 2030 ska ha kompenserat för alla sina utsläpp sedan bolaget grundades 1975²⁹. Den kommande certifieringen på EU-nivå kan också ge förutsättningar för en vidgning av frivilligmarknaden genom att öka trovärdigheten och miljöintegriteten i koldioxidupptagen³⁰.

Hur koldioxidreduktion ska värderas ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är en omdiskuterad fråga. Det finns två olika etablerade metoder för att göra detta där den ena är en direkt metodik som syftar till att försöka etablera en social marginalkostnad (Social Cost of Carbon, SCC) för att släppa ut en extra enhet koldioxid. Den andra är en indirekt metodik där värdet tas fram genom ett inducerat skuggpris från styrmedel för koldioxid, såsom EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS). För att beräkna SCC behöver ofta så kallade Integrated Assessment Models (IAMs) utnyttjas, vilket har gjorts i ett flertal studier under det senaste decenniet med stor spridning i resultaten. Detta visar på svårigheten i att hitta ett trovärdigt värde för koldioxid i en kostnadsnyttoanalys.

Den indirekta metodiken utgår från att existerande styrmedel skapar en kostnad för koldioxid. Om identifieringen av koldioxidvärdet baseras på koldioxidskatt eller en välutformad handelsmarknad för koldioxidutsläpp är metodiken förhållandevis enkel att applicera och det resulterande priset/värdet bedöms vara en relativt god uppskattning av den marginella ekonomiska reduktionskostnaden. Detta då en aktör har incitament att reducera sina utsläpp upp till en nivå där ytterligare reduktioner skulle kosta mer än att betala koldioxidskatt alternativt betala för utsläppsrätter. Denna indirekta metodik är dock inte helt felfri och kommer också med stora osäkerheter då den förlitar sig på att de politiska besluten som prissätter koldioxid tar hänsyn till de förväntade sociala kostnaderna^{31,32,33}.

Trafikverket hänvisar i sin senaste rapport för "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7:0" att för samhällsekonomiska analyser inom transportsektorn nyttja ett politiskt skuggpris om 7 kr/kg (7 000 kr/ton) härlett från reduktionsplikten och reduktionspliktavgiften. Då denna värdering utgår från den klimatpolitiska styrningen av transportsektorn är den således inte applicerbar på andra växthusgasutsläpp än från inrikes transporter (exklusive inrikesflyg), men kan användas som jämförelse. Tidigare har myndigheten rekommenderat att samhällsekonomiska analyser som utförs av eller åt Trafikverket ska nyttja ett koldioxidpris som baseras på koldioxidskatten. Enligt Trafikverket är beräkning av SCC en för komplicerad och osäker metodik för att på ett rättvist sätt uppskatta den samhällsekonomiska skadekostnaden för koldioxid och kopplar därför sin värdering av koldioxidutsläpp till politiska mål och styrmedel genom att använda ett skuggpris³⁴.

²⁸ Ibid.

²⁹ Dagens industri, 2020. *Microsoft ska ta bort all koldioxid bolaget släppt de senaste 35 åren*. Tillgänglig på: <https://www.di.se/hallbart-naringsliv/microsoft-ska-ta-bort-all-koldioxid-bolaget-slappt-de-senaste-35-aren/>

³⁰ Naturvårdsverket, 2022. *Analys om möjliga EU-regler för Certifiering av upptag och infångning av koldioxid – underlag inför kommissionens samråd i maj 2022*. Tillgänglig på: <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/f1821fc959934673bbc1f2578f9f2325/pm-certifierade-upptag-infangning-av-koldioxid.pdf>

³¹ Anthony Heyes och Bogdan Urban, "The economic evaluation of the benefits and costs of carbon capture and storage", vol 22 (2019) <<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>.

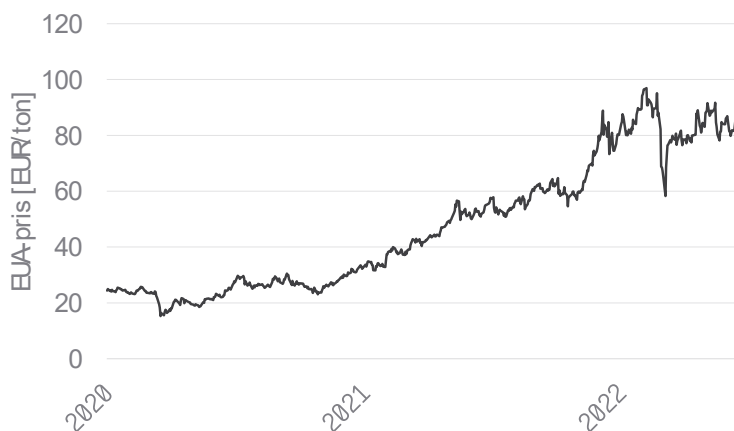
³² Svante Mandell, "Carbon emission values in cost benefit analyses" (2011) 18 Transport Policy 888.

³³ Trafikutskottet, *Hållbara analyser? Om samhällsekonomiska analyser inom transportsektorn med särskild hänsyn till hållbar utveckling (2014/15:RFR2)* (2014).

³⁴ ASEK, "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn : ASEK 7.0. Kapitel 5 Tillämpade kalkylmodeller och generella kalkylvärden." 1.

I denna analys har Sweco valt att som grundantagande värdera reduktionen av koldioxidutsläpp till priset på utsläppsrätter inom EU ETS. I Figur 1 visas historiska priser för utsläppsrätter där decemberkontraktet för närvarande handlas till 85 EUR/ton koldioxid. Tillgängliga prognoser för priset på utsläppsrätter följer med betydande osäkerheter och Sweco har därför valt att använda ett reallt oförändrat värde på utsläppsrätter på 80 EUR/ton som estimat.

Det ska noteras att priset på utsläppsrätter är marknadsdrivet och sannolikt inte fångar samtliga samhällsekonomiska nyttor, såsom minskade skadestnader och reducerade kostnader för klimatanpassning. Priset på utsläppsrätter är i dagsläget även lägre än dagens svenska koldioxidskatt (ca 1 200 kr/ton) och betydligt lägre än ovan nämnda värde som Trafikverket nyttjar i sina samhällsekonomiska analyser inom transportsektorn (7 000 kr/ton). Till följd av de stora osäkerheterna i värderingen av koldioxid inkluderas denna parameter i en känslighetsanalys för att undersöka dess inverkan på slutresultatet. Känslighetsanalysen presenteras i kapitel 3.1.6.



Figur 1. Historiska koldioxidpriser inom EU ETS

Värdet av koldioxidreduktionen har beräknats med utgångspunkt från den uppskattade avskiljningsvolymen om 200 000 ton per år. Från detta har avdrag gjorts för läckage vid koldioxidtransport som förknippas med generering av så kallad avkokningsgas³⁵, med ett antagande om 0,15 % av total mängd, läckage vid omlastningsterminal för slutlagring utanför Bergen om 0,018 tCO_{2e}/tCO₂, samt avdrag för koldioxidutsläpp vid konstruktion och avveckling av infrastrukturen om 0,25 % av den totala mängden lagrad koldioxid ur ett livscykelperspektiv³⁶. Därtill har ett avdrag gjorts för utsläpp från fartygstransporten, beräknat med antagande om utsläpp från fossil diesel, en energiförbrukning om 0.04 kWh/tkm³⁷ samt 27 transporter/år från Sundsvall hamn med en sträcka om 3 700 km (1 850 km enkel väg).

3.1.3.3 Kostnaden för avskiljning och lagring (CAPEX och OPEX)

Den totala kostnaden för införandet av CCS har erhållits från arbetspaket 2 inom SIMCO₂. Inom arbetspaket 2 utvärderades den totala investerings- samt drift- och underhållskostnaden för två alternativ för koldioxidavskiljning på Korstaverket, distributionsinfrastruktur och mellanlager i hamnen och fartygstransport till Northern lights slutförvar utanför Bergen i Norge. De två teknikalternativ för koldioxidavskiljning som undersöktes var aminbaserad koldioxidavskiljning samt avskiljning med Hot Potassium Carbonate (HPC). Kostnadsanalysen baserades på

³⁵ Ånga som produceras under transporten till följd av rörelsers inverkan på lastinnehåll samt temperaturskillnad mellan last och omgivning

³⁶ Möllersten och Gustavsson (n 13).

³⁷ ibid.

litteratur, budgetofferter från teknikleverantörer, indata från Sundsvall Energi samt Swecos erfarenhet och analys där samtliga kostnader låg inom ett osäkerhetsintervall på +/- 50 %.

Kostnaderna är uppdelade enligt följande: (i) Avskiljning (amin/HPC), (ii) Kylning, (iii) Förvätskning, (iv) Distributionsinfrastruktur (rörledning), (v) Mellanlager, (vi) Utlastningsutrustning, (vii) Slutlagring via Northern lights.

Resultatet i AP2 visade att båda koldioxidavskiljningsteknikerna, en aminbaserad och en HPC-baserad anläggning, kan vara möjliga att installera vid Korstaverket. Aminoralternativet resulterade i en kostnad per ton avskild och förvätskad koldioxid om cirka 1 722 kr/ton koldioxid, medan HPC-alternativet resulterade i en motsvarande kostnad om 1 642 kr/ton koldioxid med 25 års livslängd och en kalkylränta om 4,5 %. Med en kalkylränta om 3,5 %, vilket används inom denna kostnadsnyttoanalys, motsvarar detta 1 672 och 1 592 kr/ton för amin respektive HPC-alternativet. De delarna i kedjan som står för de högsta kostnaderna är koldioxidavskiljning, fartygstransport och slutlagring samt förvätskning.

Utifrån ett kostnads- och energiperspektiv bedömdes HPC vara den lämpligaste avskiljningstekniken för Korstaverket. Vidare bedömdes HPC även vara väl lämpat ur ett driftsperspektiv då Sweco förutsatte en jämn last på pannan (F5 på Korstaverket) med små och få driftsvariationer. En ytterligare fördel som identifierades var miljö- och hälsoaspekten, där HPC-tekniken inte medför några större risker baserat på absorptionslösningsmedlet.

Inom ramen för kostnadsnyttoanalysen genomförd i denna studie appliceras därför investeringskostnaden och operativa kostnader identifierade för koldioxidavskiljning med HPC-teknik på Korstaverket. Den totala investeringskostnaden (CAPEX) för koldioxidavskiljning, kylanläggning, förvätskning, distributionsinfrastruktur (rör), mellanlager i bergrum och utlastningsutrustning uppskattas till 1,363 miljoner kronor. Fast och rörlig operativ kostnad (OPEX) uppskattas till 64,2 respektive 47,6 Mkr/år. Detta inkluderar driftkostnader och rörliga kostnader såsom el, ånga och utbyte av kaliumkarbonat i avskiljningsanläggningen. Då HPC-tekniken applicerad på Korstaverket resulterar i en nettoproduktion av värme (högvärdig restvärme) borträknas intäkten från försäljning av denna från de årliga operativa kostnaderna.

För transport och slutförvaring med Northern lights har en kostnad om 650 kr/ton³⁸ ansatts. Northern lights har kommunicerat att ett långsiktigt pris kan reduceras till runt 35–55 EUR/ton och grundantagandet för kostnaden i denna analys är således förhållandevis hög. På längre sikt kan kostnaden komma att gå ner med teknikutveckling, större fartyg och större konkurrens. Vid diskussion med Northern Lights framkom det även att koldioxidvolymen från Korstaverkets är förhållandevis liten, vilket gör att det kan komma att bli svårt att få ekonomisk gångbarhet i att frakta och lagra koldioxid endast från Sundsvall Energi. För att projektet ska vara ekonomiskt möjligt kan det således vara en förutsättning att fler aktörer i regionen ansluter och delar på infrastrukturen. Längre fram satsar även Northern lights på att nyttja större båtar om 12 000 m³ (jämfört med 7 500 m³ i första fasen), vilket också ger potential för kostnadsreducering då den eventuella investeringen på Korstaverket beräknas ske 2030.

3.1.3.4 Kostnaden för alternativ produktion av ersättningsel och -värme

Implementeringen av en avskiljningsanläggning och ett mellanlager vid Korstaverket resulterar i reducerad el- och ångproduktion, vilka följaktligen behöver ersättas med alternativ produktion. Ersättningselen utgörs av produktionen som ligger på marginalen på den nordiska elmarknaden Nord Pool, då det blir denna som utökar sin produktion med motsvarande mängd. Energiforsk³⁹ rekommenderar att använda kolkraft i svenska samhällsekonomiska analyser. Tidigare var det normalt sett dansk kolkraft som låg på marginalen, men detta har delvis börjat förändras i takt med utbyggnaden av förnybar el och en elmarknad i förändring. Marginalproduktion kan därav

³⁸ Energimyndigheten, "Första, andra, tredje...".

³⁹ Energiforsk (n 19).

skilja sig beroende på tidpunkt. I denna analys används dock dansk kolkraft i syfte att inte underestimera skadekostnaderna från alternativ produktion.

Då kolkraftanläggningar ingår i EU ETS, som sätter ett tak på årlig total mängd utsläpp, genererar denna produktionsökning inte någon nettoökning av mängden koldioxidutsläpp, då utsläppen balanseras av minskade utsläpp någon annanstans i systemet. Då elproduktionsökningen i detta fall är liten i förhållande till den totala elproduktionen inom EU ETS bedöms denna inte påverka prisbildningen på utsläppsrätter och skadekostnader som uppstår av koldioxidutsläpp bedöms inte behöva beaktas. Däremot behöver utsläpp av andra klimat- och miljöpåverkan ämnen värderas och inkluderas in analysen. I denna analys används 3,3 öre/kWh, vilket motsvarar skadekostnaden för utsläpp av NO_x, SO₂, partiklar, NMVOC, CH₄ och N₂O, baserat på databasen EcoSense via Energiforsk med inflationsjusterade värden från 2017 till 2022. Den svenska inflationen för 2022 är vid tidpunkten för denna studie mycket hög och har därför i denna kontext nedjusterats från faktisk nivå till det årliga inflationsmålet om 2 %, för att göra analysen rimlig ur ett 2030-perspektiv⁴⁰.

Med rekommenderat teknikval för koldioxidavskiljningen (HPC-teknik) blir den resulterande energibalansen för värme nettopositiv. Det vill säga, producerad restvärme är större än värmebehovet i avskiljnings- och förvätskningsprocessen. Detta innebär således att processen inte ger upphov till behov av alternativ värmeproduktion. Intäkten från högvärdig restvärme inkluderas i kostnadsanalysen.

3.1.4 Diskontering och beräkning av nettonuvärde

I detta steg beräknas nuvärdet av samtliga kostnader och nyttor genom diskontering och dessa summeras därefter till ett nettonuvärde. Detta görs genom nedanstående formler.

$$NV = X * \frac{1}{(1+i)^t} \quad \text{Formel 1}$$

$$NNV = \sum(N * \frac{1}{(1+i)^t}) - \sum(K * \frac{1}{(1+i)^t}) \quad \text{Formel 2}$$

NV=Nuvärde, X=kostnad eller nytta, i=diskonteringsränta och t=tid/livslängd, NNV=Nettonuvärde, N=nyttor, K=kostnader

Diskonteringen möjliggör jämförelse mellan kostnader och nyttor som uppkommer vid olika tidpunkter och ska vara en parameter som visar på det faktiska konsumtionsbeteendet. Detta baseras på att individer generellt föredrar att konsumera varor och tjänster idag i stället för i framtiden, vilket i sin tur grundas i på en förväntan om framtida tillväxt och bättre ekonomi. En ytterligare förklaring är framtidsosäkerhet och otålighet. En positiv diskonteringsränta betyder att kostnader och nyttor som uppkommer i framtiden värderas lägre än de som uppkommer i nutid⁴¹. Vilken diskonteringsränta som ska användas i en samhällsekonomisk analys är omdebatterad, varför den rekommenderas ingå i en känslighetsanalys⁴². Känslighetsanalysen för detta projekt presenteras i kapitel 3.1.6.

I Tabell 3 presenteras övriga generella antaganden i analysen.

Tabell 3. Generella antaganden

Faktor	Antagande	Beskrivning
Kalkylperiod	25 år	Kalkylperioden ansätts till 25 år för samtliga effekter. Detta baseras på den bedömda

⁴⁰ ibid.

⁴¹ Vetenskapsrådet, "Möjligheter och begränsningar med samhällsekonomiska analyser." (2016) <http://www.sou.gov.se/wp-content/uploads/2016/06/rk_25161-Vetenskapsrådet_final_sidvis.pdf>.

⁴² Energiforsk (n 19).

		tekniska livslängden på investeringen och att de identifierade effekterna antas vara momentana.
Diskonteringsränta	3,5 %	Enligt ASEKs (Trafikverket) rekommendation bör den reala diskonteringsräntan för samhällsekonomiska analyser vara 3,5 % ⁴³ .
Växlingskurs EUR/USD <-> SEK	10 SEK = 1 EUR/USD	

3.1.5 Applicering av nettonuvärde

Med givna grundantaganden resulterar kostnadsnyttoanalysen i ett nettonuvärde om -2,2 miljarder kronor, vilket pekar på projektet inte är samhällsekonomisk lönsamt. De mest signifikanta drivande parametrarna är värdet av koldioxidreduktionen och investeringskostnaden, där resultatet pekar på att ett koldioxidpris om 850 kr/ton och en genomsnittlig kostnad om 1 592 kr/ton lagrad koldioxid (med 3,5 % i diskonteringsränta) gör projektet kraftigt olönsamt ur en kommunal kontext.

Som nämnt i kapitel 3.1.3.2 är dock värderingen av koldioxid komplicerad och att nyttja utsläppsrättspriset som värdering för den totala samhällsekonomiska nyttan av en koldioxidreduktion följer med betydande osäkerheter. Denna parameter tillsammans med övriga huvudsakligen drivande faktorer undersöks därför vidare i känslighetsanalysen.

3.1.6 Känslighetsanalys

I och med ingående osäkerheter i kostnadsnyttoanalysens antaganden har känslighetsanalyser genomförts för följande parametrar:

- Värde av koldioxidreduktion
- Total investeringskostnad
- Diskonteringsränta
- Kostnad för transport och lagring med Northern lights
- Arbetstillfällen i operativ fas
- Arbetstillfällen i konstruktionsfas

I Tabell 4 presenteras känslighetsanalysen för värdet av koldioxidreduktionen. Understruket värde motsvarar analysens grundantagande. Vid ett värde om 1560 kr/ton når projektet break even, om övriga antaganden bevaras på grundnivå.

Tabell 4. Känslighetsanalys av värde av CO₂-reduktion (kr/ton)

Värde av CO ₂ -reduktion (kr/ton)	213	425	638	<u>850</u>	1063	1275	1488	1700
Procent av grundantagande	25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
NNV (Mkr)	-4 175	-3 517	-2 859	-2 200	-1 542	-884	-226	433

Resultatet i arbetspaket 2 inom SIMCO₂ gav en total kostnad om 1 642 kr/ton lagrad koldioxid⁴⁴, där 60 % utgjordes av avskiljning och mellanlagring och 40 % av transport och lagring i Norge via Northern lights. Kostnaden för koldioxidavskiljning förväntas reduceras med utvecklingen och kommersialiseringen av tekniken. Detta ligger dock en bit bort i tiden och kräver att aktörer går före och investerar i tekniken. En studie som gjorts på kostnaderna för CCS uppskattar

⁴³ ASEK (n 28).

⁴⁴ Med 4,5 % kalkylränta. 1 592 kr/ton med en diskonteringsränta om 3,5 %, vilket vi använder inom ramen för kostnadsnyttoanalysen.

exempelvis på att kostnaderna för CCS kan reduceras med 15–20 % per dubbling av installerad kapacitet på global nivå. Om 60 nya anläggningar byggs uppskattas kostnaden kunna reduceras med 30 %, visar ett flertal studier⁴⁵.

I Tabell 5 presenteras känslighetsanalysen för den totala investeringskostnaden. Resultatet visar att investeringen inte är lönsam ur ett samhällsekonomiskt perspektiv även om investeringskostnaden skulle halveras. Detta tyder på att en kombination av minskade kostnader och ökade nyttor är en förutsättning för projektets lönsamhet, där den mest betydande nyttan är värdet av koldioxidreduktionen.

Tabell 5. Känslighetsanalys av total investeringskostnad

Total investeringskostnad (Mkr)	682	1 022	1 363	1 704	2 045	2 385	2 726
Procent av grundantagande	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
NNV (Mkr)	-1 519	-1 860	-2 200	-2 541	-2 882	-3 223	-3 564

I Tabell 6 presenteras känslighetsanalysen för diskonteringsräntan där resultatet visar att nettonuvärdet är negativt för räntor mellan 2-6 % med övriga grundantaganden bevarade. Detta pekar på att diskonteringsräntan i detta fall inte har samma bäring på nettonuvärdet som investeringskostnaden och värderingen av koldioxidreduktionen.

Tabell 6. Känslighetsanalys av diskonteringsränta

Diskonteringsränta (%)	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%	6.0%
NNV (Mkr)	-2 383	-2 317	-2 256	-2 200	-2 149	-2 102	-2 058	-1 981

Gällande lagring av koldioxid är det norska projektet Northern lights med lagring under havsbotten utanför Bergen i dagsläget det alternativ som ligger närmast i tid. Det finns dock fler länder som utvecklar alternativ för koldioxidlagring som ska vara på plats innan 2030, vilket i framtiden bör bidra till att skapa en konkurrenssituation och således ge en prisdämpande effekt. I Tabell 5 presenteras känslighetsanalysen för transport- och lagringskostnaden med Northern lights där resultatet visar att en förändring av denna parameter till Northern lights kommunicerade långsiktiga nivå om cirka 350 kr/ton koldioxid inte ensamt bidrar till ett positivt resultat, men dock ger en tydlig förbättring av resultatet. En reducerad transport- och lagringskostnad tillsammans med reducerad investeringskostnad och/eller ökad nytta i form av ett högre uppskattat värde för koldioxidreduktionen kan således resultera i ett positivt nettonuvärde.

Tabell 7. Känslighetsanalys av kostnaden för transport och lagring med Northern lights

Transport- och lagringskostnad (kr/ton)	200	350	500	650	800	950	1100	1250
NNV (Mkr)	-767	-1 245	-1 723	-2 200	-2 678	-3 156	-3 634	-4 111

I Tabell 8 presenteras känslighetsanalysen av värdet av skapade arbetstillfällen i operativ fas, då grundantagandet för denna parameter följer med stora ingående osäkerheter. Resultatet visar dock att denna parameter inte har någon betydande bäring på slutresultatet och att det är värderingen av koldioxidreduktionen samt kostnaderna som har störst inverkan på projektets lönsamhet.

⁴⁵ Miljödepartementet (n 2).

Tabell 8. Känslighetsanalys av värdet av skapade arbetstillfällen i operativ fas

Arbetstillfällen (Mkr/år)	3.6	7.3	10.9	<u>14.5</u>	21.8	29.0	43.5	72.5
Procent av grundantagande	25%	50%	75%	100%	150%	200%	300%	500%
NNV (Mkr)	-2 374	-2 316	-2 258	-2 200	-2 085	-1 970	-1 739	-1 277

I Tabell 9 presenteras känslighetsanalysen av värdet av skapade arbetstillfällen i konstruktionsfas, då grundantagandet för denna parameter följer med stora ingående osäkerheter. Resultatet visar dock att även med en betydande ökning om 1 000 % i uppskattat värde har denna parameter inte någon betydande bäring på slutresultatet jämfört med värderingen av koldioxidreduktionen och kostnaderna för avskiljning, transport och lagring.

Tabell 9. Känslighetsanalys av värdet av skapade arbetstillfällen i konstruktionsfas

Arbetstillfällen (Mkr/år i två år, under konstruktionsfasen)	8.9	17.8	26.6	<u>35.5</u>	71.0	106.5	142.0	177.5	355.0
Procent av grundantagande	25%	50%	75%	100%	200%	300%	400%	500%	1000%
NNV (Mkr)	-2 253	-2 235	-2 218	-2 200	-2 131	-2 061	-1 991	-1 921	-1 572

Då värderingen av koldioxidreduktionen, investeringskostnaden samt kostnaden för transport och lagring är de parametrar med störst inverkan på resultatet gjordes en kombinerad känslighetsanalys av dessa, vilken presenteras i Tabell 10 och Tabell 11. Resultatet i dessa visar tydligt att med reducerade kostnader kan lönsamhet uppstå vid ett lägre uppskattat värde för koldioxidreduktionen.

Tabell 10. Känslighetsanalys av investeringskostnad och värde av koldioxidreduktion

		Värde av CO ₂ -reduktion (kr/ton)								
		25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%	
		213	425	638	<u>850</u>	1063	1275	1488	1700	
Investeringskostnad (Mkr)	50%	682	-3 494	-2 835	-2 177	-1 519	-861	-202	456	1 114
	75%	1 022	-3 834	-3 176	-2 518	-1 860	-1 201	-543	115	773
	100%	1 363	-4 175	-3 517	-2 859	-2 200	-1 542	-884	-226	433
	125%	1 704	-4 516	-3 858	-3 199	-2 541	-1 883	-1 225	-566	92
	150%	2 045	-4 857	-4 198	-3 540	-2 882	-2 224	-1 565	-907	-249
	175%	2 385	-5 197	-4 539	-3 881	-3 223	-2 565	-1 906	-1 248	-590
	200%	2 726	-5 538	-4 880	-4 222	-3 564	-2 905	-2 247	-1 589	-931

Tabell 11. Känslighetsanalys av transport- och lagringskostnad och värde av koldioxidreduktion

		Värde av CO ₂ -reduktion (kr/ton)							
		25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
		213	425	638	850	1063	1275	1488	1700
Transport- och lagringskostnad (kr/ton)	31% 200	-2 742	-2 084	-1 425	-767	-109	549	1 207	1 866
	54% 350	-3 220	-2 561	-1 903	-1 245	-587	72	730	1 388
	77% 500	-3 697	-3 039	-2 381	-1 723	-1 064	-406	252	910
	100% 650	-4 175	-3 517	-2 859	-2 200	-1 542	-884	-226	433
	123% 800	-4 653	-3 995	-3 336	-2 678	-2 020	-1 362	-703	-45
	146% 950	-5 131	-4 472	-3 814	-3 156	-2 498	-1 839	-1 181	-523
	169% 1100	-5 608	-4 950	-4 292	-3 634	-2 975	-2 317	-1 659	-1 001

Resultatet i känslighetsanalysen visar tydligt att värdet av koldioxid samt den totala kostnaden för avskiljning, transport och lagring är de främsta påverkande parametrarna. För att projektet ska vara lönsamt krävs således ett högt värde/pris på koldioxid samt reducerade kostnader för avskiljning, transport och lagring.

4. Slutsats

Resultatet av kostnadsnyttoanalysen för CCS i Sundsvalls kommunala kontext visar på att en implementering inte är lönsam under de antagna grundförutsättningarna. Det ska noteras att den kommunala systemgränsen medför att visas indirekta och inducerade nyttor tillförda till samhället inte fångas upp, då dessa tillfaller samhället i nationell eller internationell kontext. Detta ska således ses som en potentiell uppsida.

Kostnadsnyttoanalysen visar tydligt att värdet av koldioxidreduktionen och kostnaden för avskiljning, transport och lagring är de parametrar som har störst inverkan på resultatet. Detta pekar på vikten av att kostnaderna reduceras samt betydelsen av att värdet av koldioxidreduktionen (priset på koldioxid) inkluderar samtliga samhällsekonomiska nyttor för att resultatet ska bli rättvisande.

Som grundantagande används ett utsläppsrättspris om 80 EUR/ton som estimat på värdet av koldioxidreduktionen. Priset på koldioxid har ökat kraftigt under det senaste året, bland annat till följd av EU-kommissionens beslut om ökade klimatmål till 2030 om 55 % utsläppsreducering mot tidigare 40 %, jämfört med 1990 års nivå. Ökade politiska ambitioner för utsläppsreducering på både nationell och EU-nivå tillsammans med ett växande intresse för koldioxidlagring från privata aktörer pekar på en ökad framtida efterfrågan på åtgärder för utsläppsreducering, vilket framåt förmodas driva marknaden för koldioxidavskiljning och således även bidra till ett högt pris på koldioxid. Ett marknadsdrivet pris på koldioxid, såsom priset på utsläppsrätter, säkerställer dock inte att samtliga samhällsekonomiska värden av koldioxidreduktionen är inkluderade. Till följd av de betydande osäkerheterna i värderingen av koldioxid inkluderades parametern i en känslighetsanalys för att studera vid vilket pris projektet blir lönsamt. Vid ett värde om 1560 kr/ton koldioxid når projektet break even, om övriga antaganden bevaras på grundnivå.

Då marknaden för CCS fortfarande är i ett tidigt skede med få kommersiella anläggningar globalt, men med växande intresse från aktörer både nationellt och internationell, förväntas investeringskostnaderna reduceras framåt till följd av en växande CCS-industri. Detta talar således för lägre priser vid antagen investeringstidpunkt för detta projekt (2030). Något som dock ska noteras är att framtida kostnadsuppskattningar följer med stora osäkerheter, då det är en mängd parametrar såsom global ekonomi och geopolitik som kan ge inverkan på kostnadsbilden. Dessa är i dagsläget svåra att förutspå. Gällande transport och lagring kan marknadskonkurrens skapas till följd av att fler länder utvecklar alternativ för koldioxidlagring som ska tas i drift innan 2030, vilket kan bidra till en prisdämpande effekt.

Något som också skulle kunna bidra till att driva ned kostnaderna är samarbete med andra aktörer i regionen. Genom delad infrastruktur och nyttjandet av större fartyg för att transportera koldioxiden till slutförvaret i Nordsjön kan skalfördelar uppnås och kostnaderna reduceras. Kunskapsutbyte och gemensamma upphandlingar mellan ett flertal aktörer kan också bidra till kostnadsfördelar.

För aktörer likt Sundsvall Energi med både fossila och biogena utsläpp kan det komma att krävas en kombination av finansieringsmodeller, exempelvis genom statligt stöd via omvänd auktionering för den biogena andelen och försäljning av krediter på frivilligmarknaden för den fossila andelen. Stöd kan också sökas på EU-nivå genom Innovationsfonden, från vilken upp till 60 % av relevanta projektkostnader kan erhållas.

Övriga nyttor såsom skapandet av nya arbetstillfällen är en parameter som i vidare analyser bör studeras mer ingående, då värdet är högst beroende av ingående antaganden. Värdet skiljer sig beroende på om antagagen arbetskraft är högkvalificerad och kan antas redan ha anställning, vilket då enbart innebär en förflyttning av arbetskraften, eller om antagna skapade arbetstillfällen bidrar till reducerad arbetslöshet. I detta projektspecifika fall skulle det exempelvis kunna vara så att Sundsvall energi utbildar egen personal för att sköta operativ drift och underhåll och att fler personer behöver anställas för att fylla de övriga normala arbetsuppgifterna. Vidare analyser bör studera dessa omständigheter mer ingående.

Något som den generella studien av kostnadsnyttoanalyser som samhällsekonomiskt verktyg samt resultatet från analysen genomförd inom ramen för detta projekt pekar på är dess känslighet för ingående antaganden. Det gäller både värden för specifika parametrar och vilken systemgräns som ansätts. Denna studie har genomförts i ett kommunalt perspektiv, vilket innebär att indirekta och inducerade nyttor som tillfaller samhället i stort inte inkluderas. För att närmare studera projektets totala inverkan på exempelvis indirekta och inducerade arbetstillfällen behöver analysen göras ur ett nationellt eller till och med internationellt perspektiv, vilket i sin tur ställer krav på detaljerade data samt förutsätter att den specifika investeringen är en del av skapandet av en ny industri för CCS. En vidgad systemgräns och en mer djupgående kostnadsnyttoanalys hade troligen resulterat i ett annat nettonuvärde då fler värden kunnat fångas av analysen. Samtidigt pekar resultatet av kostnadsnyttoanalysen i den här studien på att det uppskattade värdet på koldioxid och investeringskostnaden obestridligen är de mest drivande parametrarna och troligtvis skulle detta vara fallet även med ett nationellt perspektiv.

Något som är viktigt att notera och som poängteras bland annat i det klimatpolitiska ramverket och i den klimatpolitiska vägvalsutredningen (SOU 2020:4) är att koldioxidinfångning genom bio-CCS ska ses som en kompletterande åtgärd och att CCS för fossil koldioxid får räknas som en åtgärd enbart där rimliga alternativ saknas. Detta för att utvecklingen av CCS inte ska resultera i minskade incitament till att ställa om från råvaror med fossilt ursprung och på så vis reducera utsläppen. Detta är också viktigt i kontexten för en kostnadsnyttoanalys ur ett bredare perspektiv, baserat på att en användning av CCS som orsakar minskade incitament till att ställa om leder till minskade nyttor i form av exempelvis reduktion av andra skadliga utsläpp (partiklar, etc.).

Kostnadsanalysen genomförd inom ramen för detta arbetspaket ska ses som en indikation på den totala samhällsnyttan i kommunal kontext och syftar till att ge jämförbarhet mellan kostnader och nyttor från ett införande av CCS i Sundsvall samt en hänvisning till drivande parametrar.

För vidare studier av den samhällsekonomiska nyttan bör en mer djupgående kostnadsnyttoanalys genomföras, där indirekta och inducerade arbetstillfällen och nyttor med koldioxidreduktion studeras i mer noggrann detalj, exempelvis genom intervjuer och enkäter. Utöver CCS finns även andra alternativ för negativa utsläpp som är under utveckling, såsom biokol, vilka kan utredas i framtida studier för att undersöka och jämföra den totala nyttan för olika alternativ för koldioxidlagring.