

VÄGEN MOT KLIMATNEUTRALITET

KUNSKAPSÖVERSIKT OCH FÖRSLAG TILL NYA REDUKTIONSMÅL FÖR TRAFIKVERKET

2021-09-10



wsp

VÄGEN MOT KLIMATNEUTRALITET

Kunskapsöversikt och förslag till nya reduktionsmål för Trafikverket

KUND

Trafikverket

KONSULT

WSP Environmental Sverige

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

wsp.com

KONTAKTPERSONER/FÖRFATTARE

Stefan Uppenberg

Marcus Eriksson

Susanne Jung

Camilla Blomqvist

INNEHÅLL

1	INLEDNING	4
1.1	BAKGRUND OCH SYFTE	4
1.2	METOD FÖR GENOMFÖRANDE	4
2	KUNSKAPSÖVERSIKT	6
2.1	ORDLISTA	6
2.2	BEGREPP OCH DEFINITIONER	7
2.2.1	Klimatneutralitet	7
2.2.2	Kompensation	10
2.3	BIOENERGI TILLSAMMANS MED CCS (BECCS)	15
2.4	ÅTGÄRDER I SKOG OCH MARK	18
2.5	BIOKOL	20
2.6	KARBONATISERING	23
2.7	UTSLÄPPSMINSKNINGAR GENOM KOMPENSATION UTOMLANDS	25
2.8	KOMPENSATION GENOM UNDVIKANDE AV UTSLÄPP ELLER NEGATIVA UTSLÄPP?	27
3	NYA REDUKTIONSMÅL	29
3.1	BERÄKNING AV SCENARIER FÖR UTSLÄPPSREDUKTIONER	29
3.1.1	Järnvägsinfrastruktur	29
3.1.2	Väginfrastruktur	30
3.1.3	Sammanfattning av reduktionspotentialer	32
3.1.4	Osäkerheter för kvarstående utsläpp 2045	33
3.2	REDUKTIONSMÅL	37
3.2.1	Akkumulerade utsläpp	39
3.2.2	Biogena utsläpp från förändrad markanvändning	40
3.2.3	Tydligare målbilder och krav för projekt	40
3.2.4	Hantering av utsläppsreducerande åtgärder och kompensation	41
3.2.5	Kostnadseffekter	42
3.2.6	Konsekvenser för beräkningar i Klimatkalkyl	44
4	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	46
4.1	FÖRSLAG TILL NYA REDUKTIONSMÅL	46
4.2	REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE	48
	BILAGA 1 MCE-SCENARION	50

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Trafikverket har satt upp mål för minskad klimatpåverkan från den statliga transportinfrastrukturen, vilket bland annat innefattar mål för reduktion av växthusgasutsläpp från byggande, drift och underhåll, jämfört med tekniknivå (inklusive beräkningsförutsättningar) 2015, för 2030 (50%) och 2045 (100%). För att underlätta styrning och måluppfyllelse mot klimatneutralitet till 2045 finns behov av ytterligare delmål för åren 2035 och 2040.

Trots en mycket kraftig omställning, både i branschen och i tillverkningsindustrin, för att reducera klimatpåverkan från infrastrukturen visar utredningar (till exempel inom forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit och klimatanalys för Nya stambanor) att det är osannolikt att uppnå klimatneutralitet utan någon form av klimatkompensation. Dels kvarstår växthusgasutsläpp från förändrad markanvändning, dels från bland annat el, material och produkter vars utsläpp sannolikt har minskat betydligt men inte hela vägen ner till noll. I takt med att industrin ställer om sin produktion mot mer klimatneutrala produkter finns också behov av att kunna kvantifiera de negativa utsläppen som uppstår.

WSP har fått i uppdrag av Trafikverket att närmare utreda vad begreppen klimatneutralitet och klimatkompensation innebär för byggande, drift och underhåll av statlig transportinfrastruktur – hur klimatneutralitet kan uppnås, beräkningstekniska aspekter, behov av ytterligare definitioner och standarder m.m. Denna rapport syftar till att ge en kunskapsöversikt och ska ses som ett första steg för att strukturera frågeställningen och sortera begrepp, samt att föreslå prioriteringar för fortsatt utveckling. Uppdraget inkluderar även att ta fram förslag på mål för reduktion av växthusgasutsläpp för 2035 och 2040, samt att undersöka om målet för 2030 kan och bör skärpas.

Slutsatser och rekommendationer i rapporten är WSP:s egna och syftar till att vara underlag till fortsatta diskussioner inom Trafikverket om implementering i mål, krav och liknande. Med hänsyn till att området är komplext och att det pågår en mycket snabb utveckling i industrins och bygg- och anläggningsbranschens klimatomställning vill vi poängtera att sammanställningen och analysen i denna rapport inte utger sig för att vara komplett och slutgiltig, utan snarare ska ses som ett avstamp för ytterligare fördjupade analyser.

1.2 METOD FÖR GENOMFÖRANDE

Underlaget till kunskapsöversikten har inhämtats från litteraturstudie och ett antal intervjuer med relevanta myndigheter, akademi, entreprenörer, leverantörer och andra organisationer. De som har intervjuats är:

- Naturvårdsverket
- Skogsstyrelsen
- Forskare från Mistra Carbon Exit
- Stockholm Exergi
- Växjö Energi
- Tricorona
- Skanska
- Peab/Swerock
- Voestalpine
- Celsa
- HeidelbergCement
- Volvo Construction Equipment

För utvecklingen av förslag till reduktionsmål för 2035 och 2040 har scenarion för utsläppsminskningar för väg- och järnvägsprojekt fram till 2045 tagits fram. Dessa scenarier baseras på underlag från Mistra Carbon Exit¹ som beskriver en möjlig utveckling av industrins och bygg- och anläggningsbranschens klimatomställning. Samma underlag har tidigare använts av WSP i klimatanalys för Nya stambanor 2020². För järnvägsprojekt har ett scenario för Nya stambanor använts för analysen och för vägprojekt har ett scenario tagits fram baserat på en sammanställning av klimatkalkyler för ett antal relevanta vägprojekt. Scenarierna har använts för att få en tydligare bild av vilka åtgärder och reduktionsnivåer som är tekniskt möjliga att uppnå 2035 och 2040 samt hur stora utsläpp och vilka typer av utsläpp som troligen kvarstår från infrastrukturens anläggande år 2035 och 2040.

I genomförandet av uppdraget har inriktning och omfattning av litteraturstudie, intervjuer och scenarion för utsläppsminskningar löpande stämts av med Trafikverket genom månadsvisa avstämningsmöten med projektgrupp inom Trafikverket samt vid två möten med intern referensgrupp inom Trafikverket. Preliminära iakttagelser och utkast till förslag till klimatmål för 2035 och 2040 redovisades även vid Trafikverkets klimatkonferens 16 juni 2021, där deltagarna fick ge sina reflektioner över dels eventuell revidering av målnivå för 2030, dels målnivåer för 2035 och 2040.

¹ Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., 2019, Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains – Analysis of a Swedish road construction project, Chalmers

² Jung, S., Uppenberg, S., 2021, PM Reduktionspotential och kostnadsbedömning av klimatåtgärder, WSP

2 KUNSKAPSÖVERSIKT

I detta kapitel diskuteras inledningsvis begreppen klimatneutralitet och kompensation (klimatkompensation) – vilka definitioner som finns och hur begreppen används. Det följs av en översikt över ett antal olika typer av åtgärder som finns, eller sannolikt kommer finnas i framtiden, och som bedöms vara relevanta för Trafikverket för att åstadkomma utsläppsminskningar och hur sådana åtgärder kan användas för att kompensera för kvarstående utsläpp. Syftet är att belysa teknisk mognadsgrad och för- och nackdelar med respektive typ av kompensationsåtgärd.

2.1 ORDLISTA

Här förklaras kortfattat ett antal begrepp som beskrivs mer utförligt längre fram i rapporten.

Klimatneutral – Utsläppsbalans där en verksamhet sammantaget inte bidrar till en ökning av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären och därmed inte heller till stigande temperaturer. Enligt IPCC ett läge där utsläpp orsakade av mänsklig aktivitet (antropogena) balanseras av antropogent upptag av utsläpp över en viss tidsperiod. Se 2.2.1.

Nettonoll – Synonymt med *klimatneutral*

Kolsänka – Naturlig eller konstruerad reservoar som ackumulerar och lagrar inbundet kol från biomassa över mycket lång tid (oändlig). De huvudsakliga kolsänkorna är världshaven och växande vegetation. Se 2.4.

Negativa utsläpp – Uptag av växthusgaser som orsakas av medveten mänsklig handling och som är varaktigt och där lagring sker i geologiska, landbaserade eller havsbaserade reservoarer vilket bidrar till att halten växthusgaser i atmosfären minskar. Synonymt med kolsänka. Se 2.2.1.

Undvikna utsläpp – Teoretisk utsläppsmängd som är en följd av åtgärd som leder till att utsläppen inte ökar lika mycket som de skulle gjort i ett relevant jämförelsesscenario, t.ex. där förnybar energiproduktion ersätter fossil produktion. Se 2.2.2.

Additionalitet – En utsläppsreduktion är additionell om den inte skulle ha skett utan genomförande (finansiering) av den åtgärd som lett till utsläppsreduktionen. Se 2.2.1.

Permanens – Grad av beständighet för till exempel en kolsänka. Om lagring i en kolsänka kan garanteras över mycket lång tid har sänkan hög permanens.

Utsläppskredit – Verifikat för utsläppsreduktioner som uppkommit genom en specifik åtgärd, och som kan handlas med inom ramen för en marknad för utsläppskompensation. Se 2.2.1.

Kompensation av utsläpp – En ekonomisk transaktion som sker i syfte att kompensera (kvitta) återstående utsläpp. Det vill säga att aktör 1 betalar aktör 2 för att skapa utsläppsreduktioner, som aktör 1 sedan får tillgodoräkna sig. Detta sker vanligtvis genom handel med utsläppskrediter. Se 2.2.2.

Kompletterande åtgärder – Begrepp i det svenska klimatpolitiska ramverket som avser ett antal åtgärds-kategorier som kan användas för att kompensera kvarvarande utsläpp på nationell nivå: BECCS, ökade kolsänkor i skog och mark samt investeringar i andra länder. Se 2.2.2.

CCS – Förkortning av Carbon Capture and Storage, en teknik för infångning och geologisk lagring av koldioxidutsläpp från en verksamhet. Se 2.3.

BECCS – Förkortning av Bio Energy Carbon Capture and Storage vilket innebär att CCS-teknik används för att fånga in och lagra koldioxidutsläpp från förbränning av bioenergi. Se 2.3.

2.2 BEGREPP OCH DEFINITIONER

2.2.1 Klimatneutralitet

Begrepp som *klimatneutral*, *klimatpositiv*, *netto-noll* etc. används i många sammanhang där företag eller organisationer vill kommunicera att de tar ansvar för att minska klimatpåverkan från sin verksamhet och sina produkter och tjänster. Själva innebörden i begreppet klimatneutralitet är att verksamheten eller produkten sammantaget inte bidrar till ökningen av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären.

Detaljerna kring hur klimatneutralitet kan uppnås är inte lika tydliga, till exempel vad gäller hur utsläppsmätningar ska göras. Det finns även olika åsikter bland politiker, forskare och näringsliv kring om, och hur, man ska få använda begreppet *klimatneutral* för en verksamhet eller produkt. Detta gäller i synnerhet i frågan gällande begreppet *netto-noll* och dess innebörd, och specifikt om så kallad kompensation ska kunna kvittas mot motsvarande utsläpp från den egna verksamheten. Nedan följer en kort sammanställning om hur klimatneutralitet definieras i ett antal standarder och certifieringar, med start på internationell nivå följt av nationella och andra, mer specifika standarder och certifieringssystem.

IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) definierar ett antal begrepp på en generell nivå som inte behandlar produktnivå eller tillgodoräkning, men som utgör grunden för flertalet andra definitioner och märkningar³.

Nettonoll (Net Zero (CO₂) emissions) definieras av IPCC som ett läge där utsläpp orsakade av mänsklig aktivitet (antropogena) balanseras av antropogent upptag av utsläpp över en viss tidsperiod. Till upptag räknas således *inte* sådant som sker via den naturliga kolcykeln, utan via medveten mänsklig handling. Upptaget skall vara varaktigt (durable) och lagring skall ske i geologiska, landbaserade eller havsbaserade reservoarer.

Negativa utsläpp definieras i sin tur som mänskliga aktiviteter som skapar upptag enligt ovan. *Undvikna utsläpp* förekommer inte i IPCC:s begreppslistor.

ISO 14021 – Self-declared environmental claims

ISO-standarden *ISO 14021, Environmental labels and declarations – Self declared environmental claims (Type II environmental labelling)*, innehåller rekommendationer om hur begrepp som klimatneutralitet och klimatkompensation bör kommuniceras för en produkt, tjänst eller organisation. Enligt standarden ska uttalanden om klimatneutralitet eller minskad klimatpåverkan förknippad med klimatkompensation innehålla:

- Information om de faktiska totala växthusgasutsläppen (carbon footprint)
- Hur mycket som har klimatkomparerats (i termer av köpta certifierade utsläppsminskningenheter, uttryckt som ton koldioxidekvivalenter).
- Fullständiga uppgifter om vilket klimatkompensationssystem som har använts
- Information som gör det möjligt för köparen att få tillgång till källor för ytterligare information de klimatkompensationsprojekt som använda utsläppsminskningenheter kommer ifrån.

Syftet med standarden är att bidra till en transparent kommunikation som istället för grovt förenklade budskap om "klimatneutralitet" eller "nettonoll-utsläpp" tydligt synliggör dels omfattningen av de

³ IPCC, 2018: Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press

uppskattade faktiska växthusgasutsläppen, dels omfattningen av klimatkompensation, vilket definieras som "mekanism för att kompensera en produkts klimatavtryck genom förebyggande av utsläpp, minskning eller avlägsnande av motsvarande mängd utsläpp av växthusgaser i en process utanför produktsystemets gränser". För fallet "nettonoll-utsläpp" blir då kompensationen av samma omfattning som de faktiska utsläppen.

ISO 14068 – Carbon Neutrality

Svenska Institutet för Standarder (SIS) påbörjade i början av 2021 ett arbete med att ta fram en ny ISO-standard för "*Carbon Neutrality*", *ISO 14068*. Arbetet med standarden i Sverige utgår från ett arbetsutkast som den internationella arbetsgruppen nyligen producerat. Motiveringen från SIS sida är att det är viktigt att budskap kring klimatneutralitet, netto-noll, klimatpositivitet etc., som de konstaterar används allt oftare, baserar sig på enhetliga definitioner, harmoniserade kvantifieringar och transparens kring eventuell kompensation. Standarden kommer vara generisk, vilket innebär att den kommer att definiera principer i ett ramverk och att den sannolikt kommer kunna användas för framtagande av sektor- eller materialspecifika standarder kring klimatneutralitet. Enligt SIS beräknas standarden vara klar Q2 2023. Troligen kommer standarden baseras på liknande principer som i *PAS 2060*, se nedan. SIS anger att följande tematiska områden är centrala från ett svenskt perspektiv;

- Systemgränserna för beräkningar
- Krav på utsläppsminskningar
- Typer av klimatkompensation som kommer tillåtas, samt
- Tillåtna claims/uttalanden/deklarationer och hur dessa får vara utformade

PAS 2060 – Carbon Neutrality

Sedan 2010 finns en brittisk standard, *PAS 2060 – Carbon Neutrality*, för vad som krävs för att organisationer ska få hävda klimatneutralitet och hur de ska verifiera det. Standarden består av fyra huvudprinciper:

1. Mätning
2. Reduktion av utsläpp
3. Kompensation
4. Dokumentering och validering

Mätning ska ske i enlighet med någon av standarderna för klimatberäkningar *ISO 14064 – Greenhouse gases*⁴, *Greenhouse Gas Protocol (GHGP)* eller *PAS 2050 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*, beroende på tillämpningsområde. *GHGP* definierar utsläpp av växthusgaser som hemmahörande i någon av kategorierna scope 1 – direkta utsläpp från den egna verksamheten, exempelvis från egna fabriker eller fordon, scope 2 – utsläpp från energi (el, fjärrvärme etc) som köps in till verksamheten, samt scope 3 – utsläpp uppströms och nedströms i leverantörskedjan från inköpta varor, tjänster och resor. Huvudprincipen är att alla utsläpp (i praktiken minst 95% av utsläppen) i scope 1 och 2 ska inkluderas, såväl som scope 3-utsläpp som bidrar till mer än 1% av de totala utsläppen. Avsteg från detta måste motiveras och dokumenteras.

Reduktion av utsläpp ska ske enligt en offentlig, kommunicerad plan för klimatneutralitet, som innehåller:

- Tidplan
- Specifika mål för utsläppsreduktioner
- Planerade åtgärder för att uppnå reduktionsmålen

⁴ Kravspecifikation med vägledning på organisationsnivå för kvantifiering och rapportering av utsläpp och avlägsnande av växthusgaser

- Beskrivning av hur kvarstående utsläpp ska kompenseras

Reduktionsplanen kan avse totala utsläppsminskningar eller relativa utsläppsminskningar i förhållande till t.ex. produktionsvolym. Planen ska uppdateras årligen.

Kompensation (kvittande) av egna kvarstående utsläpp, så att totala utsläpp blir netto-noll, kan ske genom köp av utsläppskrediter för åtgärder som uppfyller följande kriterier:

- Åtgärderna görs inom någon av de standarder som PAS 2060 godkänner (CDM, Gold Standard, m.fl.)
- Åtgärderna är additionella, d.v.s. utsläppsreduktionerna skulle inte ha skett utan det projekt som finansierats
- En oberoende tredje part har verifierat att åtgärderna är permanenta, att dubbelräkning av utsläpp undviks och att åtgärderna inte orsakar ökade utsläpp någon annanstans.
- De köpta krediterna annulleras inom max ett år i godkänt register.

Dokumentering och validering innebär att tillgängliggöra ett antal underlag offentligt:

- Bevis för utsläppsreduktioner
- Redovisning av nollade utsläppskrediter
- Klimatberäkningar (carbon footprint report)
- Reduktionsplan
- Uttalande om att kraven i standarden har uppfyllts (Qualifying Explanatory Statement)

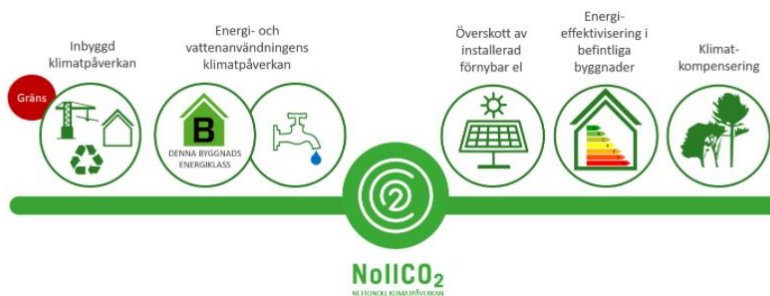
Validering kan göras genom granskning av en oberoende tredje part, eller genom något av de andra alternativ standarden tillåter.

NollCO₂

Certifieringen *NollCO₂* har utvecklats av Sweden Green Building Council (SGBC) "för att bidra till en klimatneutral samhällsbyggnadssektor i Sverige...". Det är en påbyggnadscertifiering för byggnader som certifieras enligt Miljöbyggnad eller något annat av SGBCs certifieringssystem för byggnader och syftar till att definiera hur man kan uppnå "netto-noll" klimatpåverkan av en ny byggnad, inkluderande byggnadens hela livscykel för den funktionella livstiden 50 år. De två huvudsakliga komponenterna i systemet är:

- Reduktion av växthusgasutsläpp från byggande och drift, ur ett livscykelperspektiv, där det ställs krav på en procentuell reduktion mot en byggnadstypisk baseline.
- Balansering av kvarvarande utsläpp genom 1) åtgärder i form av installation av förnybar elproduktion, 2) energieffektiviseringsåtgärder i befintliga byggnader och 3) klimatkompensering, enligt NollCO₂:s kriterier för miljömässig integritet.

Figur 1 visar NollCO₂ på en översiktlig nivå.



Figur 1 Schematisk bild av uppbyggnad av certifieringen NollCO₂ (SGBC⁵).

⁵ <https://www.sgbc.se/utveckling/utveckling-av-nollco2/vad-ar-nollco2/#:~:text=F%C3%B6r%20att%20bidra%20till%20en,klimatp%C3%A5verkan%20av%20en%20ny%20byggnad.>

2.2.2 Kompensation

Begreppet kompensation har använts i minst två decennier, sedan Kyotoprotokollet gav möjlighet för länder i väst att göra investeringar i utvecklingsländer på, vad som då ansågs, ett kvalitetssäkrat sätt. Begreppet har emellertid använts på olika sätt och givits olika definitioner sedan dess. I detta avsnitt försöker vi reda ut begreppet på en teoretisk nivå och peka på de ramverk som är relevanta.

Vad kompensation innebär för Trafikverket med konkreta exempel och förslag på framtida förhållningssätt till begreppet ges i övriga delar av kapitel 2.

Vad utmärker kompensation?

I folkmun innebär kompensation i regel att utsläppscertifikat köps via ett etablerat handelssystem och kvittas mot egna utsläpp. Dessa certifikat har historiskt sett handlat om investeringar i projekt utomlands, där en garanti har ställts ut över att en viss volym växthusgaser har undvikits eller fångats in (mer om dessa projekt i kapitel 2.6).

Detta är emellertid ingen tillfredställande definition. Det finns anledning att fundera över begreppet kompensation i en bredare bemärkelse, till exempel för att kunna täcka andra existerande sätt att fånga in eller undvika utsläpp som inte täcks in av befintliga handelssystem men som kan komma att bli relevanta framöver och som borde omfattas av begreppet *kompensation*.

Vi menar att den tydligaste definitionen av kompensation är att en ekonomisk transaktion sker i syfte att kompensera för återstående utsläpp, det vill säga att aktör 1 betalar aktör 2 för att skapa utsläppsreduktioner, som aktör 1 sedan får tillgodoräkna sig. Detta skiljer sig åt från åtgärder som vidtas inom den egna organisationen/verksamheten för att reducera utsläpp, till exempel användning av biokol på egen mark och med egna medel, vars upptag av koldioxid sedan kan räknas bort från organisationens egna utsläpp. I det scenariot sker ingen ekonomisk transaktion utan utsläppsreduktionerna görs med egna medel, varför det inte är att betrakta som kompensation. Vi menar att sådana åtgärder bör ses som utsläppsreducerande åtgärder inom den egna organisationen, på samma sätt som energieffektivisering är en utsläppsreducerande åtgärd.

I grunden handlar det om vem som får tillgodoräkna sig utsläppsreduktionen. En given utsläppsreducerande åtgärd kan inte *både* tillgodoräknas av aktören som utför åtgärden *och* säljas till en annan aktör som sedan tillgodoräknar sig samma åtgärd. Det blir dubbelräkning. Ett hypotetiskt exempel för att illustrera denna typ av dubbelräkning är om en aktör som äger ett fjärrvärmeverk och har fungerande infångning och lagring av sina utsläpp både drar av dessa negativa utsläpp från sina verksamhetsutsläpp vid rapportering och annan kommunikation, *och* samtidigt säljer krediter för samma negativa utsläpp som andra aktörer köper. Fjärrvärmebolaget behöver i detta läge välja hur dessa negativa utsläpp ska hanteras. Det ena alternativet innebär att krediter kan ställas ut som andra aktörer kan köpa och tillgodoräkna sig för att kompensera för sina egna utsläpp. Fjärrvärmebolaget kan i detta scenario inte tillgodoräkna sig de negativa utsläppen för sin egen räkning i utsläppsberäkningar för verksamheten eller i annat kommunikationssyfte. Det andra alternativet innebär att bolaget självt kan tillgodoräkna sig de negativa utsläppen men dessa kan då inte säljas.

Det är viktigt att poängtera att regler för hur negativa utsläpp enligt exemplet ovan ska bokföras saknas i dagsläget. Det vore naturligt om utsläppsreducerande åtgärder inom den egna organisationen kunde reflekteras i EPD:er från samma verksamhet framöver, och enligt samma exempel som ovan skulle bolagets fjärrvärmeprodukt kunna bli utsläppsneutral eller negativ om bolaget fångade in den biogena koldioxiden och tillgodoräknade sig den. Detta finns det emellertid inte metodologiskt stöd för att göra än och frågan är om det vore tillåtet enligt befintligt regelverk. Vi menar dock att någon typ av utveckling troligen kommer att ske för att aktörer med möjlighet att skapa

negativa utsläpp ska ges incitament att göra sådana investeringar och kunna tillgodoräkna sig effekten, utan att behöva sälja krediter.

I denna rapport används begreppet *kompensation* hädanefter i betydelsen att en ekonomisk transaktion genomförs för att hantera kvarstående utsläpp. Detta kan göras antingen inom Sverige eller utomlands.

Det finns två huvudsakliga kategorier av kompenserande åtgärder som sedermera kan tillgodoräknas som kompensation, åtminstone såsom läget ser ut idag. De skiljer sig åt i en rent fysisk mening:

1. Åtgärder som innebär att koldioxid binds eller lagras utanför atmosfären – s.k. negativa utsläpp
2. Åtgärder som leder till undvikande av utsläpp - exempelvis utbyte av fossila till fossilfria energislag

Alla typer av kompensation med åtgärder som beskrivs i kapitel 2.2–2.7 kan klassificeras inom en av dessa två kategorier.

Negativa utsläpp

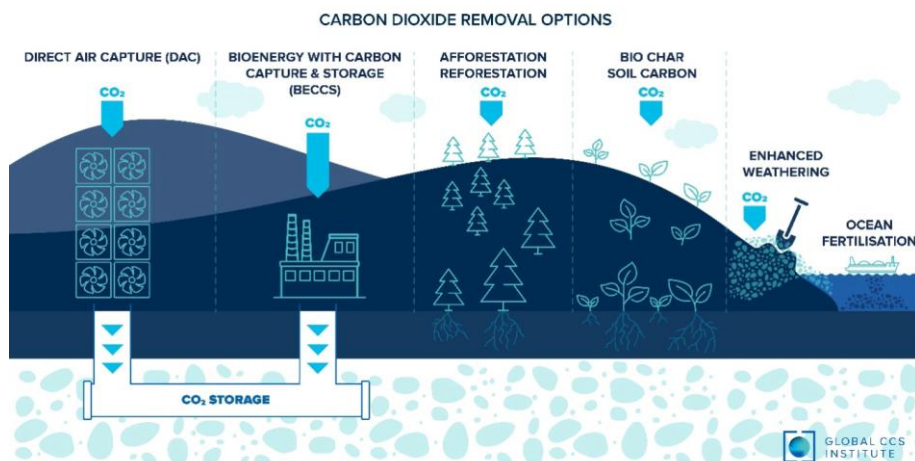
IPCC definierar negativa utsläpp som borttagande av koldioxid ur atmosfären med följden att koncentrationen av växthusgaser i atmosfären minskar⁶. Negativa utsläpp kan till exempel åstadkommas genom skogsplantering och framöver finns potential från ny teknik för att föra ut koldioxid ur atmosfären.

Det är mycket som ännu inte är formaliserat rent praktiskt kring negativa utsläpp, vilket sannolikt kommer bli mycket viktigt om negativa utsläpp ska kunna spela den betydande roll för den globala omställningen mot nollutsläpp som bland annat IPCC menar behövs⁷. För nya tekniker saknas teknisk vägledning för många delar av värdekedjan och således saknas även regelverk för hur beräkningar av negativa utsläpp ska ske vilket blir en nyckelfråga för om och hur negativa utsläpp skall kunna användas som verktyg för att motverka den globala uppvärmningen: vilka systemgränser bör gälla? Hur kan vi garantera att lagringen är permanent? Kommer det gå att tillgodoräkna sig negativa utsläpp för evigt?

I Figur 2 visas ett antal huvudsakliga metoder för negativa utsläpp vanligtvis diskuteras och som är under utveckling. Vi belyser de metoder vi anser mest relevanta för Trafikverket mer i detalj i resterande delen av kapitel 2.

⁶ IPCC, 2018: Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press

⁷ Rogelj, J., D. Shindell, K. Jiang, S. Fifita, P. Forster, V. Ginzburg, C. Handa, H. Khesghi, S. Kobayashi, E. Kriegler, L. Mundaca, R. Séférian, and M.V.Vilariño, 2018: Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.



Figur 2. Huvudsakliga åtgärds-kategorier för negativa utsläpp. (Global CCS Institute, 2021).

Undvikna utsläpp

Åtgärder som leder till undvikande av utsläpp karaktäriseras istället av att utsläppen *inte ökar lika mycket* som de troligtvis skulle gjort annars.

Ett konkret exempel är projekt som går in och finansierar utbyggnad av förnybar energiproduktion i länder där sannolikt fossil energiproduktion hade byggts utan investeringen från projektet. Denna typ av kompensation kräver således ett jämförelsescenario – hur utsläppen hade utvecklats utan investeringen – vilket är utmanande att beräkna, men är vanligt förekommande inom FN:s CDM-system och på befintliga frivilligmarknader (detta diskuteras i detalj i kapitel 2.4).

Det är omstritt om kompensation med negativa utsläpp och undvikna utsläpp går att jämföra samt vilken typ som är att föredra⁸. Det finns argument för och emot båda typer, vilket diskuteras mer i detalj i avsnitt 2.7.

Kompensation i det svenska klimatpolitiska ramverket

Kompensation tas även upp i det svenska klimatpolitiska ramverket som utgör grunden för regeringens och Trafikverkets klimatarbete. Det långsiktiga utsläppsmålet i det svenska klimatpolitiska ramverket lyder som följer:

Senast år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsäpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. För att nå nettonollutsläpp får kompletterande åtgärder tillgodoräknas. Utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium ska vara minst 85 procent lägre än utsläppen år 1990.

Målet ger alltså möjlighet till kompletterande åtgärder inom Sveriges gränser som kompenserar för högst 15 % av de kvarstående utsläppen, eller ca 11 Mton CO₂e, år 2045. Det finns även två delmål till 2030 och 2040, där också kompletterande åtgärder tillåts upp till en viss nivå.

Till *kompletterande åtgärder* räknas ett antal specifika åtgärds-kategorier som kan kompensera för kvarvarande utsläpp på nationell nivå.

- Bioenergi med koldioxidavskiljning och lagring (BECCS)
- Ökade kolsänkor i skog och mark
- Investeringar i andra länder

⁸ Möllersten, K., 2021. Nr C 579 Kompensation av klimatskuld inom LFM30, IVL

Vi redogör för dessa åtgärds-kategorier i nästkommande delar av detta kapitel. BECCS och ökade kolsänkor i skog och mark kan innebära negativa utsläpp, medan investeringar i andra länder även kan innebära undvikna utsläpp enligt kategoriseringen som görs i denna rapport.

I det klimatpolitiska ramverket ges utrymme för kompletterande åtgärder eftersom de kvarvarande utsläppen utifrån dagens kunskapsläge anses vara svåra och kostsamma att eliminera helt och att klimatneutralitet år 2045 således blir svårt att nå utan någon form av kompensation⁹. De kvarvarande utsläppen på nationell nivå antas i huvudsak bestå av metan- och lustgasutsläpp från en rad diffusa källor. Det kan handla om förbränning av biobränslen, avloppsreningsverk, rötning för biogasproduktion och utsläpp från jordbruket.

Det långsiktiga målet lär tydligt påverka riktningen för offentliga styrmedel och insatser under de kommande decennierna, men det är ännu oklart hur begränsningen av årlig kompensation (det vill säga taket på 11 Mton CO₂e år 2045) kommer att realiseras i praktiken.

Gäller begränsningen endast kompensation med statliga medel, till exempel andel av statsbudgeten som vigs åt kompensation, eller all kompensation som utförs inom Sveriges gränser, det vill säga av offentliga institutioner, företag, andra aktörer och medborgare?

Är det endast ett villkor som styr om regeringen kan anse målet uppnått eller ej, eller kommer det även innebära förbud för företag och medborgare att investera i kompletterande åtgärder utöver dessa 11 Mton CO₂e år 2045?

En möjlig väg är att styrmedel inrättas för att uppmuntra företag att fokusera på utsläppsminskningar istället för kompletterande åtgärder, särskilt i ett scenario där vissa kompletterande åtgärder minskar i pris signifikant, och därmed blir allt mer attraktiva att nyttja för företag.

Det klimatpolitiska ramverket och de tillhörande kompletterande åtgärderna är alltså vad som gäller på nationell nivå i Sverige. För företag och andra aktörer finns fler alternativ till kompensation än genom de åtgärder som tas upp på nationell nivå. För prövning av miljöfarlig verksamhet finns också förslag på att klimatperspektivet ska inkluderas i tillståndsprövningar. I slutet av 2019 beslutade Regeringen om att tillsätta en statlig utredning för att se över all relevant svensk lagstiftning så att det klimatpolitiska ramverket får genomslag - *En klimatanpassad miljöbalk för samtiden och framtiden (SOU 2021:21)*. I det delbetänkande som kom våren 2021 redovisades hur miljöbalken kan anpassas för att fungera som ett verktyg för att bidra till att de nationella klimatmålen nås. Utredningen framhåller att minskade växthusgasutsläpp kan åstadkommas bl.a. genom att öka kraven på verksamheter som släpper ut växthusgaser samtidigt som att ge lättnader för de som vill minska sina utsläpp eller bidra till klimatomställningen på annat sätt. Utredningen lyfter bland annat att:

- Klimatperspektivet bör förtydligas i beslutsunderlagen och ingå i prövningen
- Principen om bästa möjliga teknik även bör gälla för växthusgaser
- Ett tydligare klimatperspektiv i hushållningsprincipen behövs och i 2 kap. 5 § miljöbalken bör läggas till att hushållning även ska ske med material.
- En ökad tillämpning av villkor om val av bränsle, material och råvaror skulle kunna förbättra genomförandet av EU-rätten och bidra till miljö- och klimatmålen
- Avvägning mot klimatnyttan bör föras in i miljöbalken, dvs att verksamheter som kan bidra till minskad klimatpåverkan kan få tillstånd på bekostnad av andra miljöaspekter
- Stoppregeln bör kunna tillämpas på utsläpp av växthusgaser.

Sammanfattningsvis förtydligar utredningens förslag att klimatperspektivet ska beaktas i tillämpningen av miljöbalken. Detta bedöms i utredningen att öka kraven på kunskap och på åtgärder för att minimera klimatförändringar. Förslagen väntas få effekt på verksameters utsläpp av koldioxid och

⁹ Statens Offentliga Utredningar (2020) *Vägen till en klimatpositiv framtid* SOU 2020:4

användning av skattepliktiga bränslen från och med år 2025 och bedöms leda till att fler och mer omfattande utsläppsminskande åtgärder vidtas av företag än vad som annars skulle ha blivit fallet.

Miljökompensation för transportinfrastruktur inom Miljömålsrådet

Under 2021 färdigställdes resultatet kring samverkansåtgärder om miljökompensation inom Miljömålsrådet, där Trafikverket initierade ett arbete om miljökompensation (alltså åtgärder som görs för att kompensera för förlust av naturvärden när mark tas i anspråk, till skillnad från klimatkompensation som beskrivits tidigare i rapporten) inom transportinfrastruktur i samarbete med bland annat Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen¹⁰.

Enligt utredningen ska miljökompensationsåtgärden leda till positiva åtgärder utöver redan planerade åtgärder, så kallad additionalitet, som också bör tillämpas för klimatkompensationsåtgärder, för att få räknas som en kompensationsåtgärd. Miljökompensationen får heller aldrig ligga till grund för bedömning om en verksamhet är tillåtlig eller ej.

Enligt utredningen saknar Trafikverket idag redskap för att ta mark i anspråk eller att teckna frivilliga avtal för miljökompensationsåtgärder. Två förslag har lagts fram inom ramen för Miljömålsrådet som kräver att nya förutsättningar för samverkan mellan myndigheter skapas. Dessa innebär att ändringar i myndigheternas regleringsbrev behöver komma till stånd. Det första ändringsförslaget innebär att Regeringen ska ge Trafikverket mandat att teckna naturvårdsavtal och det andra förslaget att Regeringen ger möjlighet att överlåta förvaltning av naturvårdsavtal inom staten, från Trafikverket till Naturvårdsverket och länsstyrelserna.

I utredningen påpekas att länsstyrelserna har ett annat system och kunskap för att förvalta naturvårdsavtal än Trafikverket. Utredningen menar att det därmed skulle vara mer effektivt och tjäna miljömålen bättre om staten kunde agera gemensamt, genom att "en del av staten skapar alla förutsättningar och en annan förvaltar avtalen".

I utredningen lyfts att skadelindringshierarki vid exploatering av jordbruksmark ska användas och att någon form av naturresurskompensation för jordbruksmark kan användas. Miljömålsutredningen lyfter också att arbete krävs för att verka för att permanenta kolförrådsförluster minskar. Exploateringen bör lokaliseras till annan mark som ger lägre utsläpp eller genom att värdera kolförrådet när mark tas i anspråk. Det finns också ett behov av att utveckla och implementera beräkningsverktyg för kolförrådsförluster och växthusgasutsläpp lokalt i samband med exploatering av olika marktyper. Det finns idag ingen praxis för att beräkna förluster och vinster av kolsänkor och det ingår endast till viss del i Trafikverkets klimatkalkylverktyg. Dessa beräkningar behöver sedan ingå i konsekvensutredningar för att identifiera alternativ där klimatpåverkan blir mindre.

Ytterligare en viktig aspekt som belyses i utredningen är att värdera, samordna och begränsa den yta som tas i anspråk tillsammans med annan exploatering. Det kan handla om att samordna tillfartsvägar eller platser för materialupplag. Utifrån de beräkningar som föreslås kan återstående utsläpp kvantifieras och sedan kompenseras genom att säkra kolsänkor i det övriga landskapet. Detta bidrar också till att främja en hållbar markanvändning.

Utredningen menar på att det finns en stor potential att nå ett mer samhällsekonomiskt effektivt klimatarbete om man med evidens kunde kvantifiera naturliga och redan existerande lösningar, som till exempel kolsänkor. Ett förslag som läggs fram är också användandet av en så kallad kompensationspool som innebär att marknadslösning där både offentliga och privata aktörer säljer miljökompensationsåtgärder till exploitören. Det kan innebära om att en markägare upplåter en mark som kan användas till miljökompensationsåtgärder medan exploitören tar motsvarande miljövärden i anspråk på annan plats genom en exploatering. Detta kan göras genom villkor om miljökompensation i tillstånds- eller dispensbeslut enligt miljöbalken, men också på frivillig väg. En

¹⁰ Miljökompensation i transportinfrastruktur: 2021:074, 2021-03-01, Trafikverket

miljökompensationsåtgärd kan fungera som en klimatkompensationsåtgärd t.ex. om denna åtgärd innebär en permanent kolsänka.

2.3 BIOENERGI TILLSAMMANS MED CCS (BECCS)

Biogena utsläpp anses ej påverka den globala uppvärmningen under vissa förutsättningar

Förbränning av biomassa, infångning av de resulterande biogena utsläppen och lagring av koldioxiden i berggrunden så kallad *Bio Energy Carbon Capture and Storage* (BE+CCS) kan utifrån ett antal förutsättningar och villkor klassas som negativa utsläpp och har på dessa grunder framställts som en lovande teknik för att motverka global uppvärmning¹¹. En stor andel av de modellverktyg som används för att ta fram scenarios kompatibla med 1,5°C och 2°C uppvärmning förutsätter negativa utsläpp med hjälp av BECCS på mellan 3–7 Gt CO₂/år vid år 2050 (ibid). Energimyndigheten estimerar den realiserbara potentialen i Sverige för BECCS till ca 10 Mt CO₂ per år 2045 och den tekniska potentialen till minst dubbelt så stor¹².

Givet vissa villkor anses i regel biogena koldioxidutsläpp, det vill säga utsläpp från levande materia som till hör den naturliga kolcykeln i atmosfären, inte bidra till den globala uppvärmningen på samma sätt som fossila växthusgasutsläpp. Under antagande om att skog och växter kommer kunna återväxa och binda det kol som släpptes ut så brukar biomassan klassas som koldioxidneutral¹³. OECD och IPCC har instruerat sina medlemsländer att exkludera biogena utsläpp från de årliga inventeringsrapporterna där utsläpp rapporteras in givet att biomassan kan antas komma tillåtas återväxa (ibid).

Utifrån detta synsätt betraktar många aktörer i dagsläget, inklusive IPCC, infångning och lagring av biogen koldioxid som ett upptag, eller ett negativt utsläpp, som minskar koncentrationen av koldioxid i atmosfären och motverkar den globala uppvärmningen¹⁴.

Det bör poängteras att klassificeringen av biogent CO₂ som koldioxidneutralt är omdiskuterad, bland annat eftersom upptaget (om vi antar att biomassan tillåts återväxa) ofta behöver ske under flera årtionden för att motsvara utsläppen från förbränningen¹⁵. Under den tiden får således atmosfären ett tillskott av koldioxid som bidrar till växthuseffekten, vilket kan accelerera andra konsekvenser och bidra till ytterligare uppvärmning av atmosfären under den tiden.

Det är möjligt att synsättet på biogen koldioxid som koldioxidneutral kommer att förändras i framtiden, till exempel genom nyansering och hårdare villkor, vilket kan påverka synen på biomassa som substitut för fossila bränslen. I LCA- och EPD-sammanhang, där biogena utsläpp historiskt också har exkluderats, har regler i vissa sammanhang börjat ändras. Regelverken har börjat föreskriva explicit redovisning av biogena utsläpp vilket tyder på att dessa utsläpp anses mer betydelsefulla än tidigare (till exempel i den senaste uppdateringen av produktkategoriregler för bygg- och anläggningsprodukter EN 15804:2012+A2:2019).

¹¹ Isabela Butnar et al. (2020). *A deep dive into the modelling assumptions for biomass with carbon capture and storage (BECCS): a transparency exercise* Environ. Res. Lett. 15 084008

¹² Energimyndigheten (2021). *Förslag på utformning av ett system för driftstöd, i form av omvänd auktionering eller fast lagringspeng, för avskiljning, infångning och lagring av koldioxid från förnybara källor (bio-CCS) Delredovisning*. https://www.energimyndigheten.se/globalassets/nyheter/2021/dnr-2020-23877_forslag-pa-utformning-av-ett-system-for-driftstod_delredovisning-till-rk-15-april-2021_reviderad-23-april-2021.pdf

¹³ Liu, W., Zhang, Z., Xie, X. et al. (2017) *Analysis of the Global Warming Potential of Biogenic CO₂ Emission in Life Cycle Assessments*. Sci Rep 7, 39857. <https://doi.org/10.1038/srep39857>

¹⁴ Brack, D; King, R. (2020) *Net Zero and Beyond: What Role for Bioenergy with Carbon Capture and Storage?* Energy, Environment and Resources Programme, Chatham House

¹⁵ Liu, W., Zhang, Z., Xie, X. et al. *Analysis of the Global Warming Potential of Biogenic CO₂ Emission in Life Cycle Assessments*. Sci Rep 7, 39857 (2017).

Tekniska lösningar för stora delar av värdekedjan existerar redan eller är testad, lagring och transportlogistik är utmaningar

Infångning och lagring av koldioxid, *Carbon Capture and Storage (CCS)*, är en teknik som existerar och har använts under relativt lång tid för att effektivisera oljeutvinning (där den ofta går under benämningen *enhanced oil recovery*)^{Fell} Bokmärket är inte definierat. Tanken är att bruka samma teknik för separering av koldioxid och att pumpa ned den i berggrunden, med skillnaden att utsläppen är biogena och kommer från förbränning av bioenergi (BECCS).

BECCS är ännu ej kommersialiserat, även om pilotprojekt pågår. I Sverige har fjärrvärmelieferantören i Stockholm, Stockholm Exergi, kommit längst och planerar ha en CCS-komponent i drift 2025 med kapacitet att fånga in och lagra ca 800 000 ton koldioxid per år (vilket motsvarar omkring 1,5 % av Sveriges totala utsläpp 2019). Över tid är kapaciteten tänkt att öka, genom att fler kraftvärmeverk ansluts, och kan nå upp till 2 miljoner ton. Ett antal andra fjärrvärmeverk såväl som företag i massaindustrin har också aviserat ambitioner att investera i CCS-teknik.

Själva infångningstekniken har testats och validerats för användning även i kraftvärmeverk, bland annat av Stockholm Exergi. Tanken är att den biogena koldioxiden ska pumpas ned till stabila geologiska formationer i berggrunden, där den stannar under lång tid. Väl nedpumpad är konsensus att befintlig teknik finns för att garantera mycket långvarig och robust lagring utan betydande läckage, givet att lämpliga platser väljs och rätt övervakning sker^{16 17}. Utan betydande externa faktorer som gör berggrunden instabil kan lagringen bestå i många tusentals år (det finns naturgas som lagrats naturligt längre än så). Mindre läckage kan dock uppkomma. Estimater pekar mot att ett rimligt antagande utifrån dagens teknik är ett årligt läckage på omkring 0,01 % av nedpumpad volym CO₂ per år, vilket summerar till 1 % av totalt nedpumpad volym över hundra år.¹⁸

Nedpumpning i befintliga oljefält via oljeriggar är ett lagringsalternativ, vilket har fördelen att en stor del av infrastrukturen redan finns på plats. Möjligheten finns även på sikt att etablera nya plattformar för nedpumpning ute till havs och där pumpa ned koldioxiden i berggrunden vilket inte är begränsat till oljefält.

Det norska statliga projektet *Northern Lights* har kommit långt i att etablera en hel värdekedja för infångning, transport och lagring av koldioxid i Nordsjön. En viss andel av kapaciteten kommer vara öronmärkt åt norska utsläpp, men projektet kommer även att ta emot koldioxid från övriga Europa. Projektet täcker emellertid endast en liten del av den totala volymen koldioxid om ca 3–7 Gt CO₂/år vid år 2050 som bedöms komma behöva fångas in och lagras för att hålla den globala uppvärmningen under 1,5 grader. Att etablera fler lagringsplatser är således en viktig förutsättning för att BECCS ska bli användbart i större skala. Även transportlogistik, regelverk för transport av koldioxid över landsgränser och affärsmodeller behöver utvecklas innan kommersialisering är realistiskt.

Det finns flera tänkbara scenarier för finansiering av BECCS, kompensation på öppen marknad är ett av dem

Tekniken befinner sig sammanfattningsvis i ett tidigt skede, vilket gör att det är utmanande att analysera huruvida BECCS kommer vara möjligt att investera i och därmed kompensera via, som extern aktör på ett lämpligt och konkurrenskraftigt sätt. Som nämnt i kapitel 2.1 så pågår det diskussioner på olika håll för att utveckla befintliga ramverk som definierar kompensation och hur det fungerar och en grundförutsättning är att detta arbete kan avslutas för att BECCS ska kunna introduceras inom befintliga kompensationssystem.

¹⁶ Haszeldine RS, Flude S, Johnson G, Scott V. (2018) *Negative emissions technologies and carbon capture and storage to achieve the Paris Agreement commitments*. Phil. Trans. R. Soc. A 376: 20160447. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2016.0447>

¹⁷ Boot-Hanford, M.E et al. (2014) *Carbon capture and storage update*. Energy Environ. Sci., 7, 130-189

¹⁸ Vinca, A; Emmerling, J; Tavoni, M. 2018. *Bearing the Cost of Stored Carbon Leakage*. Frontiers in Energy Research 6. www.frontiersin.org/article/10.3389/fenrg.2018.00040

Detta innebär också att en metodik behöver komma på plats som styr hur upptag (och utsläpp längs med värdekedjan) genom BECCS ska mätas och verifieras, vilket är en förutsättning för att det ska kunna användas som kompenstationsteknik. Till exempel förefaller det rimligt att utsläppen som orsakas från alla processer som kommer behövas för att fånga in, transportera och lagra koldioxiden skulle inkluderas i mätningar, så att även dessa utsläpp skulle kompenseras för inom ramen för BECCS-certifikat. Systemgränser för dessa beräkningar behöver i sådana fall bestämmas, tillsammans med övriga krav på verifiering. I intervjuer har det framkommit att det finns ett antal ramverk för övervakning, rapportering och verifiering för rena CCS-projekt vilka kan användas som grund, eftersom stora delar av värdekedjan har identisk utformning. Detta inkluderar bland annat EU-kommissionens *CCS Directive 2009/31/EC*, som är ett juridiskt ramverk för CCS i Europa. Vidareutveckling av detta behöver dock ske gällande själva infångningen, såväl som kontroll av biomassan som används och att den kan betraktas som hållbar.

Givet att ett regelverk definieras för hur infångning via BECCS ska ske så finns flertalet möjligheter för hur finansieringen av infångningen och lagringen kommer att se ut. Kanske kommer affärsmodellerna vara harmoniserade mellan de aktörer som kommer tillhandahålla BECCS, men det är även möjligt att finansieringen kommer att skilja sig åt mellan olika aktörer.

Ett alternativ är att certifikat ställs ut som kan handlas på en öppen marknad, som till exempel befintliga frivilligmarknader, där certifikaten kan köpas och ägaren kan tillgodoräkna sig en viss mängd lagrad koldioxid. Frivilligmarknaden åsyftar just marknaden för frivillig kompenstation, där aktörer köper utsläppscertifikat frivilligt, till skillnad från till exempel EU:s utsläppsrättssystem som inte är frivilligt, utan där aktörerna är juridiskt bundna att delta.

En annan teoretisk möjlighet är att industriella aktörer som använder BECCS inkluderas i EU:s utsläppsrättssystem (ETS) och tillåts sälja krediter. Detta skulle kräva relativt betydande reformer av EU ETS, dels eftersom aktörer som endast orsakar biogena utsläpp idag inte omfattas av systemet, dels för att skapa strukturen för handel med negativa utsläpp vilket teoretiskt skulle kunna se ut på flera olika sätt.¹⁹

Slutligen är det även möjligt att en enskild stor aktör eller grupp av aktörer går in och finansierar hela driften av en BECCS-anläggning för att tillgodoräkna sig de negativa utsläppen och att certifikat således inte kommer att ställas ut på en marknad överhuvudtaget.

Via diskussioner inom ramen för detta uppdrag med Stockholm Exergi har det framkommit att finansiering av BECCS via den så kallade frivilligmarknaden är en fullt möjlig lösning över tid. På lite längre sikt är det därmed möjligt att negativa utsläpp från Stockholms Exergis verksamhet kommer att kunna handlas och tillgodoräknas.

Fram till och med driftsättande och under de första åren är det emellertid troligt att Stockholm Exergi och andra aktörer som äger och förvaltar BECCS-anläggningar säkrar initial finansiering från ett antal aktörer fram till dess att produktionen är i full gång, vilket skulle innebära att det skulle dröja ett antal år till från det att anläggningarna tas i drift tills det att krediter kan handlas på en öppen marknad.

Sannolikt kommer priset per ton lagrat koldioxid vara ca minst 150 euro, eller ca 1 500 kronor²⁰, genom BECCS, vid driftsättning och under de nästkommande åren.

¹⁹ Rickels, W et al (2020). *The future of (negative) emissions Trading in the european union*. Kiel Working Papers, 2164

²⁰ Uppgift från intervju med Stockholm Exergi april 2021.

2.4 ÅTGÄRDER I SKOG OCH MARK

Kort om jordens kolcykel och kopplingar till kompensation

Stora mängder kol finns lagrade i skog och mark och flödar till och från atmosfären oavbrutet i ett naturligt kretslopp. Mänskliga aktiviteter påverkar dessa flöden och har möjlighet att både minska utsläppen och öka upptaget genom olika åtgärder. Globalt sett är kolcykeln enorm i omfattning och endast nettoupptaget i skog och mark (efter avskogning) har beräknats till omkring 1,5–2,5 Gt kol per år, vilket motsvarar ca 5,5–9 Gt CO₂e per år^{21..22}. Detta motsvarar i sin tur ca 11–17 % av de globala utsläppen av växthusgaser per år (räknat på 2018 data). Att öka nettoupptaget i den naturliga kolsänkan i skog och mark har således en enorm potential att minska den globala uppvärmningen.

Ökade kolsänkor genom större volymer biomassa som binder koldioxid bidrar till lägre koncentration växthusgaser i atmosfären, allt annat lika, och är således att klassa som negativa utsläpp. Detta sker naturligt när till exempel träd växer. Lagerökningen av kol i skog och mark bedöms uppgå till ca 40 Mton CO₂/år i Sverige i dagsläget²³. Det sker även en viss lagerökning (kolsänka) i samhället på grund av användning av träprodukter vid byggande och liknande. Den kolsänkan beräknas enligt metodik för *Harvested Wood Products*²⁴ från IPCC och är relativt liten i sammanhanget. För Sverige bedöms den i nuläget uppgå till ca 1 Mton CO₂/år och storleken beror mycket på konsumtionstakten av träprodukter i samhället. Om konsumtionstakten ökar så ökar även kolsänkan och vice versa.

Det är inte bara i träd och skog som koldioxid binds. När löv, grenar och annan levande materia faller till marken börjar förmultningsprocesser, vilket gör att en del av det bundna kolet återgår till atmosfären som koldioxid, men en viss andel av kolet sjunker ner och stannar i jorden. Detta kol hålls således borta från atmosfären och lagras i marken över tid, vilket är en stabil form av lagring i mark²⁵. Mänsklig markanvändning påverkar emellertid jordens kolsänka, till exempel frigörs koldioxid vid urgrävningar och förflyttningar av jordmassor. Detta är relevant för Trafikverket vars verksamhet innebär betydande markförändring, och som nämnts i avsnitt 2.2. kan det skilja mycket i utsläpp mellan olika marktyper och det finns ett stort behov av att utveckla beräkningsmetoder för detta. Detta beskrivs också som ett behov i arbetet med Miljökompensation för transportinfrastruktur inom Miljömålsrådet, som tidigare nämnt i kapitel 2.2.2.

SLU är i skrivande stund i färd med att ta fram riktlinjer, på uppdrag av Naturvårdsverket, för hur utsläpp från förändrad markanvändning kan kvantifieras på objektsnivå baserat på svenska förhållanden. Utsläppsfaktorer för förändrad markanvändning som finns tillgängliga idag via t.ex. IPCC och GHG Protocol är ofta baserade på internationella underlag som inte alltid är relevanta för Sverige. När riktlinjerna från SLU blir tillgängliga (troligtvis under hösten 2021) bör Trafikverket kunna använda dessa för att implementera en bättre och mer komplett beräkningsmetodik i Klimatkalkyl än vad som finns idag samt att använda den för aktiva val i planeringsförutsättningar och åtgärdsval i enskilda projekt för att minska växthusgasutsläpp.

Det är sammanfattningsvis viktigt att understryka att kolsänkan i skog och mark är komplex, och inte endast påverkas av hur många träd som planteras eller huggs ned. Även förändrad markanvändning kan ha stor påverkan på utsläpp och upptag och bör också inkluderas detta sammanhang. I följande avsnitt diskuteras ökade skogsvolymer som potentiell kompensationsåtgärd separat, varefter åtgärder för att minska utsläpp från marken tas upp.

²¹ Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... & Hayes, D. (2011). *A large and persistent carbon sink in the world's forests*. *Science*, 333(6045), 988-993.

²² Grace, J. (2004) Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology* 2004 92, 189–202

²³ Kolsänkor i skogen? Föredrag IVA 20190129, Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen.

²⁴ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_12_Ch12_HWP.pdf

²⁵ Ontl, T. A., & Schulte, L. A. (2012). Soil carbon storage. *Nature Education Knowledge*, 3(10).

Kompensation genom skogsplantering och vidmakthållande är problematiskt och går ej att garantera över tid

Den största utmaningen med återbeskogning som kompensationsåtgärd är att utsläppen endast är bundna så länge ny skog står – om skogen skulle avverkas igen och inte tillåtas återväxa så återgår det bundna kolet till atmosfären som koldioxid. Denna problematik är vad som ofta benämns som brist på *permanens*. Det finns alltså alltid en risk att kompensationen omintetgörs långt efter att den redan har tillgodoräknats – att utsläpp som tidigare har ansetts vara kompenserade plötsligt inte är det längre.

Detta skapar utmaningar för återbeskogning som kompensationsåtgärd. På något sätt måste skogens livslängd garanteras för att göra kompensationen robust över tid, vilket kräver att tillräcklig systematik och metod för detta behöver finnas på plats.

Frågan är hur långa tidsperioder som är möjliga att avtala om och vilka tidsperioder som är relevanta. Det går att föra ett argument gällande att det inte är nödvändigt att kunna garantera biomassans vidmakthållande i oändlighet, utan att t.ex. 50 år är tillräckligt för att köpa tid för att minska på utsläpp och utveckla mer permanenta kompensationsmetoder. Om möjligheten till kompensation genom åtgärder i skog och mark leder till att incitamenten för att reducera utsläppen minskar, samtidigt som kompensationen inte är robust nog, finns samtidigt risken att världen i slutändan står med högre utsläpp än tidigare om biomassan minskar i volym och åtgärder för att minska utsläppen inte har prioriterats.

Återbeskningsprojekt har framförallt prövats i utvecklingsländer tidigare, där investeringar möjliggjorts via FN, men har i dessa sammanhang övergivits bland annat på grund av kritik mot att denna kompensation är högst osäker. Detta beskrivs närmre i nästa avsnitt. Det finns heller inget etablerat system eller regelverk för investeringar i svenska återbeskningsprojekt.

Det är viktigt att påpeka att kritiken ovan till stor del är bokföringsmässig och att det riskerar att minska incitamenten att minska på utsläppen på felaktiga grunder. Det är å andra sidan klarlagt att större volymer biomassa är ett effektivt och relativt billigt sätt att binda koldioxid, samtidigt som det medför flera andra nyttor för människor och den övriga livsmiljön. Återplanteringsprojekt är därmed åtråvärda ur många perspektiv, men kanske bör ske som statliga initiativ utan att någon aktör tillgodoräknar sig effekterna istället för att vidta egna åtgärder för att minska sin egen påverkan.

Brist på permanens är också ett problem för kolsänkor i den bebyggda miljön

På grund av att kolsänkan i samhället från användning av träprodukter i den bebyggda miljön är relativt liten och där permanensen beror på mänskliga beteendemönster så rekommenderas Trafikverket inte att inkludera potentiella kolsänkor från till exempel byggande av en bro i trä i klimatkalkyler för enskilda projekt. Det är helt enkelt för korta och osäkra uppehållstider i samhället det handlar om för att man ska kunna garantera godtagbar permanens. Det finns dock specifika användningsområden för träprodukter i byggande av infrastruktur, som träpålar och rustbäddar (äldre typ av grundläggningskonstruktion med timmerbädd), som kan ha mycket långa livslängder (100 år eller mer) där det kan vara acceptabelt att inkludera motsvarande kolsänka i klimatkalkyler om Trafikverket vill framhäva klimateffekten av sådana lösningar och premiera användandet. Det är dock lösningar som används relativt sällan i dagens infrastrukturprojekt och mer detaljerade kriterier för när det kan inkluderas (vilken livslängd som måste kunna garanteras etc) och hur det ska beräknas behöver i så fall utvecklas.

Markutsläpp kan minskas genom återvätning

Det finns andra sätt att påverka kollager och sänkor i skog och mark. Som tidigare beskrivet så innebär förmultningsprocesser att en viss andel av kol i vegetationen avgår som koldioxid när blad, grenar, rötter med mera bryts ned. Detta pågår kontinuerligt, även när vegetationen delvis är nedbruten och då benämns som torv. Torv har länge brukats av människan som bland annat bränsle

och i åtminstone hundra år har urdikningar skett för att torva ut torv och göra den användbar för mänskliga ändamål²⁶. I en rapport från Skogsstyrelsen rapporteras att urdikningen sannolikt innebär en ökning av koldioxidutsläpp från torven än vad som annars hade varit fallet, särskilt i näringsrika jordar i södra Sverige. Processen är komplex, men innebär i korthet att urdikningen resulterar i att vattennivån sänks i omgivande skog och mark, vilket ökar torvens förmultningstakt och resulterar i avgång av växthusgaser ut i atmosfären. I mindre bördiga marker och längre norrut i Sverige medför urdikningen inte lika stora utsläpp, eller inga alls.

Återvätning av torv, genom till exempel höjning av grundvattennivån, föreslås i rapporten som ett verktyg för att minska utsläppen, vilket valideras av tester som gjorts i samband med Skogsstyrelsens projekt. Detta är sannolikt ett relativt billigt sätt att minska koldioxidutsläppen, även om detta inte är kvantifierat.

2.5 BOKOL

Biokolet är en långvarig kolsänka

Biokol framställs genom syrefri förbränning vid hög temperatur (ex pyrolysis) av organiskt (rest)material. Vid förbränning av det organiska material genereras, utöver biokol, även värme och pyrolysgas som kan användas som energikälla både till pyrolysisprocessen och som överskottsenergi. Biokolet kan exempelvis användas som jordförbättrare och kolsänka.

Biokol klassades 2018 som en Negative Emission Technology av IPCC²⁷. I SOU 2020:4 *Vägen till en klimatpositiv framtid* framhålls att användning av biokol som "metod för långsiktig kolinlagring och samtidig jordförbättring är den av de studerade teknikerna som har störst realiserbar potential att bidra till negativa utsläpp i Sverige i mitten av detta sekel". I utredningen framhålls dock att bedömningens görs med reservation för att kunskapsläget är bristfälligt.

Halveringstiden för organiskt kol i marken är hundratals till tusentals år. Eftersom metoden med biokol har använts av människan sedan lång tid tillbaka, framförallt i Sydamerika, finns därmed belägg att det är en kolsänka som varar i flera tusen år. Biokol är stabilt mot mikrobiell nedbrytning²⁸. Men hur länge biokolet finns kvar i jorden beror bland annat på använd biomassa, produktionsmetoden och jordens egenskaper²⁹. Utöver att fungera som en kolsänka finns även forskning som tyder på att biokol även kan binda kväve och därmed minskas också utsläppen av lustgas som orsakas av kvävetillsatser genom ett minskat behov av kvävetillsatser. Egenskaperna hos biokolet beror till stor del på ursprungsmaterialet. Enligt Klimatkommunerna motsvarar 1 kg biokol ca 1,7–3,5 kg CO₂³⁰. I ett examensarbete från Malmö Högskola har Johansson (2016)³¹ gått igenom litteratur kring hur många ton koldioxidekvivalenter som ett ton biokol kan binda. I dessa källor finns en spridning på mellan 0,7–16 ton koldioxidekvivalenter per ton biokol.

Produktionsmetod är viktig ur hållbarhetssynpunkt

Eftersom både biokolets egenskaper och produktionens miljöpåverkan beror av framställningstekniken och material finns behov av en oberoende bedömning av densamma. Beroende på material och användningsområde kan biokolet certifieras genom exempelvis *the European Biochar Certificate (EBC)*. EBC fungerar som en oberoende kvalitetsgranskning av bland annat innehåll, ekologiskt

²⁶ Skogsstyrelsen (2021) *Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning - Kunskapsmanställning och analys*. RAPPORT 2021/7. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/publikationer/2021/rapport-2021-7-klimatpaverkan-fran-dikad-torvtackt-skogsmark--effekter-av-dikesunderhall-och-atervatning.pdf>

²⁷ <https://klimatkommunerna.se/kunskapsbank/sank-kolet/en-oversikt-over-olika-satt-att-skapa-kolsankor/>

²⁸ <https://klimatkommunerna.se/wp-content/uploads/2019/11/rest-till-bast-kolsankor-2019-09-26.pdf>

²⁹ Branschföreningen Biokol Sverige, <https://biokolsverige.se/>

³⁰ <https://klimatkommunerna.se/wp-content/uploads/2019/11/rest-till-bast-kolsankor-2019-09-26.pdf>

³¹ Har svenskt biokol ett hål att fylla? En jämförande diskussion om biokol och biodrivmedel, Andreas Johansson 2016, Malmö Högskola <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1482260/FULLTEXT01.pdf>

hållbar produktion, kvalitet och kolsänka. Certifieringen syftar till att minska risker för negativ påverkan på hälsa och miljö under produktion och användning av biokol³². För att biokolet ska vara hållbart ur ett större perspektiv behöver biomassan som används vid framställningen varat framtagen på ett hållbart sätt. Biomassan bör i största möjliga mån inte ha något annat användningsområde. Om biomassa produceras enbart för att bli biokol finns risk att vinsten med att använda biokol som kolinlagring minskar till följd av ett ohållbart skogsbruk med monokulturer och avskogning. Fördelen med biokol är att det går att använda en mängd olika råvaror i produktionen. Det kan vara restprodukter såsom park- och trädgårdsavfall, alger, tång, slam och frörens³³.

För att kunna använda biokol i EU-ekologisk odling måste EU-förordningen 889/2008 som gäller gödselmedel, jordförbättringsmedel och näringsämnen följas. Det innebär att de växtrester som biokolen görs av får inte ha behandlats med andra växtskyddsmedel än de som tillåts i ekologisk produktion³⁴. All användning av biokol inom EU-jordbruk behöver vara certifierad enligt EBC. De eventuella biokolprojekt eller samarbeten som Trafikverket väljer att investera i bör ta hänsyn till möjligheten att använda biokol inom ekologisk odling i synnerhet om kompensation av anspråkstagande av jordbruksmark övervägs. I skogsbruket förekommer användning av växtskyddsmedel vilket innebär att användning av restprodukter från skogsavverkning iså fall behöver kravställas med avseende på användning av växtskyddsmedel.

I *Vägen till en klimatpositiv framtid* lyfts behovet av att ställa kvalitetskrav på att biokolets sammansättning ska vara stabilt i biokolprojekt som ges stöd för ökad kolinlagring. För att kunna använda biokol som negativa utsläpp eller som kompensation bör den förväntade kolsänkan beräknas på ett vetenskapligt sätt. Idag redovisas inte kolsänkor genom användning av biokol i Sveriges klimatrapportering då det inte finns tydliga riktlinjer kring hur det ska beräknas. Men FN:s klimatpanel IPCC har tagit fram en bas för en metod för att beräkna jordars förändring av kolförråd genom användning av biokol - "Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments"³⁵. EBC har sedan 2020 en certifiering för värdet av kolsänkan från biokol vilket möjliggör att certifierad biokol kan användas som en "tradable asset" för klimatkompensation. VERRA, en organisation som tar fram hållbarhetsstandarder påbörjade under våren 2021 Verified Carbon Standard (VCS) Program. Syftet är att ta fram en ny metod för att verifiera biokolets potential som kolsänka. Metoden beräkna vara klara i slutet av 2021³⁶. Trafikverket bör bevaka denna standard om biokol planeras att användas som kompensationsmetod.

Flera användningsområden för anläggningsprojekt

Användning av biokol som en kolsänka genom samarbeten eller i Trafikverkets egna projekt, d.v.s. att biokolen används som markförbättrare, rening eller liknande i anslutning till väg- eller järnvägssträckningen, bör ta i beaktande den långsiktiga planen för markanvändningen på platsen. Därför skulle kunna antas att användning av biokol i egna projekt där Trafikverket långsiktigt kan säkerställa markanvändningen är att föredra eller genom den typ av naturvårdsavtal och miljökompensation som föreslås i Trafikverkets arbete med miljökompensation genom Miljömålsrådet³⁷. Vilken potential biokol kan ha beror troligen på hur Trafikverket väljer att utforma sin kompensation, exempelvis om det görs genom enskilda åtgärder i projekt eller som mer omfattande åtgärder som går att köpa via en kompensationspool. I dagsläget testar Skanska en mobil pyrolysugn i exploateringsprojektet Skellefteå Site East. Här planeras att använda överskottsvärmen från Skanskas biokolspanna i såväl asfaltläggning som husbyggen. Biokolen kommer även användas som

³² <https://www.european-biochar.org/en> 2021-04-23

³³ <https://klimatkommunerna.se/kunskapsbank/sank-kolet/en-oversikt-over-olika-satt-att-skapa-kolsankor/>

³⁴ <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/forskning-om-ekologisk-produktion/arkiv/2020-03-19-biokol-i-ekologisk-odling> 2021-04-23

³⁵ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Ap4_Biochar.pdf 2021-06-16

³⁶ <https://verra.org/development-of-new-biochar-methodology-underway/> 2021-06-16

³⁷ Miljökompensation i transportinfrastruktur: 2021:074, 2021-03-01, Trafikverket

jordförbättrare i de omgivningar där Skanska bygger.³⁸ Fortum värmdes utförde 2017 en utredning om hur stor potential biokol kunde ha för Stockholms stad vid en storskalig pyrolysanläggning. Utredningen visade att en årlig pyrolysning av ca 500 000 ton biomaterial skulle producera ca 60 000 ton biokol. Den årliga kolsänkan beräknades uppgå till ca 250 000 ton CO₂e.³⁹ Ett examensarbete från KYH Yrkehögskola tillsammans med NCC och Göteborgs stad söker beräkna klimatnyttan av biokolanvändning i två enskilda projekt där biokol använts i ett sedumtak respektive en växtbädd på en cykelbro. Beräkningen har utförts genom att jämföra sänkan från användningen av biokol med de framtagna klimatkalkylerna. Denna beräkning visar på en klimatvinst på ca 0,5–2 %. Det finns dock inga fastställda standarder för hur detta ska beräknas varför potentialen bör ses som preliminär.⁴⁰

Exempel på andra användningsområden är biokol på gröna tak, fotbollsplaner, dagvattenlösningar som regnbäddar och i kommunala parker. Klimatinitiativet *Lokal färdplan* för en klimatneutral bygg- och anläggningssektor i *Malmö 2030* (LFM30) lyfter möjligheten också möjlighet att bygga in biokol under en byggnad eller i grundläggningen.⁴¹ Det finns goda erfarenheter att använda biokol till vattenrening eller jordföroreningar. Enligt Rest till Bäst, ett Vinnova-finansierat projekt⁴², kan organiska föroreningar till stor del elimineras från dagvatten och totalhalten av fosfor och kväve reduceras till stor del. Statens geotekniska institut (SGI) har nyligen avslutat ett pilotprojekt om behandlingsteknik med biokol för att stabilisera föroreningar i jord och förbättra jordens kvalitet⁴³. I Stockholms stad används biokol tillsammans med makadam i växtbäddar för träd och växter. Eftersom urbana jordar ofta är kompakterade och torra med otillgängliga näringsämnen så bidrar tekniken både till förbättrad miljö för träd och växter men också till att rena dagvatten. Sedan 2017 har de en egen tillverkning av biokol i biokolsanläggningen i Högdalen där park- och trädgårdsavfall omvandlas till biokol. Som en del i processen erhålls också energi till stadens fjärrvärmesät.⁴⁴

Produktion av biokol både i Sverige och utomlands

Produktionsanläggningar för biokol har möjlighet att få investeringsstöd från det s.k. Klimatklivet. Stöd ges både för substitution av fossila bränslen och kolinlagring. Även genom landsbygdsprogrammet finns möjlighet att få stöd för produktionsanläggningar för biokol som ersätter fossila bränslen. Framgent kan troligen stöd ges även till användning av biokol för kolinlagring och jordförbättring inom ramen för landsbygdsprogrammet⁴⁵. I denna utredning har en befintlig, industriell anläggning för biokolproduktion identifierats i Sverige. Det kan dock finnas fler. I denna industriella anläggning används bland annat stallgödsel, tång och livsmedelsrester som blandas och pelleteras till ett homogent material. Därefter genomgår pelletsen pyrolys och omvandlas till gas och biokol. Gasen används till att driva värmeverk och ge värme till bostadshus och industrier. Biokolen används som till exempel jordförbättrare. Det finns också mindre gårdsbaserade tillverkare av biokol i Sverige. Biokol kan även vara en biprodukt i träkolstillverkningen⁴⁶.

Ytterligare en fördel med biokol är den kan både produceras och användas på en småskalig och lokal nivå samt att det är en mycket enkel teknik att tillämpa. Pyrolys och produktion av biokol är också billigare än t.ex. CCS-teknik⁴⁷.

³⁸ <https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/vinn-vinn-for-skanska-och-klimatet-med-biokol/>. Hämtad: 2021-08-30.

³⁹ Gustavsson, K. Fortum Värme, Biokol - en möjlighet att reversera klimatförändringarna, 2017-11-20

⁴⁰ Wiklund, C., Biokol inom bygg- och anläggningsprojekt - Användningsområden och kolsänkande potential, KHY Yrkehögskola, 2020-06-11

⁴¹ Möllersten, K., 2021, Rapport C 579 Kompensation av klimatskuld inom LFM30 <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549434/FULLTEXT01.pdf>

⁴² biokol.org

⁴³ Biokol - från organiskt avfall till resurs för nyttiggörande av jordavfall https://www.sgi.se/globalassets/syntesrapport-biokol-resource-2020-11-09_ny.pdf

⁴⁴ <https://parker.stockholm/vaxter-djur/trad/biokol/> 2021-04-29

⁴⁵ SOU 2020:4 Vägen till en klimatpositiv framtid

⁴⁶ <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/forskning-om-ekologisk-produktion/arkiv/2020-03-19-biokol-i-ekologisk-odling> 2021-04-23

⁴⁷ Intervju med Mistra Carbon Exit, 2021-05-12

Att använda biokol som klimatkompensation utomlands har många sociala fördelar och kan anses vara ett effektivt bistånd. I litteraturen framhålls att biokolinlagring i jord är särskilt lämpad att genomföras i mindre utvecklade länder. Enligt *Vägen till en klimatpositiv framtid*⁴⁸ har forskning visat att afrikanska småbrukare har möjlighet att med hushållsspisar framställa biokol i samband med matlagning. Biokolet har sedan använts för jordförbättring med gott resultat i form av förbättrade skördar och större resiliens mot klimatförändringar. Biokolsystem i form av förgasningsspisar för matlagning som resulterar i biokol för jordförbättring bedöms i utredningen vara ett kostnadsmässigt konkurrenskraftigt alternativ jämfört med flera andra tekniker för negativa utsläpp och kan genomföras med annan relativt enkel teknik. Eftersom biokolproduktion till småskaliga jordbrukare sker i mindre ugnar kan dessa med fördel fasa ut matlagning över öppen eld och därmed också minska lungsjukdomar.⁴⁹ Biokolsproduktionen kan även bidra till elproduktion genom de pyrolysgaser som bildas.

En nackdel för biokol som storskalig kolsänka är dock bristen på biomassa. Det finns risk att biomassa som kan användas till andra produkter används till biokol och därmed skapar en suboptimering sett till minskning av växthusgasutsläpp.

Enligt en utredning från Helsingborgs kommun pågår konstruktion av en pyrolysanläggning vid Nordvästra Skånes Renhållnings AB. Anläggningen beräknas vara startklar våren 2021. För denna anläggning beräknas produktionen av biokol kosta 7 500 kr per ton.⁵⁰ IPCC bedömer att kostnaden för att använda biokol som kolsänka är ca 30-120 USD/ton CO₂⁵¹.

2.6 KARBONATISERING

Betongens upptag av koldioxid är en naturlig process

Processen där koldioxid från atmosfären tas upp av betong kallas för karbonatisering. Tidigare har karbonatisering setts som en skadeeffekt eftersom det innebär att koldioxiden i luften reagerar med betongens kalciumhydroxid och bildar kalciumkarbonat, och ger då ett lägre pH än vad betongen hade innan karbonatiseringen, vilket kan beskrivas som att betongen återgår till sitt ursprung som kalksten⁵². Den senare tiden har synsättet skiftat till att istället se värdet av att kunna beräkna karbonatisering och därmed redovisa reduktioner.

I början på 2021 godkändes Betongindustrins EPD *NEPD-2707-1408-SE*⁵³ för Fabriksbetong till Vagg- och Bjälklag, vilket är den första EPD:n där beräkningar av koldioxidupptaget i betong ingår vilket redovisas i modul B. Det innebär att det nu finns en verifierad metod, enligt standarden SS-EN 16757:2017 "Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljødeklarationer - Produktspecifika regler för betong och förtillverkade betongprodukter", för att beräkna karbonatiseringsförmågan hos betong och beräkningsmetodiken går även att applicera på andra typer av betongkonstruktioner. EPD:n innefattar betong med inblandning av flygaska⁵⁴.

Med hjälp av karbonatisering finns en möjlighet att permanent reducera en del av produktionsutsläppen. Karbonatisering sker naturligt och betongkonstruktioner i Sverige bidrar till att ca 300 000 ton CO₂ per år lagras i befintliga betongbyggnader, motsvarande ca 15 procent av de

⁴⁸ SOU 2020:4 Vägen till en klimatpositiv framtid

⁴⁹ Har svenskt biokol ett hål att fylla? En jämförande diskussion om biokol och biodrivmedel, Andreas Johansson 2016, Malmö Högskola <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1482260/FULLTEXT01.pdf>

⁵⁰ https://helsingborg.se/wp-content/uploads/2015/01/200508_slutrapport-biologiska-kolsankor.pdf

⁵¹ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter4_Low_Res.pdf

⁵² <https://www.betongindustri.se/sv/betongindustri-sjosatter-den-forsta-miljodeklarationen-med-karbonatisering> 2021-04-21

⁵³ https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317604-1615199457/EPDer/Byggevarer/Ferdig%20betong/NEPD-2707-1408_Fabriksbetong-till-vagg--och-bjalqlag-inklusive-karbonatisering.pdf 2021-04-21

⁵⁴ <https://www.betongindustri.se/sv/betongindustri-sjosatter-den-forsta-miljodeklarationen-med-karbonatisering> 2021-04-21

årliga utsläppen från svensk betong- och cementindustri under 2019⁵⁵ ⁵⁶. Värdet är ungefärligt då det bygger på antaganden om exponering. En skillnad mellan betongens kolcykel och träets kolcykel är att betongens är permanent medan träets är temporär, där kolsänkan försvinner om träet förbränns⁵⁷.

Karbonatiseringsprocessen sker under hela betongens livstid från betongens yta och inåt men takten avtar med tiden och upptaget varierar beroende på betongens sammansättning, hållfasthetsklass samt den blivande produktens geometri och exponering⁵⁸. Teoretiskt sett kan ca 50–60 procent av cementens koldioxidutsläpp bindas genom karbonatisering men utfallet blir betydligt lägre på grund av flera faktorer. Hur mycket av ytan som exponeras för luft och om betongen täcks med färg eller golv är exempel på faktorer som påverkar. Till exempel kan en skillnad ses på betong inomhus som med beläggning (målad/tapetserad) får ca 30 procent lägre karbonatisering jämfört med utan beläggning. Ett annat exempel är där en betongvägg med slankare konstruktion har större potential för att procentuellt binda mer koldioxid jämfört med en tjockare vägg.

Upptaget av koldioxid genom karbonatisering kan ökas

Det är möjligt att öka mängden karbonatisering bland annat genom förbättrad hantering av rivningsmassor⁵⁹. Betong är återvinningsbart och istället för att förvara rivningsmassor i en stor osorterad hög kan den delas i olika fraktioner, vilket därmed innebär att betongen exponeras för mer luft⁶⁰. Trafikverket har tagit fram anvisningar för användning av krossad betong i vägkonstruktioner⁶¹. Hur mycket koldioxid som kan karbonatiseras i respektive steg beror på hur mycket som bundits i de tidigare stegen då betongen har en potentiell maximal upptagningsförmåga⁶².

Mängden karbonatisering kan även öka bland annat genom att inte använda betong med högre hållfasthet än nödvändigt och välja konstruktioner som bidrar till luftcirkulation. Tätare material med lägre vatten-cement-tal (vct) ger högre motstånd mot luftinträning vilket gör att karbonatiseringen sker långsammare. En utmaning med karbonatisering är att betongen får ett lägre pH-värde vilket kan försämra korrosionsskyddet av eventuella armeringsjärn. Armering som korroderat kan orsaka att betongen sprängs. I en fuktigare miljö, som gäller exempelvis väderutsatta byggnader som broar, hamnar eller husfasader, ökar risken för korrosion⁶³. Detta fenomen kan hanteras genom att dimensionera ett tunt täckande betongskikt från armeringen till ytan som skyddar armeringen⁶⁴.

I mars 2021 kom ett besked i USA om att två företag (Carbon Built och Carbon Cure) har beviljats 126 miljoner kronor för motsvarande teknik som bygger på karbonatisering från stiftelsen Xprize, något som påvisar det växande intresset för karbonatisering⁶⁵. Idag finns det inte någon i Sverige som arbetar med karbonatisering i fullskalig variant men Cementa menar att de ser karbonatisering som ett av flera steg för att nå klimatneutral cement. Karbonatiseringspotentialen för infrastrukturkonstruktioner, som exempelvis broar, är dock generellt sett lägre än för byggnader eftersom man använder tätare betong med lägre vct och har mindre exponerad yta per volym betong.

Metoderna för att beräkna och allokera karbonatisering behöver utvecklas

Att allokera karbonatisering är svårt eftersom det sker under hela livscykeln och det är tydligt att det behövs mer diskussioner om hur karbonatiseringen ska redovisas, det vill säga vem som kan redovisa

⁵⁵ <https://www.cementa.se/sv/karbonatisering-vad-ar-det> 2021-04-21

⁵⁶ Andersson, R., Fridh, K., Stripple, H. och Häglund, M., 2013. *Calculating CO2 uptake for existing concrete structures during and after service life*. Environmental Science & Technology 2013 47 (20), 11625-11633
DOI: 10.1021/es401775w.

⁵⁷ Cementa <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=kUo9PnynRx8>

⁵⁸ <https://www.betongindustri.se/sv/betongindustri-sjosatter-den-forsta-miljodeklarationen-med-karbonatisering> 2021-04-21

⁵⁹ https://www.svenskbetong.se/images/pdf/SV_Betong_Prod_CO2_Blad_.pdf 2021-04-21

⁶⁰ <https://www.cementa.se/sv/karbonatisering-vad-ar-det> 2021-04-21

⁶¹ https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10592/RelatedFiles/2004_11_atb_krossad_betong_i_vagkonstruktioner.pdf 2021-08-30

⁶² Cementa <https://www.cementa.se/sv/webbinarium-karbonatisering-fran-teori-till-verklighet>

⁶³ <https://www.cementa.se/sv/karbonatisering-vad-ar-det> 2021-04-21

⁶⁴ Cementa <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=kUo9PnynRx8>

⁶⁵ Cementa <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=kUo9PnynRx8>

den som kolsänka. Det finns en viss oro för att redovisning av karbonatisering ska användas som green washing då betongen alltid har tagit upp koldioxiden - koldioxidhalten i luften minskar inte bara för att det nu går att beräkna på processen. Motivet till att tillgodoräkna karbonatisering är att ha ett verktyg för att ytterligare kunna minska klimatpåverkan från betong. Kortsiktigt finns stora nyttor att hämta genom ökat upptag under användning samt vid krossning och återanvändning av betong. Ur ett längre perspektiv menar en del att det behövs mer utveckling och forskning om karbonatisering för tidigt hårdnande, även kallat carbon cure, vilket är en metod med kombination av vakuumsugning och koldioxidhärdning som gör att hållfastheten tidigareläggs. Man gjuter med lågkvalitetsbetong och suger bort vattnet från ytan innan det har härdat, vilket gör att vct (vatten-cement-talet) minskar vid ytan och att karbonatiseringen ökar.⁶⁶ Vct är förhållandet mellan vatten och cement där ett lägre vct innebär mer cement och att betongen blir tätare och mer hållfast.

De kommande fem åren förväntas det komma ett större behov av att titta på alternativa armeringsmaterial, som exempelvis att ta fram alternativ till stål som inte påverkas av att betongen karbonatiserar. Då skulle det vara möjligt att ha härdkammare där man utnyttjar carbon cure även vid tillverkning av prefabricerade betongdelar. Det kommande året förväntas det bli allt vanligare med EPD:er där karbonatisering ingår. Det förväntas även att en marknad skapas kring återvinning och krossning, något som kräver att investerare tar fram ett affärskoncept kring detta. Redan nästa år förväntas detta vara möjligt att ske i full skala, om än inte nödvändigtvis i Sverige men globalt och inom fem år förväntas det ske även i Sverige.⁶⁷

2.7 UTSLÄPPSMINSKNINGAR GENOM KOMPENSATION UTOMLANDS

Utsläppsreduktioner genom investering i kompensationsprojekt utomlands är idag såväl tekniskt görbart som ekonomiskt effektivt. Metoden rekommenderas i *Vägen till en klimatpositiv framtid* som ett kostnadseffektivt sätt att möjliggöra utsläppsminskningar förutsatt att projektet uppfyller rätt kvalitet. Vid denna typ av åtgärd är det viktigt att försäkra sig om att utsläppsminskningarna som nås genom investeringar är permanenta (eller åtminstone bestående för en lång tid) och additionella, det vill säga inte skulle ha skett utan investeringen.

För att bevisa att en åtgärd är additionell mäts all utsläppsminskning till följd av kompensationsåtgärder i relation till en referenspunkt som ska spegla business as usual, d.v.s. utan investeringen i projektet. Detta har visat sig svårt att verifiera. Vid investering i projekt utomlands bör officiella metoder användas. Projekten som investeras i bör ha tredjepartsgranskats och certifierats.

I samband med Kyoto-protokollets undertecknande 1997 utvecklade FN ett gemensamt regelverk för hur klimatkompensation skulle hanteras bland annat genom Clean Development Mechanism (CDM). CDM möjliggjorde en systematisk klimatkompensation som var kvalitetssäkrad och godkänd på nationell nivå. I kvalitetskraven ingick bland annat att projekten uppfyller kraven på additionalitet och permanens. Kyoto-protokollet och senare Marrakech-fördraget 2001 syftade till att möjliggöra utsläppshandel mellan länder. För att kompensera för inhemska utsläpp kunde länder investera i klimatprojekt i utvecklingsländer där det var billigare och på så sätt skulle globala utsläppsminskningar uppnås. 2015 ersattes Kyotoprotokollet av Parisavtalet vilket innebär att regelverket kring CDM har utgått. Det pågår idag utveckling av det gemensamma regelverket inom Parisavtalet för att möjliggöra certifierade utsläppsminskningar återigen finns tillgängliga på marknaden. Det är oklart när strukturen för kompensation kommer att färdigställas samt att det troligen kommer att krävas ett antal år för att utveckla riktlinjer, uppföljning och verktyg för implementering av kompensation.

Även företag, organisationer och privatpersoner har ett intresse av att kompensera för sina utsläpp genom så kallad frivillig klimatkompensation (*Voluntary Emissions Reductions - VER*). Genom detta har en bransch vuxit fram som bygger på köp av utsläppsminskningenheter från både CDM-projekt

⁶⁶ Cementa <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=kUo9PnynRx8>

⁶⁷ Cementa <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=kUo9PnynRx8>

och frivilligstandarder i form av olika certifieringssystem utöver CDM. Kvaliteten i projekt på de frivilliga marknaderna varierar. Det är därmed viktigt att investera i projekt som har tredjepartsgranskats och certifierats, till exempel genom *Gold standard*. Gold Standard är en global ideell stiftelse som startades 2003 av ett flertal miljöorganisationer som WWF och Greenpeace. *Gold Standard for the Global Goals standard* lanserades under 2017 för att kvantifiera och certifiera klimatpåverkan i olika klimat- och utvecklingsinitiativ. CDM anses dock ha högre grad av kvalitetssäkring än frivilligmarknaden, även om det fortfarande finns kvarstående kvalitetsproblem med CDM.

Denna typ av privat, frivillig klimatkompensation har kritiserats som green washing och ett sätt att köpa sig fri istället för att arbeta storskaligt med egna reduktioner.

Ytterligare problem med klimatkompensation generellt är att det finns risk kring dubbelräkning och dubbla anspråk av utsläppsminskningar. För att hantera detta finns etablerade system för att förebygga dubbelräkning. Olika kontrollsystem används för att säkerställa att det inte förekommer överlappning mellan olika certifieringsprogram och på så sätt förebygga ett dubbelt utfärdande. Utfärdade utsläppsminskningenheter förses med unika serienummer genom registersystem. Genom att avtala om exklusivitet kan risken för dubbla anspråk förebyggas. Det innebär att den som säljer utsläppsminskningenheter avsäger sig rätten att använda utsläppsminskningarna för tillgodogörande i sin egen verksamhet.⁶⁸

Ett antal utvärderingar har gjorts över hur effektiva CDM-projekt har varit, där bland annat en slutsats som dragits är att CDM-projekt som delfinansierar anläggning av förnybar energiproduktion har varit additionella och bidragit till utsläppsminskningar i länder där finansmarknaden är outvecklad⁶⁹. Samtidigt visar utvärderingar på att i länder med utvecklade finansmarknader, där annat kapital funnits tillgängligt från andra aktörer och i helt andra volymer, är CDM-projekten mindre additionella.

Om Trafikverket i framtiden avser att genomföra utsläppsminskningar genom kompensation bör man, när nya strukturer på FN-nivå finns framme, investera i kompensationsåtgärder genom det system som ersätter CDM för att öka sannolikheten investeringarna bidrar till permanenta och additionella utsläppsminskningar. Under tiden kan Trafikverket behöva arbeta med andra typer av system. Det behöver tas fram kravställning på att de åtgärder som väljs är beräknade, verifierade och certifierade, exempelvis genom *Gold standard*.

Ett av argumenten för kompensation genom investeringar i projekt utomlands är att kostnaden per ton minskad koldioxid (till exempel genom investering i förnybar energiproduktion utomlands) är lägre utomlands än i Sverige. Men det är troligt att denna kostnadsskillnad kommer att minska på sikt. Det kan därmed vara aktuellt att arbeta med denna typ av klimatkompensation på kort sikt. Det finns dock möjlighet att genom investeringar i utvecklingsländer bidra till ökad social hållbarhet och levnadsstandard om de projekt som väljs även har andra positiva effekter utöver klimatnytta.

Kostnaden för klimatkompensation per ton utsläppsminskning utomlands varierar. Exempel från Tricorona är mellan 70–200 SEK per ton utsläppsminskning. Vi-skogen har en pristrappa som börjar på 250 SEK per ton utsläppsminskning (exklusive moms), men blir lägre vid större volymer då organisationens administrativa kostnader per ton minskar vid större volymer. Variationen beror exempelvis på vilka tilläggskrav i form av skydd av biologisk mångfald, produktionsland och liknande som ställs på åtgärden⁷⁰.

2018 kom en dom från Högsta Förvaltningsdomstolen som innebar att klimatkompensation blev avdragsgillt för alla svenska företag⁷¹. Det krävs dock att klimatkompensationen syns i bolagets marknadsföring eller på något sätt kan påvisa ökad försäljning. Om detta är aktuellt för Trafikverkets verksamhet är dock inte säkert. Däremot kan det vara av intresse för Trafikverkets leverantörer i

⁶⁸ Möllersten, K., 2021. Nr C 579 Kompensation av klimatskuld inom LFM30, IVL
⁶⁹ SOU 2020:04

⁷⁰ <https://corren.se/asikter/debatt/se-utanfor-gransen-8779569.aspx>

⁷¹ <https://viskogen.se/fragor-och-svar/>

samband med utdelning av bonus för uppfyllelse av ställda klimatkrav om Trafikverket tillåter kompensation som en del i leverantörernas arbete med klimatreducering.

2.8 KOMPENSATION GENOM UNDVIKANDE AV UTSLÄPP ELLER NEGATIVA UTSLÄPP?

Oavsett om klimatkompensation av en viss mängd växthusgaser sker genom undvikande av utsläpp eller genom borttagande av växthusgaser i atmosfären blir den totala balansen det samma, så länge det finns utsläpp som kan undvikas. På kort sikt finns ett värde i att arbeta med kompensationsåtgärder som innebär undvikande av utsläpp då dessa kan antas vara säkra vad gäller permanens. Dock kommer det troligen inte vara fullt tillräckligt om världens länder ska lyckas att hålla sig inom Parisavtalets mål.

Initiativet *Lokal färdplan för en klimatneutral bygg- och anläggningssektor i Malmö 2030 (LFM30)* har under 2021 utfört en utredning genom ett Vinnova-projekt om hur kvarvarande utsläpp från byggprojekt bör hanteras genom klimatkompensation⁷². Utifrån olika litteratur, exempelvis en rapport om klimatkompensation från *Stockholm Environment Institute & Greenhouse Gas Management Institute*⁷³, har LFM30 tagit fram en strategi för hur kompensationsåtgärder ska utföras. LFM30 har valt att prioritera kompensation genom aktiviteter som leder till negativa utsläpp men kommer under en övergångsperiod fram till 2025 att acceptera kompensation även genom undvikande av utsläpp i de fall kompensation genom negativa utsläpp inte är "affärsmässigt möjligt". I LFM30:s strategi ingår bland annat löpande klimatkompensation per kalenderår varav minst 50% består av negativa utsläpp. Ett förslag är också att flera aktörer går samman i en fondlösning för att "sända en tydlig signal till potentiella utvecklare av projekt som ger negativa utsläpp att negativa utsläpp av hög miljöintegritet efterfrågas". Figur 3 visar LFM30:s strategi på en övergripande nivå.

Klimatkompensation													
Primärt val						Sekundärt val (villkor; 2020-2025)							
Negativa utsläpp (-CO₂e)						Förebyggande av nya utsläpp							
(Att minska CO ₂ e skulden till atmosfären)						(Att ej öka CO ₂ e skulden till atmosfären)							
Direkt återbetalning <i>(Byggherren har direkt rådighet och långsiktig kontroll)</i>		Indirekt återbetalning <i>(Byggherren har indirekt rådighet och osäker långsiktig kontroll)</i>			Återbetalning via agent <i>(Byggherren löser indirekt återbetalningen via agent)</i>	Förebygger nya utsläpp av CO ₂ e till atmosfären <i>(Ej formell del av LFM30:s Klimatbudget steg I-V då CO₂e skulden till atmosfären ej tas bort)</i>							
Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor	Kriterievillkor		
Byggmateriäl	Bio-kol under byggnad/ anläggning	Bio-kol under mark i egen fastighet, eller annans om geografiskt nära.	Träd, buskar, biokol vid yta.	Karbonat-sering	Agent - realiseras innevarande kalenderår	Agent - realiseras inom 5 år	Förnybar energi	Energi-effektivisering	Förebygg CO ₂ e gaser, ex: metan, lust, industri	ccs	ccu	Beslagning / Återbeslagning / Undvika avskogning	EU ETS handel med CO ₂ e
Klimatbudget steg IV: Negativa utsläpp / Återbetalning (CO ₂ e tas permanent från atmosfären)						Övergångsperiod - vissa undantag kan beviljas 2020-2025							
Notera. Klimatkompensation görs löpande per kalenderår. Minst 50% av klimatkompensationen består av negativa utsläpp som är långsiktigt trovärdiga, och som realiseras innevarande år. Varje klimatkompensations form behöver uppfylla särskilda kriterievillkor. Klimatkompensation behöver göras så att det finns en trovärdig marginal för klimatneutralitet och klimatpositivitet.						Notera. Övergångsperiod 2020-2025 kan viss klimatkompensation accepteras, men endast om negativa utsläpp ej är affärsmässigt möjligt.							
						Ej godkända alternativ							

Figuren har utvecklats under hösten 2020 av Andreas Holmgren, Byggnadsfirman Otto Magnusson med stöd från Martin Erlandsson och Kenneth Möllersten, IVL och i samråd med ett antal LFM30-an slutna byggherrar.

Figur 3. Strategi för tillåtna åtgärder för klimatkompensation inom LFM30. Källa: *Rapport C 579 Kompensation av klimatskuld inom LFM30*.

⁷²Möllersten, K., 2021, Rapport C 579 Kompensation av klimatskuld inom LFM30 <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549434/FULLTEXT01.pdf>

⁷³ Broekhoff, D., Gillenwater, M., Colbert-Sangree, T., & Cage, P. (2019). Securing Climate Benefit: A Guide to Using Carbon Offsets. Stockholm Environment Institute & Greenhouse Gas Management Institute.

Rapporten från *Stockholm Environment Institute & Greenhouse Gas Management Institute* har bland annat undersökt *Science Based Targets initiative* (SBTi) som framhåller att växthusgasutsläppen måste minska till netto-noll vid mitten av seklet och därefter måste kvarvarande utsläpp hanteras genom koldioxidborttag. Företag och organisationer som ansluter sig till SBTi åtar sig att sätta vetenskapliga mål och behöver därmed följa samma reduktionsbana och hantera kvarstående utsläpp med klimatkompensation som bidrar till negativa utsläpp.

På grund av de osäkerheter som fortfarande föreligger vad gäller permanens av negativa utsläpp framhålls dock från *Stockholm Environment Institute & Greenhouse Gas Management Institute* att kompensation just nu bör göras med undvikande av fossila utsläpp. På sikt kommer negativa utsläpp dock vara det enda alternativet för klimatkompensation om Parisavtalet ska uppnås. Andra förespråkar dock investering i negativa källor redan nu som ett sätt att bana vägen för teknik för de storskaliga negativa utsläpp som krävs framöver⁷⁴.

IPCC⁷⁵ menar att negativa utsläpp också kan kompensera för de typer av kvarstående utsläpp som är svår att reducera, exempelvis från förändrad markanvändning och därmed behövs för att nå netto-noll. Att kompensera genom negativa utsläpp möjliggör också en form av återbetalning på tidigare utsläpp.

Enligt *LMF30*:s utredning ligger åtgärdskostnaden för negativa utsläpp med låg permanensrisk från någonstans runt 30 USD per ton utsläppsminskning och uppåt.

⁷⁴ Möllersten, K., 2021, Rapport C 579 Kompensation av klimatskuld inom LFM30 <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549434/FULLTEXT01.pdf>

⁷⁵ IPCC. (2018). Special Report: Global Warming of 1,5 °C, Glossary. Geneve: Intergovernmental Panel on Climate Change.

3 NYA REDUKTIONSMÅL

3.1 BERÄKNING AV SCENARIER FÖR UTSLÄPPSREDUKTIONER

Inom ramen för forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit (MCE) har det gjorts en kartläggning av reduktionspotentialer för bygg- och anläggningssektorns utsläpp av växthusgaser. Först gjordes en analys av hur utsläppen från ett vägprojekt (Väg 44)⁷⁶ kan minskas över tid fram till 2045 och hur nära klimatneutralitet man kan komma förutsatt att transformativa åtgärder för utsläppsminskning sker i bland annat stål-, cement- och asfaltsindustrin. Resultatet från Väg 44 visade på en möjlig reduktion på 83% år 2030 och 92% år 2045. De utsläpp som då beräknades kvarstå år 2045 var bland annat plaströr, geotextil, transporter och asfalt.

Analysen för Väg 44 har inom forskningsprogrammet sedan utvecklats till en mer komplett "roadmap" för bygg- och anläggningssektorns möjliga väg mot klimatneutralitet – *Technical roadmap building and transport infrastructure*⁷⁷. Med hjälp av underlag från de åtgärder och scenarion för dessa åtgärder som beskrivs för vägvalet *Electrification and ME pathway* (elektrifiering och materialeffektivisering) i *Technical roadmap building and transport infrastructure* har WSP upprättat reduktionsscenario för år 2025, 2030, 2035, 2040 och 2045. För betong- och cementprodukter användes vägvalet för *Biofuel, CCS and ME pathway* (biobränsle, CCS och materialeffektivisering) för åren 2025 och 2030 på grund av hur läget ser ut i den svenska betong- och cementbranschen för tillfället⁷⁸. En sammanfattning av förutsättningar för reduktionsscenarioerna redovisas i Bilaga 1.

För dessa scenarion ingår bland annat ökad användning av alternativa bindemedel i betong, minskning av bindemedel och materialeffektivisering av betong, konstruktionsstål och armering. Scenarierna innebär också val av bästa möjliga produkt på marknaden vad gäller cement, stål och armering men också ökad återanvändning av konstruktionsstål. För asfalt gäller ökad återanvändning eller användning av alternativa material samt ökad effektivisering i anläggningsmetoder och materialeffektivisering. För arbetsmaskiner och transporter förutsätts ökad effektivisering, ökad användning av biobränsle och ökad elektrifiering. Biobränsle används i större utsträckning i ett inledande skede varpå elektrifieringen ökar succesivt. Scenarierna förutsätter också transformativa åtgärder i tillverkningsindustrin, så som ökad användning av biobränsle, CCS och på sikt övergång till elektrifiering i cementproduktion. Inom tillverkning av armeringsstål förutsätts elektrifiering av produktionen, plasmauppvärmning, energieffektivisering och lägre utsläpp från el-produktion i Europa. För konstruktionsstål förutsätts liknande övergång men även en övergång till vätgas som bränsle i produktionen. För asfalt ingår konvertering till biobränsle och elektrifiering av krossverk. Men i dessa scenarion når inte asfalt klimatneutralitet till 2045.

3.1.1 Järnvägsinfrastruktur

I en klimatanalys för Nya stambanor⁷⁹ som WSP utförde 2020 har ovan beskrivna scenarier från MCE applicerats på klimatkalkylen för Nya stambanor i syfte att analysera möjliga åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser från anläggandet av Nya stambanor med 80% respektive 100% jämfört

⁷⁶ Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., 2019, Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains – Analysis of a Swedish road construction project, Chalmers

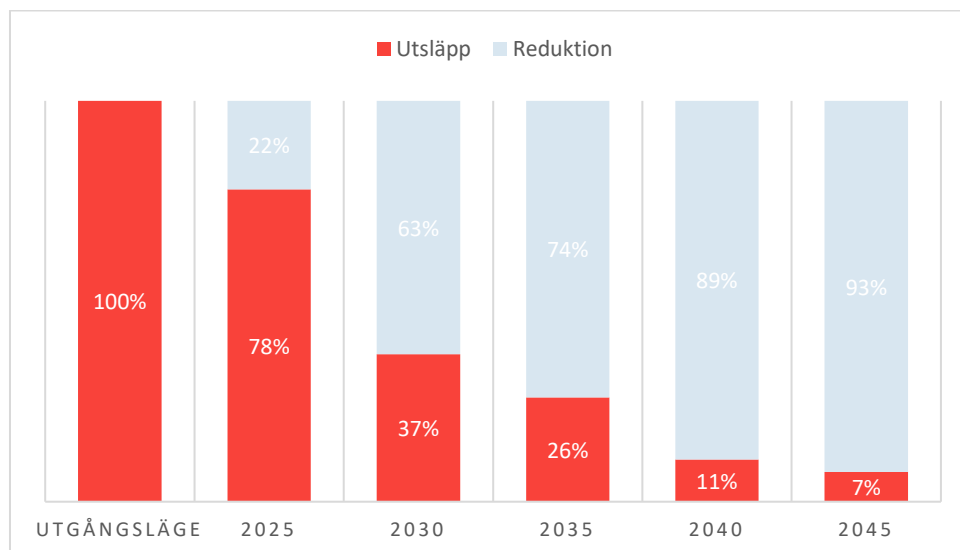
⁷⁷ Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J., Odenberger, M., 2020, Technical Roadmap – Buildings and transport infrastructure, Mistra Carbon https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ec38f7b391cb70d018660de/1589874574652/MistraCarbonExit_Roadmap_Buildings+and+transport+infrastructure_v4.pdf

⁷⁸ Personlig kommunikation: Ida Karlsson, Chalmers, 2020-12-02

⁷⁹ Jung, S., Uppenberg, S., 2021, PM Reduktionspotential och kostnadsbedömning av klimatåtgärder, WSP

med utgångsläget 2015. I utredningen togs scenarion fram för när i tiden åtgärderna kan implementeras och i vilken utsträckning.

Resultatet för Nya stambanor visade på en möjlig reduktion på ca 74% år 2035 och ca 89% år 2040, se Figur 4. Kvarstående utsläpp år 2045 bestod av avskogning, aluminium, plast, sprängämne, asfalt och Övrigt. Posten Övrigt består bland annat andra typer av metaller samt av bränsle och energianvändning som fortfarande kommer bidra till utsläpp av framförallt biogena växthusgaser från förändrad markanvändning.



Figur 4. Reduktionspotential av klimatpåverkan för Nya stambanor baserat på utgångsläget från 2025 till 2045. Potentialen är beräknad utifrån när transformativa åtgärder bedöms kunna implementeras över tid och vilken omfattning.

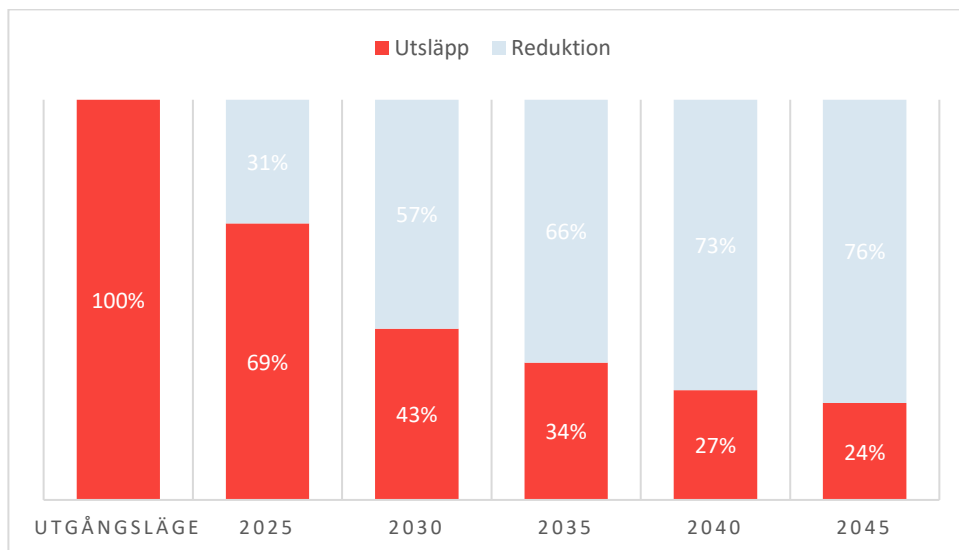
3.1.2 Väginfrastruktur

För att analysera reduktionspotentialen för vägprojekt har samma scenarier från MCE även applicerats på befintliga klimatkalkyler för 11 representativa vägprojekt med stor klimatpåverkan i Nationell transportplan 2018 - 2029. Dessa projekt är:

- E4 Kongberget-Gnarp
- E22 Förbi Söderköping
- Väg 56 Hedesunda-Valbo/Gävle
- E22 Lösen -Jämjö
- E20 Götene - Mariestad
- E20 Förbi Mariestad
- E22 Fjälkinge–Gualöv (ytterligare satsning i Skåne)
- E20 Vårgårda - Vara
- E10, Morjärv - Svartbyn
- Rv 56 Bie-Alberga; Råta linjen
- E10, Avvakko–Lappeasuando

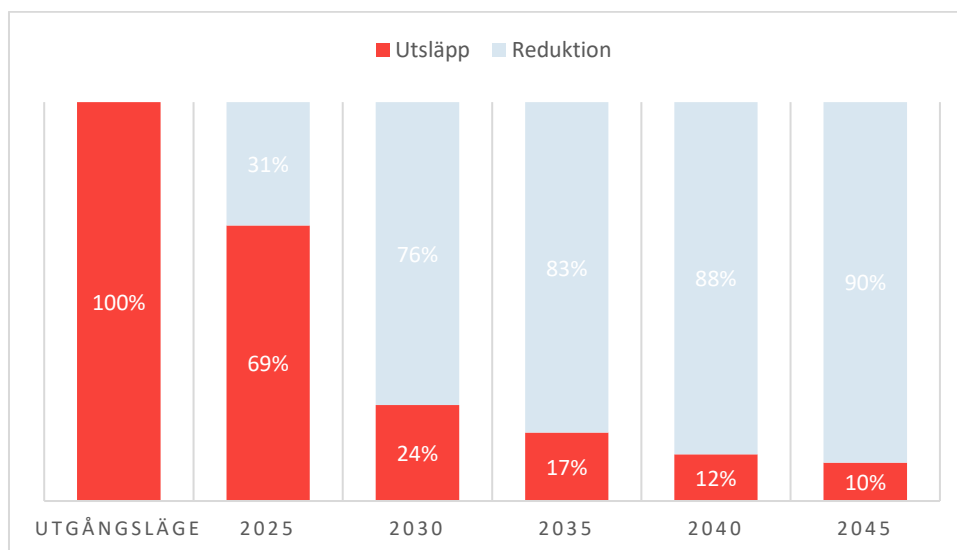
Resultatet av beräkningar av reduktionspotentialer för vägprojekt visar på en möjlig reduktion på 66% år 2035 respektive 73% år 2040 (Figur 5). De utsläpp som beräknas kvarstå i detta scenario kommer främst från asfalt, sprängämnena, avskogning, glas, plast samt av bränsle och energianvändning som

fortfarande kommer bidra till utsläpp av framförallt biogena växthusgaser från förändrad markanvändning



Figur 5. Reduktionspotential av klimatpåverkan för 11 representativa vägprojekt baserat på utgångsläget från 2025 till 2045. Potentialen är beräknad utifrån när transformativa åtgärder bedöms kunna implementeras över tid och vilken omfattning.

Under projektets gång har det i intervjuer med entreprenörer och asfaltsleverantörer framkommit att det pågår initiativ och tester, bland annat i Trafikverksprojekt, för att kunna producera klimatneutral asfalt relativt snart genom att binda biomassa i asfalten för att åstadkomma en kolsänka som gör att nettoutsläppen kan bli noll. Förutsatt att permanent för kolsänkan kan garanteras och att det finns vedertagna sätt att redovisa utsläppsbalansen i EPD:er är bedömningen att klimatneutral asfalt kan finnas på marknaden redan år 2030, eller tidigare. Klimatneutral asfalt ingår dock inte i MCE-scenarierna. Därför har en känslighetsanalys gjorts för hur klimatneutral asfalt från år 2030 påverkar reduktionspotentialen för väginfrastrukturen (Figur 6). Resultatet av beräkningar av reduktionspotentialer för vägprojekt med klimatneutral asfalt visar på en möjlig reduktion på 83% år 2035 respektive 88% år 2040. De utsläpp som beräknas kvarstå i detta scenario kommer främst från sprängämnen, avskogning, glas och plast samt av bränsle och energianvändning som fortfarande kommer bidra till utsläpp av framförallt biogena växthusgaser från förändrad markanvändning.



Figur 6. Reduktionspotential av klimatpåverkan för 11 representativa vägprojekt baserat på utgångsläget från 2025 till 2045 inklusive antagande om klimatneutral asfalt år 2030. Potentialen är beräknad utifrån när transformativa åtgärder bedöms kunna implementeras över tid och vilken omfattning.

3.1.3 Sammanfattning av reduktionspotentialer

I Tabell 1 sammanfattas reduktionspotentialer för väg- respektive järnvägsprojekt baserat på ovanstående projekt (se 3.1.1 och 3.1.2). I tabellen visas också den sammanlagda potentialen viktad utifrån hur stort bidrag till klimatbelastningen väg- respektive järnvägsinfrastrukturen står för idag. Väginfrastruktur antas stå för två tredjedelar av växthusgasutsläpp från statlig transportinfrastruktur medan järnvägsprojekt antas stå för en tredjedel⁸⁰. Utifrån dessa antaganden har scenarierna för väg respektive järnväg viktats till en total möjlig reduktion av växthusgaser.

Tabell 1. Reduktionspotential för väg- respektive järnvägsprojekt baserat på beräkningar av scenarier för klimatreduktion, samt sammanvägd reduktionspotential för väg- och järnvägsprojekt.

Reduktionspotential	2025	2030	2035	2040	2045
Vägprojekt	31%	57%	66%	73%	76%
Vägprojekt med klimatneutral asfalt 2030	31%	76%	83%	88%	90%
Järnvägsprojekt	22%	63%	74%	89%	93%
Viktad total	28%	59%	68%	78%	81%
Viktad total med klimatneutral asfalt 2030	28%	72%	80%	89%	91%

Det bör dock nämnas att utsläpp kopplade till förändrad markanvändning, utöver avverkning, inte ingår i klimatkalkylens scope i dagsläget. Det samma gäller diverse installationer. Dessa poster har därmed inte tagits hänsyn till i beräkningen av reduktionspotential eller hur de bidrar till kvarstående utsläpp.

⁸⁰ Liljenström, C., 2021. Life cycle assessment of transport systems and transport infrastructure - Investigating methodological approaches and quantifying impacts at project and network levels, KTH.

3.1.4 Osäkerheter för kvarstående utsläpp 2045

Enligt scenarieräkningarna ovan kvarstår ca 10–25% av utsläppen 2045, beroende på vilka antaganden som görs. Om det antas att klimatneutrala asfaltbeläggningar finns tillgängliga 2045 så kommer de kvarstående utsläppen (ca 10%) från övriga metaller (utöver stål), sprängmedel, plast, glas och avskogning tillsammans med biogena utsläpp från förändrad markanvändning kopplat till produktion av biobränslen och elenergi. I de använda scenarierna ingår inte någon reduktionspotential för åtgärder kopplat till dessa material- och energiresurser och det finns därför osäkerheter kopplat till utvecklingen av klimatbelastningen från dessa resurskategorier. I avsnitten nedan beskrivs dessa osäkerheter närmar för metaller, sprängmedel och plaster.

Metaller

European Copper Institute, som är en europeisk branschorganisation för kopparbranschen tog 2014 fram en plan, *Copper's contribution to a low-carbon future*, där de beskriver branschens bidrag till att nå klimatmål för 2050 enligt EU-kommissionens *Roadmap for a competitive, low-carbon economy by 2050*⁸¹. I planen beskrivs hur branschen har minskat sin energiförbrukning med 60% sedan 1990 och att en mer effektiv användning av koppar i många olika tillämpningar kan bidra till en minskning av växthusgasutsläpp i Europa med 25 % till 2050 genom energieffektivisering. Branschen verkar jobba aktivt med färdplaner för klimatomställning på liknande sätt som branscher i Sverige inom *Fossilfritt Sverige*. Bland annat togs en färdplan för *Zero Emission Copper Mine of the Future*⁸² fram 2020. På en mer övergripande nivå har även gruv- och mineralindustrin i Europa, *European Association of Mining Industries, Metal Ores & Industrial Minerals*, tagit fram en beskrivning⁸³ av hur branschen kan ställa om till klimatneutralitet genom bl.a. elektrifiering, övergång till el med låga klimatutsläpp, energieffektivisering, återanvändning av avfallsströmmar och CCS.

För aluminium pågår pilotprojekt för tillverkning av "klimatneutral" aluminium. ELYSIS säger sig vara världens första koldioxidfria teknik för aluminiumsmältning, som bara släpper ut syre i processen genom att använda innovativa material för anoder/katoder. Projektet startade 2018 och har kommit till stånd genom ett joint-venture mellan gruvföretagen Rio Tinto och Alcoa, med stöd från Apple och regeringarna i Kanada och Quebec. 2019 köpte Apple, som bidragit både med investeringar och teknisk support, den första omgången aluminium och målet är att nå kommersiell skala 2024.⁸⁴

International Aluminium Institute (World Aluminium) som representerar de största producenterna av bauxit och aluminium i världen publicerade i mars 2021 ett "position-paper", *Aluminium Sector Greenhouse Gas Pathways to 2050*⁸⁵, som beskriver deras bild av vad utsläppen av växthusgaser per ton aluminium behöver vara år 2050 för att leva upp till Paris-avtalet. Där anger de att klimatavtrycket för att leva upp till IEA:s (International Energy Agency) scenario för mindre än två graders global uppvärmning skulle behöva vara max 2,5 ton CO₂e/ton aluminiumprodukt, vilket motsvarar en minskning av utsläppen med ca 85%. Den största delen av de kvarvarande utsläppen förutspås komma från processutsläpp från förädlingsprocessen (utsläpp från elanvändningen, som är den största energikällan, förutsätts vara noll då) samt från återvinnings och tillverkningsprocesser. Som grund för att kunna ha nettoutsläpp över noll anger de att IEA pekar ut aluminium som ett material som kan bidra till världens klimatomställning på en övergripande nivå, och att de därför "tillåts" ha utsläpp av växthusgaser även om världen som helhet måste nå netto-noll utsläpp i mitten av seklet.

⁸¹ Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy by 2050: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0112>

⁸² <https://copperalliance.org/wp-content/uploads/2020/07/Emissions-Copper-Mine-of-the-Future-Report.pdf>

⁸³ http://www.euromines.org/files/euromines_decarbonisation_297x210mm_web-02.pdf

⁸⁴ *Apple buys first-ever carbon-free aluminum from Alcoa-Rio Tinto venture*. Hämtat från Reuters.com: <https://www.reuters.com/article/us-apple-aluminum-idUSKBN1Y91RQ>

⁸⁵ https://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2021/03/16/iai_ghg_pathways_position_paper.pdf

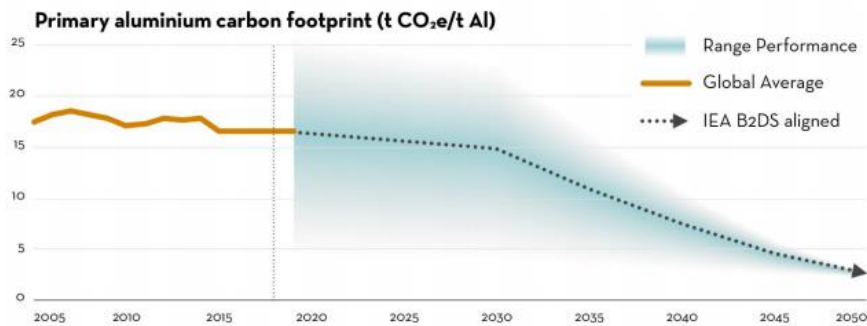


Figure 8 Global average primary aluminium carbon footprint under B2DS aligned 2050 scenario, t CO₂e/t Al

En viktig del av planen för samhällets klimatomställning är ökad elektrifiering av processer, transporter och arbetsmaskiner. I och med det kommer användningen av batterier och bränsleceller, och med det användningen av olika metaller, att öka kraftigt i framtiden. I en artikel i tidningen Ny Teknik 24 juni 2021⁸⁶ anges att behovet av de aktuella typerna av mineral kommer att öka med fyra gånger, jämfört med 2020, om IEA:s scenario för "hållbar utveckling", SDS, ska nås, och med 6 gånger om målet om nettonollutsläpp 2050 ska nås. EU-kommissionen har nyligen föreslagit ett direktiv för hållbarhetskrav på batterier⁸⁷ som bland annat innehåller förslag på klimatommärkning av batterier och ett möjligt förbud mot batterier med de högsta klimatavtrycken från 2027. Northvolt, som just nu etablerar storskalig batteritillverkning i Sverige och kan anses vara "bäst i klassen" när det gäller hållbarhetsfrågor i batteribranschen, uppmanar detta förslag från EU och har själva satt ett mål för 2030 om att deras batterier max ska släppa ut 10 kg CO₂e per kWh lagringskapacitet⁸⁸. Det motsvarar ca 95 % lägre utsläpp jämfört med batterier som tillverkats med fossil energi. Batteribranschen som helhet verkar än så länge inte ha tagit fram någon gemensam färdplan för klimatneutralitet, eller motsvarande.

Vår tolkning av de nedslag som gjorts i branscher som producerar eller använder metaller på olika sätt, enligt ovan, är att det pågår ett arbete för klimatomställning med framtagande av färdplaner och liknande för att visa hur man lever upp till Parisavtalet eller andra uppsatta klimatomål. Men i och med att detta är branscher som också pekas ut som möjliggörare för mer klimatsmart teknik och elektrifiering, så verkar det också som att målen för 2050 inte behöver vara noll utsläpp, utan att man kan tillåta fortsatta utsläpp som måste kompenseras på något sätt för att nå netto-noll. Med aluminiumbranschens färdplan som grund är en uppskattning att ca 80–90% reduktion av utsläppen för dessa branscher kan förväntas ske till 2050.

Sprängmedel

De vanligast förekommande sprängmedlen som används vid bergsprängning är kvävebaserade vilka förgasas vid explosionen och bildar bland annat koldioxid, kvävgas och vatten. Det innebär att det är svårt att genomföra detonation som inte ger upphov till växthusgaser. Enligt en EPD⁸⁹ för bulksprängmedel från Orica orsakar detonation av 1 kg sprängmedel utsläpp av bland annat 0,117 kg koldioxid, 0,585 kg vatten och 0,268 kg kväve. EPD:n visar att sprängmedlets totala växthusgasutsläpp kommer dels från A1-A3 och A4, det vill säga produktionen och transporten⁹⁰ av sprängmedlet, men även från A5 vilket representerar laddningen och detonationen. Samtidigt visar

⁸⁶ Huvudsakliga källor: *The role of Critical Minerals in Clean Energy Transition*, IEA (2021) samt *Study on the EU's list of Critical Raw Materials*, EU-kommissionen (2020)

⁸⁷ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2312

⁸⁸ <https://northvolt.com/articles/a-binary-choice/>

⁸⁹ https://www.epd-norge.no/getfile.php/139246-1534156839/EPDer/Byggevarer/NEPD-1591-615_Bulk-emulsion-explosives--Civec-Control-Centra-Gold-100S-Fortis-Advantage-100S-and-Subtek-Velcro.pdf

⁹⁰ Transport från produktionsplatsen till bygg- eller detonationsplatsen med en antagen sträcka på 80 kilometer.

EPD:n att majoriteten av utsläppen, nästan 94 procent, kommer från A1-A3 medan nästan 1 procent kommer från A4. Laddningen och detonationen motsvarar 0,1 respektive 5 procent. Av den totala primärenergianvändningen, som utgörs av A1-A4 och laddningen i A5, är 97 procent fossilbaserade medan resten är förnybara. Av dessa 97 procent kommer 89 procent från energibärare medan resterande 11 procent kommer från materialanvändning. Det finns därmed en eventuell potential till nästan 90 procents reduktion av sprängmedlets växthusgasutsläpp och resterande utsläpp kommer troligtvis behöva kompenseras med negativa utsläpp.

Den svenska gruv- och mineralnäringens färdplan⁹¹ handlar om hur branschen ska kunna uppnå fossilfrihet 2045. För gruvdriften gäller att framförallt ökad elektrifiering och användning av biodrivmedel och bioenergi kan möjliggöra att gruvdriften kan bli fossilfri senast 2035. Fokus ligger på användningen av fossila resurser och specifikt hur sprängning ska genomföras på ett klimatneutralt vis framförs inte men med tanke på att en stor andel av sprängmedlets klimatpåverkan orsakas från fossila resurser kan detta generera i att dess klimatpåverkan kan reduceras avsevärt.

Överlag finns en potential till att göra stora reduktioner i sprängmedlets klimatpåverkan, vilket främst verkar handla om att göra förbättringar inom produktionen då detta utgör den huvudsakliga klimatpåverkan. En del sprängmedelsproducenter verkar vara med på omställningen till klimatneutralitet. Till exempel engagerar sig Orica i att minska sitt ekologiska fotavtryck och övergå till en klimatneutral produktion, bland annat genom investeringar i CCS och CCU⁹². Deras fokus ligger dock på att minska kväveoxidutsläppen som frigörs till följd av produktionen av ammoniumnitrat eftersom detta utgör den största andelen av deras miljöpåverkan. Andra producenter verkar däremot inte lika engagerade i klimatarbetet vilket gör det svårt att avgöra om en nollnivå av växthusgasutsläpp kan uppnås till 2045.

Plaster

EU har utformat direktiv som ska främja plastindustrins övergång till att bli cirkulär och mer resurseffektiv som ett steg i att nå EU:s mål om klimatneutralitet 2050⁹³. I den nya åtgärdsplanen för cirkulär ekonomi nämns att EU-kommissionen har förslag om obligatoriska krav för återvunnet innehåll och åtgärder för att minska avfallet för viktiga produkter som förpackningar, byggmaterial och fordon⁹⁴. De arbetar med att bland annat ta fram krav om att 2030 ska alla förpackningar inom EU bestå av återvunna material eller vara återvinningsbara och kraven förväntas innehålla ramverk för biobaserad och nedbrytbar plast samt engångsansvändning av plast⁹⁵. Några tydliga krav om förväntade reduktionsnivåer verkar däremot inte vara utformade.

Bygg- och anläggningssektorn i Sverige använder omkring 20 procent av den totala plastanvändningen vilket gör sektorn till den näst största plastanvändaren efter förpackningsindustrin⁹⁶. Nästan all plast, som är mestadels fossilbaserad, går till förbränning vilket skapar energi men orsakar stora växthusgasutsläpp och annan typ av miljöpåverkan. För att nå Sveriges mål om klimatneutralitet 2045 behöver förbränningen av fossilbaserad plast minska kraftigt. På både europeisk och nationell nivå finns ambitionen att minska användningen av nyproducerad fossilbaserad plast till förmån för biobaserad och återvunnen plast men än är det fossilbaserad plast som dominerar.

En kartläggning av biobaserade och återvunna alternativ till plast i bygg- och anläggningssektorn, på uppdrag av Naturvårdsverket⁹⁷, visar att det finns en relativt stor potential för användning av

⁹¹ <https://www.svemin.se/fardplan-for-en-konkurrenskraftig-och-fossilfri-gruv-och-mineralnaring/>

⁹² https://www.orica.com/Sustainability/environment-and-climate-change#.YMcy_b7itPZ

⁹³ https://ec.europa.eu/environment/topics/plastics_sv

⁹⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

⁹⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

⁹⁶ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/8800/978-91-620-8875-0.pdf?pid=28274>

⁹⁷ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/8800/978-91-620-8875-0.pdf?pid=28274>

återvunnen plast som annars hade gått till förbränning eller deponi och att biobaserade plaster inte är något som verkar vara aktuellt annat än för komponenter med kort livstid eller för förpackningar. Sammanställningen har identifierat att det finns ett begränsat utbud av produkter med återvunnen eller biobaserad plast för produkter i bygg- och anläggningsindustrin.

Under 2019 var det bygg- och anläggningssektorn som stod för den största mängden återvunnen plast i Europa där 46 procent av all återvunnen plast användes inom sektorn vilket motsvarade 14 procent av sektorns totala plastanvändning⁹⁸. För användning av biobaserade alternativ stod bygg- och anläggningssektorn för 4 procent av den totala mängden producerad bioplast i världen. IVL menar att det idag finns väldigt få alternativ till fossilbaserad plast i byggsektorn och att det dessutom ofta är svårt att hitta detaljerad information, till exempel på tillverkares och leverantörernas hemsidor⁹⁹. En överblick över ett urval producenter som tillhandahåller dräneringsmatta och dräneringskomponenter visar att fokus verkar ligga på att reducera produktionens energiförbrukning och klimatpåverkan samt utnyttja tillgängliga transportlösningar på ett effektivt och miljömässigt sätt. Utöver det tas även initiativ till att investera i trädplantering. Användning av återvunna material eller fossilfria alternativ verkar än så länge inte vara en prioritet.

Det finns stora möjligheter till minskad klimatpåverkan genom att byta ut fossilråvara till återvunnen eller i vissa fall biobaserad råvara men en begränsande aspekt är priset¹⁰⁰. För den biobaserade råvarans fall gäller att grundpriset är dyrare medan det för den återvunna råvaran inte alltid går att konkurrera med en kvalitet som motsvarar priset för fossil plast. Utöver det menar vissa att det finns en svårighet i att få tag på tillräckliga mängder råvara av rätt kvalitet för att producera återvunnen plast medan andra menar att det finns stor tillgång. Idag är det inte heller alla plaster som går att ersättas med biobaserade alternativ på grund av att plastdelar ofta är inbyggda och är svåra att byta ut vilket ställer höga krav på kvaliteten.

På plastfronten verkar det vara en del arbete kvar innan potentiella reduktionsnivåer kan beräknas. Prioriteringar för framtiden skulle kunna ligga i att pådriva forskningen med att ta fram alternativa plaster och att utveckla systemet för att möjliggöra mer återvinning eftersom detta visar hög potential.

⁹⁸ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/6900/978-91-620-6928-5.pdf?pid=26791>

⁹⁹ <https://www.ivl.se/toppmeny/press/pressmeddelanden-och-nyheter/nyheter/2021-03-19-ont-om-alternativ-till-fossilbaserad-plast-i-byggsektorn.html>

¹⁰⁰ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/6900/978-91-620-6928-5.pdf?pid=26791>

3.2 REDUKTIONSMÅL

I Tabell 2 redovisas beräknade reduktionspotentialer i förhållande till reduktionsmål som redan finns uppsatta av Trafikverket och i bygg- och anläggningsbranschens färdplan för klimatneutralitet, samt möjliga reduktionsmål med höjd ambitionsnivå baserat på framräknade reduktionspotentialer (Tabell 1).

Tabell 2. Reduktionspotentialer för väg- och järnvägsprojekt baserat på beräkningar av scenarier för klimatreduktion, befintliga reduktionsmål samt möjliga reduktionsmål med höjd ambitionsnivå.

Reduktions- potentialer och mål	2025	2030	2035	2040	2045
Red. pot. viktad total	28%	59%	68%	78%	81%
Red. pot. viktad total med klimatneutral asfalt 2030	28%	72%	80%	89%	91%
Befintliga reduktionsmål Trafikverket	30%	50%			100%
Reduktionsmål Färdplan		50%		75%	100%
Möjliga reduktionsmål, höjd ambitionsnivå		60–70%	70–80%	80–90%	

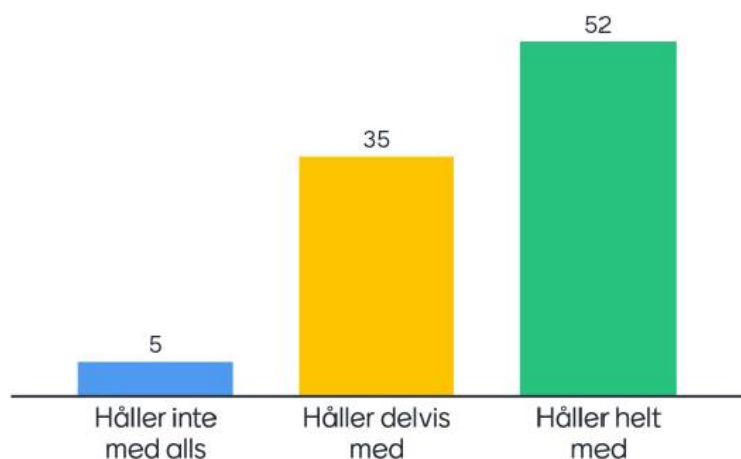
De viktade reduktionspotentialerna ligger i linje med Trafikverkets befintliga reduktionsmål för år 2025 men är högre för år 2030 oavsett vilket antagande som görs om tillgång till klimatneutral asfalt. Reduktionspotentialen för år 2040 är också högre än det branschgemensamma mål som har tagits fram inom ramen för *Fossilfritt Sverige* och *Färdplan för bygg- och anläggningssektorn*. För 2035 finns inget mål i färdplanen, men om en linjär minskning antas så skulle målet bli ca 63% reduktion. Vilket ligger under den potential som scenarierna visar på ca 70 - 80%.

Observera att angivna potentialer och mål avser faktiska utsläppsreduktioner och inkluderar inte reduktioner från eventuell kompensation av utsläpp. I beräkningarna ingår inte heller möjliga negativa utsläpp i projekt från t.ex. användning av biokol eller ökad karbonatisering av betong, vilket kan ge ytterligare reduktionspotentialer. Å andra sidan ingår inte heller utsläpp från förändrad markanvändning och vissa installationer m.m. som inte inkluderas i Klimatkalkyl idag.

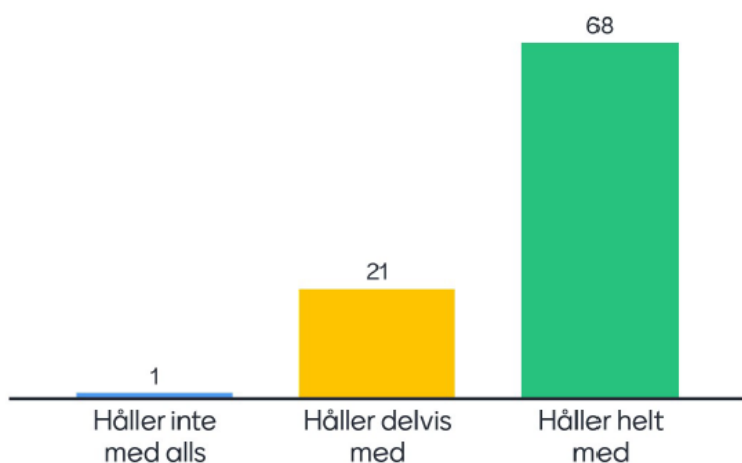
Hur ska då Trafikverket resonera kring eventuell skärpning av mål för 2030 och nya mål för 2035 och 2040? Ska man våga sikta mot en höjd ambitionsnivå eller ska man fortsätta ligga i linje med bygg- och anläggningsbranschens färdplan för klimatneutralitet? Reduktionspotentialerna förutsätter att alla målsättningar som MCE-scenarierna bygger på slår in. Att cement- och stålbranscherna lyckas med sin klimatomställning, att arbetsmaskiner och fordon elektrifieras enligt de mål som satts upp, att det finns tillräcklig tillgång till biobränslen etc. I de intervjuer som genomförts med företrädare för branscherna cement, armeringsstål, konstruktionsstål och arbetsmaskiner uppvisar alla de intervjuade mål och utvecklingsarbete som ligger i linje med, eller överträffar, de målsättningar som använts i scenarieräkningarna ovan. Det bör kunna ses som en bekräftelse på att målen med höjd ambitionsnivå ligger i linje med branschernas pågående arbete och därför är möjliga att nå.

Det finns naturligtvis stora risker att de olika branscherna, i alla fall i delar, inte lyckas leva upp till dessa mål fullt ut. Men å andra sidan, om man nu ser att det finns mål och möjligheter att nå dessa reduktionsnivåer, vad sänder det då för signaler om man väljer att inte sätta mål på de nivåerna? Hur kan man driva ett gemensamt förändringsarbete i branschen mot att nå längre än de hittills uppsatta målen om man inte har nya mål som stöder det och som kan bli hävstänger för de som vill gå före och snabba på utvecklingen? En viktig erfarenhet från den utvärdering av Trafikverkets klimatkrav som gjordes i forskningsprojektet *Kontrollstation 2018* var att Trafikverkets krav var viktiga för att sprida medvetenhet om klimatfrågan på bred front i branschen och för att få igång arbetet med klimatförbättringar. Trafikverkets krav har också varit viktiga som gott exempel och förebild för krav som nu utvecklas bl.a. av Upphandlingsmyndigheten, Boverket och privata aktörer. Nya mål med en höjd ambitionsnivå kan därför troligen bidra till spridning av insikter om möjligheter och vilka åtgärder som måste komma till stånd i leverantörskedjan och mellan branscher och driva på för en snabbare klimatomställning.

För att få en bild av hur branschen ställer sig till möjligheten att höja ambitionsnivån för klimatmålen ställdes två mentimeterfrågor på Trafikverkets klimatkonferens 16 juni 2021, se Figur 7 och Figur 8. Ca 90 av 160 – 200 deltagare svarade.



Figur 7 Mentimeterfråga 1: Det är bra om Trafikverket skärper målet för 2030



Figur 8 Mentimeterfråga 2: Det är bra om Trafikverket sätter mål med höjd ambitionsnivå för 2035 och 2040

Resultatet från mentimeterfrågorna visar tydligt att mycket få anser att Trafikverket ska hålla sig till de befintliga målen i färdplanen och att en majoritet helt eller delvis håller med om att en höjd

ambitionsnivå är att rekommendera. För 2030 är det en större andel som svarar ”håller delvis med”. I kommentarer på konferensen förtydligades detta av några deltagare i paneldiskussion med att man menar att det är en mycket komplex väv av åtgärder som måste komma till stånd och att man måste arbeta med det på många fronter och att det inte räcker med att endast höja kravnivåer i upphandling av entreprenader för att nå målen.

3.2.1 Ackumulerade utsläpp

Om man skulle lyckas nå de högre reduktionsnivåer som är möjliga enligt ovan så minskar utsläppen snabbare på vägen mot klimatneutralitet jämfört med om utsläppsbanan följer de mål som finns i branschens färdplan, vilket innebär att de ackumulerade utsläppen fram till 2045 blir mindre totalt sett. I Tabell 3 redovisas hur stora de ackumulerade utsläppen blir under perioden 2015 – 2045 beroende på vilka utsläppsbanor som antas. I beräkningarna har antagits ett årligt utsläpp på 1,2 Mton CO_{2e}¹⁰¹ för startåret 2015, och sedan har reduktioner enligt målnivåer i Tabell 2 applicerats för femårsperioder och utsläppen summerats. *Höjd ambitionsnivå, låg* avser mål om 60% reduktion för år 2030, 70% för 2035 och 80% för år 2040. *Höjd ambitionsnivå, hög* avser mål om 70% reduktion för år 2030, 80% för 2035 och 90% för år 2040. *Höjd ambitionsnivå, kombination* avser mål om 60% reduktion för år 2030, 75% för 2035 och 90% för år 2040.

Tabell 3 Ackumulerade utsläpp 2015 - 2045, utsläppsbanor för olika målnivåer.

Utsläppsbanan (målnivåer)	Ack. utsläpp (Mton CO _{2e})	Skillnad ack. utsläpp (Mton CO _{2e})	Skillnad ack. utsläpp (%)
Färdplan	20,49	0,00	0%
Höjd ambitionsnivå, låg	19,17	1,32	6%
Höjd ambitionsnivå, hög	17,37	3,12	15%
Höjd ambitionsnivå, kombination	18,27	2,22	11%

Beroende på vilken nivå av mål med höjd ambitionsnivå som väljs kan alltså den totala mängden utsläpp av växthusgaser fram till 2045 minskas med ca 1 – 3 miljoner ton CO_{2e}, vilket motsvarar ca 1 – 2 års totala utsläpp för infrastrukturbyggande och förvaltning eller utsläpp från ca 2 – 5 infrastrukturprojekt av samma storleksordning som Förbifart Stockholm, vilket är ett av de infrastrukturprojekt i Sverige som har enskilt störst utsläpp av växthusgaser.

Att fokusera på ackumulerade utsläpp är en grundläggande princip i *Science Based Targets initiative* (SBTi)¹⁰². För att uppfylla SBTi:s kriterier ska man som verksamhetsutövare ta fram en utsläppsbudget för sina egna ackumulerade utsläpp som ligger i linje med Parisavtalets mål om att inte överstiga 1,5 graders uppvärmning, och sätta mål för reduktioner som gör att utsläppsbudgeten inte överskrider.

Samma princip, att minimera de ackumulerade utsläppen, ligger till grund även för initiativet *Exponential Roadmap*¹⁰³, som många av världens största företag står bakom. Huvudprincipen är där att utsläppen ska halveras för varje decennium, alltså att utsläppsminskningen måste gå snabbast i början för att sedan plana ut, och inte tvärtom. Om man applicerar den principen på Trafikverkets mål som utgår från år 2015 som jämförelseår resulterar det i utsläpp och reduktionsnivåer enligt Tabell 4

¹⁰¹ Liljenström, C., 2021. Life cycle assessment of transport systems and transport infrastructure - Investigating methodological approaches and quantifying impacts at project and network levels, KTH.

¹⁰² <https://www.wri.org/initiatives/science-based-targets>

¹⁰³ <https://exponentialroadmap.org/>

nedan. Reduktionsnivåerna för åren 2030, 2035 och 2040 blir då relativt lika de mål med höjd ambitionsnivå som redovisas i Tabell 2.

Tabell 4 Utsläpps- och reduktionsnivåer baserat på *Exponential Roadmap* med 2015 som startår.

	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Utsläpp	100%	75%	50%	37,5%	25%	19%
Reduktion	0%	25%	50%	62,5%	75%	81%

3.2.2 Biogena utsläpp från förändrad markanvändning

Enligt tidigare redovisat ingår inte biogena utsläpp, utsläpp från förändrad markanvändning, i någon större utsträckning i de klimatkalkyler som görs för projekt idag. Utsläpp från permanent skogsavverkning ingår i modellverktyget Klimatkalkyl, men en pågående undersökning¹⁰⁴ visar att det hanteras väldigt olika mellan projekt och troligen ofta försummas. Nya underlag för att bättre kunna kvantifiera dessa utsläpp kommer snart från Naturvårdsverket/SLU och när de implementeras i Klimatkalkyl kommer det troligen tillkomma en relativt stor andel växthusgasutsläpp för projekt. På motsvarande sätt finns inte heller möjliga utsläppsminskningar kopplat till naturvårdsåtgärder, som återvätning av torrlagda torvmarker, med i modellverktyget idag. Erfarenheter från det praktiska klimatarbetet hos konsulter och entreprenörer i projekt har också visat att det är mycket svårt att hantera och påverka dessa utsläpp. De styrs nästan uteslutande av vilken mark som tas i anspråk för ett väg- eller järnvägsprojekt och en entreprenör kan bara i begränsad utsträckning styra över t.ex. hur mycket skog som avverkas för tillfälliga nyttjanderätter för upplag och etableringar. Men de utsläppen räknas inte med i utsläppsbalansen eftersom återplantering på dessa ytor förutsätts efter avslutat projekt.

Vi föreslår därför att de reduktionsmål som beskrivits ovan inte ska inkludera biogena utsläpp och att dessa utsläpp, och eventuella utsläppsminskningar p.g.a. naturvårdsåtgärder, hanteras separat av Trafikverket och inte är en del av den normala kravställningen för t.ex. totalentreprenader. Troligtvis hanteras dessa utsläppsbalanser bäst vid val av lokalisering och i väg- och järnvägsplaneskedet, som styr ianspråktagandet av mark vilket också ligger i linje med Miljömålsrådets utredning kring miljökompensation¹⁰⁵. Förslagsvis tas direktiv fram för hur biogena utsläpp ska beräknas och hanteras i konsultuppdrag för framtagande av planer. Som nämnts tidigare går inte utsläpp från markanvändning att undvika helt. Därför kan en möjlig inriktning vara att Trafikverket kompenserar dessa utsläpp genom köp av utsläppskrediter för negativa utsläpp eller att de hanteras genom de förslag som tagits fram om miljökompensation genom kompensationsåtgärder för förändrad markanvändning i det enskilda projektet eller genom en större kompensationspool. När väl beräkningsmetodik för detta finns på plats är det möjligt för Trafikverket att "nolla" utsläppen genom godkända kompensationsåtgärder och det är troligt att förutsättningar finns för att sätta 2025 som målår för det. En sådan approach kan anses vara rimlig utifrån att den svenska klimatlagen anger att ca 15% av utsläppen, främst från markanvändning, inte går att reducera och tillåts minskas genom kompletterande åtgärder.

3.2.3 Tydligare målbilder och krav för projekt

För att förbättra möjligheterna för branschen att nå de mer ambitiösa reduktionsmålen föreslås Trafikverket att ta fram tydligare specifikationer för vilka reduktioner som förväntas uppnås i detalj för

¹⁰⁴ Arbetsmaterial, utkast 2021-08-30, PM SKOGSAVVERKNING I KLIMATKALKYLER FÖR NATIONELL TRANSPORTPLAN 2018–2029

¹⁰⁵ Miljökompensation i transportinfrastruktur: 2021:074, 2021-03-01, Trafikverket

stål, betong, asfalt, maskiner, optimering etc. för åren 2025, 2030, 2035, 2040 och 2045. Det kan göras baserat på "recepten" för MCE-scenarierna som redovisas i Bilaga 1. Det blir med andra ord beskrivningar av vad som kan anses vara ett "så klimatneutralt projekt som möjligt" för de olika tidpunkterna.

En mer noggrann analys av dessa specifikationer kan sedan användas för att dela upp reduktionsåtgärder på sådant som kan lösas i projekt av olika typ och olika entreprenadformer, och det som inte kan det. Kravställningen i projekt kan därefter anpassas så man fokuserar på det projektet har rådighet över. Utsläppsnivå för t.ex. betong för att nå mål för ett visst tidsfönster blir ett av resultaten. Om man sedan ställer krav specifikt för betongen, eller klumpar ihop det med annat i ett mer övergripande krav, eller löser det genom att sluta egna avtal med leverantörer och tillhandahålla materialet, är olika varianter på lösningar.

Ytterligare en rekommendation för att tydliggöra mål och krav är att ta fram en struktur för hur utsläpp och reduktioner kan redovisas även uppdelat på scope 1–3 enligt Greenhouse Gas Protocol på projekt- och Trafikverksnivå, som en komplettering till den redovisning som idag görs baserat på Klimatkalkyl. Detta för att möjliggöra harmonisering med leverantörskedjans arbete med *Science Based Targets*, hållbarhetsrapportering enligt GRI m.m.

3.2.4 Hantering av utsläppsreducerande åtgärder och kompensation

Trafikverket har möjlighet att använda utsläppsreducerande åtgärder och kompensation som ett verktyg för att nå reduktionsmålen. Detta är delvis en principiell och etisk fråga som behöver förankras inom Trafikverket, men vi bortser från den aspekten här och diskuterar istället hur de kan implementeras i Trafikverkets verksamhet, inom enskilda projekt eller på verksamhetsnivå.

Utsläpp uppströms och EPD-hantering

Till en början är det relevant att diskutera hur utsläppsminskande åtgärder och kompensation som sker uppströms i leverantörskedjan bör betraktas. Detta berör framförallt material- och bränsleleverantörer, och klimatpåverkan från tillverkning av ingående produkter. Detta hanteras i dagsläget på projektnivå, nästan enbart med hjälp av EPD:er och det regelverk som styr framtagande av EPD:er (framförallt ISO 14040, ISO 14044 och EN 15804:2012+A2:2019). Vi föreslår att Trafikverket fortsätter med att huvudprincipen att utgå från de metoder och ramar som ges av EPD-systemet, och således invänta och acceptera förändringar som sker där.

Detta applicerar även på frågan om kompensation, negativa utsläpp och övriga begrepp. Som vi tidigare nämnt så finns det metodologiska begränsningar inom EPD-systemet för att hantera detta, bland annat är det inte tillåtet att inkludera kompensation (*offsets*) i EPD:er från bygg- och anläggningsprodukter i dagsläget¹⁰⁶. Det är heller inte tillåtet att modellera "permanent kolsänkor", vilket gör att en leverantör som har möjlighet att fånga in och lagra utsläpp från sin egen tillverkning *inte* skulle kunna inkludera lagringen i en EPD.

Vi menar att en utveckling för att lösa dessa metodologiska brister är trolig, som beskrivet i kapitel 2.2.2. Om inte andra signaler ges från det globala EPD-samarbetet framöver rekommenderas Trafikverket invänta sådana förändringar och inte göra egna tolkningar och anpassningar av regelverket. Om regelförändringar sker så att till exempel cementtillverkning kan göras koldioxidneutral genom CCS och att detta kommer kunna beräknas och inkluderas i EPD:er för berörda cementprodukter så kommer detta att synas i Trafikverkets klimatkalkyler på projektnivå där cementen ingår. Detsamma gäller användning av biobaserat bindemedel i asfalt, som av vissa argumenteras innebära en permanent kolsänka på samma sätt.

¹⁰⁶ EN 15804:2012+A2:2019, kapitel 5.4.3

Negativa utsläpp eller undvikna utsläpp inom väg- och järnvägsprojekt

Utöver det som sker högre upp i leverantörskedjan har Trafikverket möjlighet att utföra utsläppsminskande åtgärder inom enskilda projekt, vilket både kan röra sig om negativa utsläpp (till exempel användning av biokol) och undvikande av utsläpp (till exempel återvätning och andra markåtgärder).

Även här krävs mer kunskap om dessa kolsänkor och utveckling av beräkningsmetodik, vilket vi beskrivit tidigare i rapporten, men det vore logiskt om även effekten av dessa åtgärder skulle behandlas i varje projekts utsläppsbalans. Gällande biokol och markåtgärder kan det komma bli relevant att acceptera ytterligare verifikat, t.ex. EBC-certifiering av biokol, för att validera utsläppsminskningar som sker.

Negativa utsläpp eller undvikna utsläpp genom kompensation

Negativa utsläpp genom BECCS kommer att behöva hanteras genom kompensation, d.v.s. genom köp och annullering av någon form av utsläppskrediter, och vi rekommenderar Trafikverket att inte inkludera sådan kompensation i krav och uppföljning av utsläpp i de enskilda projekten. Det bör vara mer rationellt att Trafikverket själva fattar beslut om hur mycket man vill kompensera för kvarstående utsläpp på en övergripande nivå, inte i de enskilda projekten, och genomför kompensation antingen genom enskilda avtal med t.ex. BECCS-aktörer eller genom köp av kompensation på en frivilligmarknad, enligt redovisning i avsnitt 2.7.

Specifikationerna av tydligare målbilder och krav som beskrivs i föregående avsnitt kan även användas som underlag för kompensation av kvarstående utsläpp om Trafikverket vill göra det. De standarder för klimatneutralitet som redovisats tidigare förutsätter att man kartlagt alla utsläpp i scope 1, 2 och 3 enligt GHGP samt att man vidtagit åtgärder för att reducera utsläpp så långt det går innan man kompenserar för kvarstående utsläpp.

3.2.5 Kostnadseffekter

Kostnader för industrins omställning till klimatneutral teknik

För att nå klimatneutralitet krävs transformativa åtgärder som investeringar i ny klimatneutral teknik i cement- och stålindustrin, för att drastiskt minska klimatgasutsläppen från tillverkning av dessa produkter. Detta kommer att kräva stora investeringar i industrin vilket kommer att påverka kostnaderna för användande av dessa material.

Utifrån den klimatkalkyl som upprättats för Nya stambanor har totala mängder tagits fram för betong, kalk, cement, armering, konstruktionsstål, rälstål, diesel och asfalt. Kostnadsökningar för dessa material väntas uppstå till följd av de investeringar i klimatreducerande teknik som pågår eller planeras hos tillverkare för att minska klimatbelastningen av deras produkter. De antaganden som gjorts för troliga kostnadsökningar för materialen baseras på underlag från forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit och underlag från materialtillverkare. Bedömningar av materialkostnader i ett stort projekt som Nya stambanor, och effekter av redovisade kostnadsökningar på dessa, har gjorts av erfaren kalkylator för stora infrastrukturprojekt¹⁰⁷.

För cementbaserade produkter antas en fördubbling av dagens cementpris. Detta leder till en ökad kostnad för betong på ca 3,2 miljarder SEK baserat på de mängder som beräknats för Nya stambanor. För kalk och övriga cementprodukter bedöms den ökade kostnaden bli ca 1,6 miljarder SEK.

För armeringsstål, konstruktionsstål och rälstål antas en ökning av kostnaden för produktion av själva stålet på 30 %. Produktionskostnaden är endast en del av slutpris till kund och produktionskostnadens

¹⁰⁷ Personlig kommunikation med kalkylator Michael Ugglå, 2021.

andel har uppskattats baserat på branscherefarenhet. Kostnadsökningen för dessa stålprodukter bedöms sammantaget bli ca 2,1 miljarder SEK.

Den totala kostnadsökningen för asfalt bedöms till ca 0,08 miljarder SEK baserat på en antagen kostnadsökning med 10% per ton asfalt.

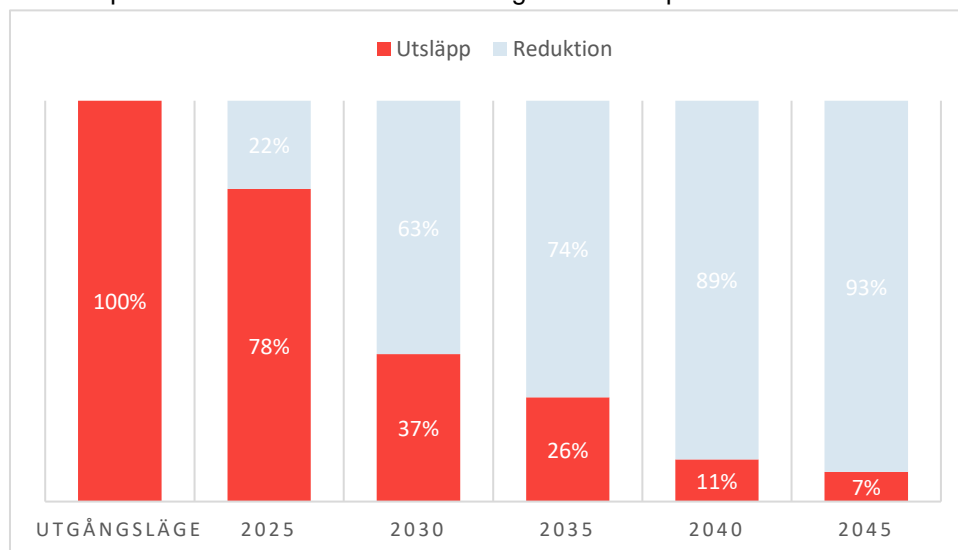
Ökad kostnad för användning av biodrivmedel bedöms vara ca 0,5 miljarder SEK. Denna kostnadsnivå bedöms även vara en rimlig merkostnad för introducering av elektrifierade fordon initialt. En åtgärd som dock på sikt bedöms vara kostnadsneutral eller ge minskade kostnader.

Den totala kostnadsökningen för Nya Stambanor bedömdes till ca 7,5 miljarder SEK. Baserat på tidigare beräknade kostnaden för Nya stambanor på 230 miljarder SEK skulle implementering av de klimatreducerande åtgärder som utretts inom ramen för uppdraget Nya Stambanor således kunna leda till en kostnadsökning på ca 3 %. Givet de stora osäkerheter som finns i antaganden för kostnadsberäkningar uppskattas ett intervall för kostnadsökningar vara ca 2,5 % – 7 %.

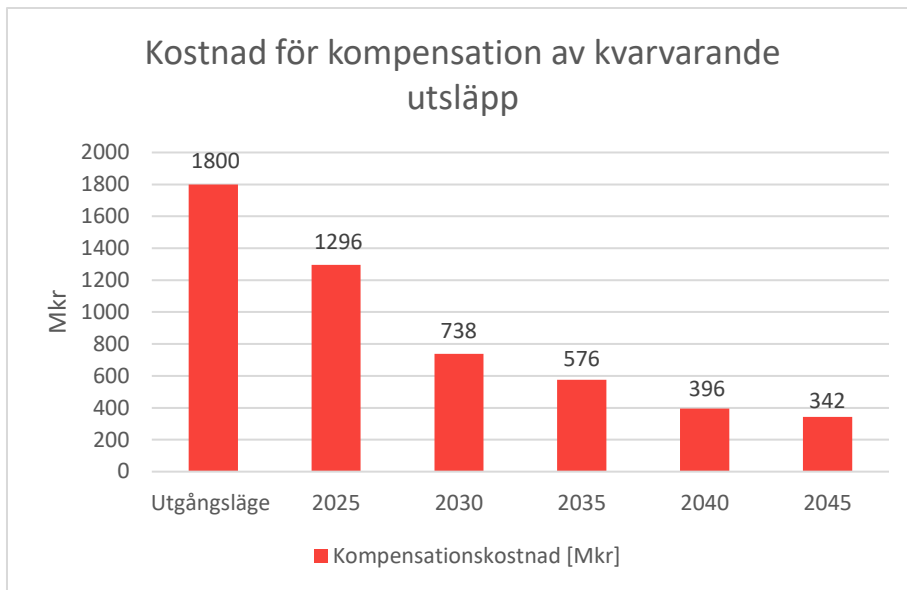
Motsvarande bedömning av kostnadseffekter för vägprojekt har gjorts baserat på mängdunderlag och investeringskostnader för de vägprojekt som beskrivs i 3.1.2 och beräkningen visar att även ett genomsnittligt vägprojekt kan komma att kosta ca 3 % mer på grund av ökade kostnader för klimatneutrala material och drivmedel. För vägprojekt är det dock merkostnader för asfalt som dominerar kostnadsökningen, till skillnad från järnvägsprojekten där det är cement- och stålprodukter som dominerar. Det angivna kostnadsökningintervall för Nya stambanor bedöms därför vara relevant för såväl järnvägs- som vägprojekt. Det bör dock nämnas att de beräknade kostnadsökningarna förutsätter att alla kostnadsökningar för industrins teknikomställning tas ut mot slutkunden, i detta fall Trafikverket. Det är dock troligt att en viss del av dessa kostnader kommer att täckas med hjälp av statliga medel på något sätt och att kostnadsökningen därför kommer att bli lägre. Vilka nivåer och finansieringsmodeller det kan handla om går det dock inte att säga något om i dagsläget.

Kostnad för att kompensera för kvarstående utsläpp efter maximal reducering

En uppskattning av årliga kostnader för kompensation av kvarvarande utsläpp för att nå klimatneutralitet efter möjliga reduceringar vid olika årtal har beräknats och redovisas i Figur 9. Utgångsläget motsvarar en utsläppsnivå på 1,2 miljoner ton CO₂e per år, vilket kompenseras för en kostnad på 1 500 SEK/ton CO₂e. Beräkningen baseras på reduktionsnivåerna som redovisas i



Figur 4 och Figur 5.



Figur 9 Uppskattning av årliga kostnader för att nå klimatneutralitet genom kompensation av kvarvarande utsläpp enligt reduktionsnivåerna som redovisas i figur 4 och 5. Kompensationskostnaden har antagits vara 1 500 SEK/ton CO₂e.

3.2.6 Konsekvenser för beräkningar i Klimatkalkyl

I detta avsnitt sammanfattas förändringar och kompletteringar av Trafikverkets modellverktyg Klimatkalkyl som kan behöva göras för att hantera de rekommendationer som ges i ovanstående genomgång.

Förändrad markanvändning

Emissionsfaktorer och beräkningar av utsläpp från ianspråktagande av mark för infrastruktur bör ses över och kompletteras. Idag inkluderas bara utsläpp från skogsavverkning i Klimatkalkyl. Dessa utsläpp beräknas genom att avverkning av antal skogskubikmeter anges som indata. I vissa projekt anges specifika uppgifter för antal skogskubikmeter som avverkas i just det projektet, men om man inte har tillgång till dessa uppgifter får användaren av Klimatkalkyl beräkna ett medelskogsbestånd på den yta som avverkas, enligt instruktioner och nyckeltal i användarhandledning till Klimatkalkyl. Det senare beräkningssättet är mer korrekt än det förra enligt Skogsstyrelsen¹⁰⁸. Sett ur ett större perspektiv och över lång tid är det arealen av ianspråktagen skogsmark som är det viktiga och som avspeglar storleken på den kolsänka som försvinner genom permanent avverkning, inte hur mycket skog som avverkas vid det enskilda tillfället. Därför bör beräkningssättet i Klimatkalkyl ändras till att hektar skogsmark ska anges som indata istället för mängd skogskubikmeter, och att utsläppen beräknas baserat på ett antagande om skogsbestånd på en hektar normalskog i Sverige. Enligt Skogsstyrelsen behöver detta inte differentieras för olika delar av Sverige eftersom beståndet inte skiljer så mycket, det är omloppstiden som varierar.

För skogsmark bör även förändrad utsläppsbalans för markkol adderas. Utöver det bör läggas till emissionsfaktorer per hektar för ytterligare ett antal relevanta marktyper, som jordbruksmark av olika bördighet och våtmark/myrmark. Det bör göras baserat på rekommendationer i SLU:s kommande rapport till Naturvårdsverket kring ”hur åtgärder för att öka kolinlagring och minska utsläpp inom LULUCF-sektorn kan följas upp”.

Möjligheten att inkludera minskade utsläpp på grund av naturvårdsåtgärder, som återvätning av dikad myrmark, i anslutning till projekt, bör undersökas och göras baserat på rekommendationer från Skogsstyrelsen.

¹⁰⁸ Personlig kommunikation, Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen, sep 2021

Kompletterande byggdelar och emissionsfaktorer

Enligt tidigare beskrivning är det troligt att en del av utsläppen inte kommer gå att reducera, och de utsläppen kommer då med tiden att bli en allt större andel av de totala utsläppen. En stor del av de kvarstående utsläppen kommer från material som inte är särskilt väl representerade i Klimatkalkyl idag, som andra metaller utöver stål, plastprodukter och sprängmedel. Byggdelar och emissionsfaktorer som inkluderar dessa material kommer därför bli viktigare att se över och komplettera vartefter utsläpp från andra stora poster, som betong och armering, minskar. Med ökad elektrifiering av transportsektorn kommer det även att tillkomma en ökad mängd och nya material för el- och vätgasinfrastruktur som kan vara relevanta att inkludera i Klimatkalkyl på sikt.

4 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

I detta avsnitt sammanfattas kort slutsatser och rekommendationer baserat på tidigare avsnitt. Vi vill återigen poängtera att dessa slutsatser och rekommendationer är WSP:s egna och att de inte utger sig för att vara kompletta eller slutgiltiga för att täcka in hantering av negativa utsläpp, kompensation m.m. Det är ett mycket komplext område där utvecklingen går snabbt, men vi hoppas att innehållet ska kunna användas som underlag till fortsatta diskussioner och som ett avstamp för ytterligare fördjupade analyser.

4.1 FÖRSLAG TILL NYA REDUKTIONSMÅL

Baserat på att branschen signalerar att det är möjligt och önskvärt med en höjd ambitionsnivå för reduktionsmål, jämfört med befintliga mål hos Trafikverket och i bygg- och anläggningssektorns färdplan, samt att det kan ge en väsentlig minskning av ackumulerade utsläpp till 2045, föreslås följande nya genomsnittliga reduktionsmål för växthusgasutsläpp jämfört med tekniknivå och beräkningsförutsättningar 2015:

- 2030: -60%
- 2035: -75%
- 2040: -90%

Som komplement till reduktionsmålen vill vi även rekommendera Trafikverket att se över och tydligare definiera vilka utsläpp som ska inkluderas i målen och hur målen ska omsättas i reduktionskrav i upphandlingar av planering, projektering och byggande av infrastruktur. Förslag för detta sammanfattas i Tabell 5 nedan uppdelat på utsläppskategorierna *Utsläpp från förändrad markanvändning*, *Utsläpp från material- och resursanvändning i projekt* samt *Negativa utsläpp i projekt*. För dessa kategorier anges om utsläppen bör ingå i föreslagna reduktionsmål, förslag till hantering av kvantifiering och minskning av utsläpp, samt vilka förutsättningar som gäller för att nå klimatneutralitet för de olika utsläppskategorierna.

Tabell 5 Förslag på tillämpning av reduktionsmål på olika utsläppskategorier

Utsläppskategori	Inkl i mål	Hantering	Förutsättningar för klimatneutralitet
Utsläpp från förändrad markanvändning	Nej	Av Trafikverket, inom planlägningsprocessen. Bättre underlag för beräkning implementeras i Klimatkalkyl. Naturvårdsåtgärder (ev som miljökompensationsåtgärder) som minskar växthusgasutsläpp inkluderas.	Kvarstående utsläpp nollas genom kompensation av Trafikverket, inte i det enskilda projektet. Trafikverket hanterar kompensation genom enskilda avtal eller frivilligmarknad. Görs i enlighet med standarder för klimatneutralitet, eller genom utveckling av "NollCO ₂ " för anläggning. Permanens för kolsänkor måste uppfyllas enligt vedertagna standarder. Vedertagna regler för bokföring och handel med kolsänkor från BECCS m.m. måste utvecklas internationellt.
Utsläpp från material- och resursanvändning i projekt	Ja	Klimatkrav i projekt. Tydligare målbilder och krav tas fram baserat på MCE-scenarier	Kvarstående utsläpp nollas genom kompensation av Trafikverket, inte i det enskilda projektet. Negativa utsläpp i produktivscykler för t.ex. betong och asfalt förutsätts inkluderas i EPD:er. EPD-ramverket måste ses över för att inkludera godkända kolsänkor.
Negativa utsläpp från åtgärder i projekt	Ja	Skapande av kolsänkor genom t.ex. användning av biokol verifieras genom EPD:er och ev andra godkända verifikat.	Permanens för kolsänkor måste uppfyllas enligt vedertagna standarder. EPD-ramverket måste ses över för att inkludera godkända kolsänkor, alternativt måste andra typer av accepterade verifikat utvecklas. Riktlinjer för tillåten fördelning av negativa utsläpp vs. reduktioner av andra utsläpp bör tas fram.

Enligt förslaget i Tabell 5 ovan bör utsläpp från förändrad markanvändning inte ingå i samma "utsläppsbudget" som utsläpp från material- och resursanvändning i projekt och inte omfattas av de föreslagna reduktionsmålen. Trafikverket rekommenderas istället att närmare utreda omfattningen av dessa utsläpp när bättre underlag för det finns på plats och ta fram en separat strategi för hantering av dessa utsläpp kopplat till projekt och hur utsläppen kan minskas genom åtgärder i planering, naturvårdsåtgärder och kompensation.

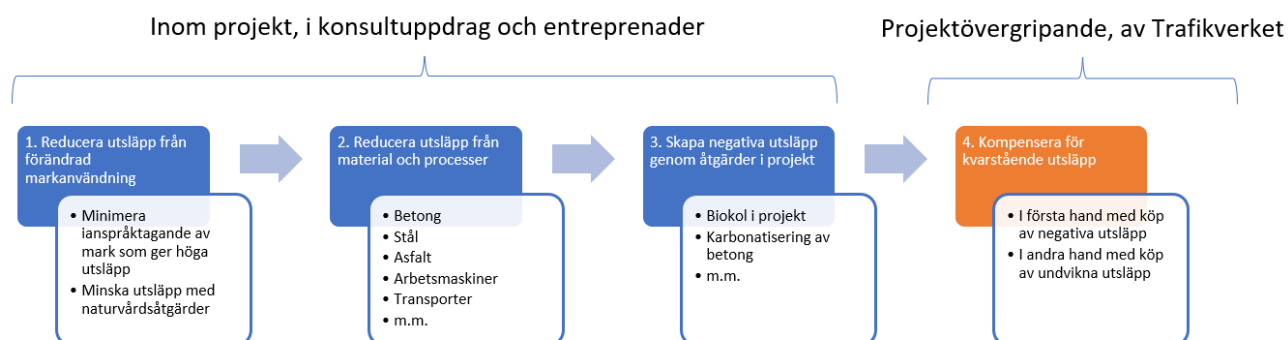
Eventuell kompensation genom förvärv av utsläppskrediter bör ske från utsläpp som har kvantifierats och certifierats inom ett certifieringssystem. Trafikverket bör därför ta fram skall-krav och kriterier för att utvärdera olika certifieringssystem och projekt ur kvalitetssynpunkt. Det är också viktigt att de projekt som investeras i är hållbara och inte bidrar till negativ påverkan på miljö, hälsa och sociala aspekter. Exempel på möjliga skall-krav är:

- Tillförlitligt, stabil och transparent styrning av certifieringssystemet
- Trovärdig och vetenskaplig beräkning av kompensationens utsläpp/upptag av växthusgaser
- Dubbelräkningar av utsläpp/upptag undviks

→ Permanens

Trafikverket har också, som en stor aktör i branschen, möjlighet att göra stora, samlade investeringar i klimatkompenserande projekt och aktiviteter. Därför kan det också finnas ett värde i att de projekt som används för att klimatkompensera Trafikverkets kvarvarande utsläpp är av en sådan karaktär att de bidrar till en snabb omställning, exempelvis genom att teknik/metoder används som ger stor effekt på utsläppsminskningar/upptag, är enkla att skala upp och sprida till andra aktörer.

Rekommendationerna ovan kan sammanfattas i en illustration av vägen mot klimatneutralitet i ett antal steg, enligt Figur 10 nedan.



Figur 10 Illustration av vägen mot klimatneutralitet i ett antal steg.

4.2 REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE

- Ta fram tydligare specifikationer för vilka reduktioner som förväntas uppnås i detalj för stål, betong, asfalt, maskiner, optimering etc. för åren 2025, 2030, 2035, 2040 och 2045, baserat på MCE-scenarierna. Använd dessa specifikationer för att anpassa kravställningen i projekt utefter vad projekten har rådighet över och inte, samt som underlag för vilka kvarstående utsläpp som kan minskas genom kompensation.
- Ta fram en struktur för hur utsläpp och reduktioner kan redovisas även uppdelat på scope 1–3 enligt Greenhouse Gas Protocol, som en komplettering till den redovisning som idag görs baserat på Klimatkalkyl.
- Bevaka utvecklingen av storskaliga initiativ för negativa utsläpp som BECCS, pågående internationellt arbete för att definiera regelverk för att kvantifiera och handla med sådana negativa utsläpp samt utforma strategier för kompensation – t.ex. via direkta avtal eller frivilligmarknad.
- Se över och komplettera byggdelar och emissionsfaktorer i Klimatkalkyl för förändrad markanvändning baserat på underlag som inom kort kommer från Naturvårdverket/SLU. Inkludera i detta även möjligheter att beräkna utsläppsminskningar från naturvårdsåtgärder som återvätning av dikade torvmarker.
- Ta fram kriterier för användning av biokol som en kolsänka genom samarbeten eller i Trafikverkets egna projekt, med hänsyn taget till möjlighet att långsiktigt säkerställa markanvändningen, hållbart ursprung för biomassan, kemiskt innehåll och vetenskapligt korrekt beräkning av kolsänkans storlek.
- Ta fram kriterier för vilka typer av åtgärder för utsläppsminskningar genom ökad karbonatisering av betong som ska kunna godkännas i klimatkalkyler för infrastrukturprojekt.

- Följ och delta aktivt i utvecklingen av standarder för EPD:er och andra relevanta verifikat för att möjliggöra inkludering av permanenta kolsänkor i t.ex. asfalt, biokol m.m. i infrastrukturprojekt. Anpassa klimatkrav och Klimatkalkyl för att möjliggöra inkludering av sådana negativa utsläpp i klimatkalkyler och klimatdeklarationer.
- Utveckla beräkningsmetodik och rapportering av växthusgasutsläpp på en övergripande verksamhetsnivå för Trafikverket för att möjliggöra inkludering av kompensation av utsläpp.
- På sikt rekommenderas att byggdelar och emissionsfaktorer i Klimatkalkyl ses över och kompletteras för resurser, som andra metaller utöver stål, plastprodukter och sprängmedel, som kommer stå för en stor del av kvarstående utsläpp när de stora utsläppsposterna reducerats kraftigt.

BILAGA 1 MCE-SCENARION

De åtgärder som analyseras i utredningen bedöms kunna implementeras i branschen och i projekt stegvis i takt med omställningen som sker i exempelvis cement- och stålindustrin. Tabell 1 visar antaganden om vilka åtgärder och vilken utsträckning som dessa kan implementeras och under vilken period, så kallade scenarion. Graden av implementering av dessa åtgärder har tagits fram för åren 2025, 2030, 2035, 2040 respektive 2045. Implementeringsgrader och reduktionsnivåer (i procent) anges relativt tekniknivå motsvarande år 2015.

Tabell 1. Implementering av åtgärder för reducerad klimatpåverkan genom användning av vägval Electrification and ME pathway. För Cement och Betong används för åren 2025 och 2030 vägval för *Biofuel, CCS and ME pathway*¹⁰⁹. Reduktioner och implementering av åtgärder anges relativt tekniknivå motsvarande år 2015.

Åtgärd	2025	2030	2035	2040	2045
Cement	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cement-produktionen (4 resp 5%)</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (20%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-5%)</p> <p>Total reduktion: 20%</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cement-produktionen (9 resp 10%)</p> <p>CCS i cement-produktionen (58%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (25%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-12%)</p> <p>Total reduktion: 73%</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cement-produktionen (10 resp 16%)</p> <p>CCS i cement-produktionen (58%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (28%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-15%)</p> <p>Elektrifiering av cement-produktionen (65%)</p> <p>Total reduktion: 81%</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cement-produktionen (10 resp 16%)</p> <p>CCS i cement-produktionen (90%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (32%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-22%)</p> <p>Elektrifiering av cement-produktionen (65%)</p> <p>Total reduktion: 100%</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cement-produktionen (10 resp 16%)</p> <p>CCS i cement-produktionen (90%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (35%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-28%)</p> <p>Elektrifiering av cement-produktionen (100%)</p> <p>Total reduktion: 100%</p>
Betong	<p>Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/ optimering (8%)</p> <p>Total reduktion: 20%</p>	<p>Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/ optimering (15%)</p> <p>Total reduktion: 73%</p>	<p>Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/ optimering (20%)</p> <p>Total reduktion: 81%</p>	<p>Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/ optimering (25%)</p> <p>Total reduktion: 100%</p>	<p>Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/ optimering (30%)</p> <p>Total reduktion: 100%</p>
Armeringsstål	<p>Produktval</p> <p>Elektrifiering av produktionen (38%)</p> <p>Material-effektivisering (5%)</p> <p>Total reduktion: 37%</p>	<p>Elektrifiering av produktionen (46%)</p> <p>Material-effektivisering (10%)</p> <p>Plasma-uppvärmning av ugnar i prod.</p> <p>Lägre utsläpp från el-produktion i Europa</p> <p>Ökad energi-effektivisering i prod. (10%)</p> <p>Total reduktion: 64%</p>	<p>Elektrifiering av produktionen (63%)</p> <p>Material-effektivisering (15%)</p> <p>Plasma-uppvärmning av ugnar i produktionen istället för biogas.</p> <p>Lägre utsläpp från el-produktion i Europa</p> <p>Ökad energieffektivisering i produktion (10%)</p> <p>Total reduktion: 85%</p>	<p>Elektrifiering av produktionen (84%)</p> <p>Material-effektivisering (20%)</p> <p>Plasma-uppvärmning av ugnar i produktionen istället för biogas. Användning av biokol (50%)</p> <p>Lägre utsläpp från el-produktion i Europa</p> <p>Ökad energieffektivisering i prod. (20%)</p> <p>Total reduktion: 97%</p>	<p>Elektrifiering av produktionen (94%)</p> <p>Material-effektivisering (25%)</p> <p>Plasma-uppvärmning av ugnar i produktionen istället för biogas. Användning av biokol (100%)</p> <p>Lägre utsläpp från el-produktion i Europa</p> <p>Ökad energieffektivisering i prod. (20%)</p> <p>Total reduktion: 99%</p>

¹⁰⁹ Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J., Odenberger, M., 2020, Technical Roadmap – Buildings and transport infrastructure, Mistra Carbon Exit

Åtgärd	2025	2030	2035	2040	2045
Konstruktionsstål	<p>Ökad materialeffektivitet (10%)</p> <p>Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (5%)</p> <p>Total reduktion: 15%</p>	<p>Ökning av biomassa som ersätter kol i masugnar (25%)</p> <p>Ökad material-effektivitet (15%)</p> <p>Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (10%)</p> <p>Ökad elektrifiering av prod. (13%)</p> <p>Total reduktion: 34%</p>	<p>Ökning av biomassa som ersätter kol i masugnar (30%)</p> <p>Ökad material-effektivitet (20%)</p> <p>Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (14%)</p> <p>Ökad elektrifiering av prod. (23%)</p> <p>Total reduktion: 47%</p>	<p>Ökning av vätgas som bränsle i produktion (50%)</p> <p>Ökad material-effektivitet (25%)</p> <p>Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (21%)</p> <p>Ökad elektrifiering av produktionen (61%)</p> <p>Total reduktion: 77%</p>	<p>Vätgas som bränsle i produktion (100%)</p> <p>Ökad material-effektivitet (30%)</p> <p>Ökad återanvändning/ cirkulära (28%)</p> <p>Ökad elektrifiering av produktionen (99%)</p> <p>Total reduktion: 99%</p>
Asfalt	<p>Biobränsle-konvertering (66%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (40%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (37%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (4%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (5%)</p> <p>Total reduktion: 41%</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (45%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (8%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (10%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (3%)</p> <p>Total reduktion: 57%</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (50%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (12%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (15%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (4%)</p> <p>Total reduktion: 61%</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (55%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (15%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (20%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (5%)</p> <p>Total reduktion: 64%</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (60%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (15%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (25%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (5%)</p> <p>Total reduktion: 67%</p>
Arbetsmaskiner	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (8%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (42%)</p> <p>Ökad elektrifiering (5%)</p> <p>Total reduktion: 32%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (14%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (75%)</p> <p>Ökad elektrifiering (9%)</p> <p>Total reduktion: 71%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (17%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (76%)</p> <p>Ökad elektrifiering (24%)</p> <p>Total reduktion: 88%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (16%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (59%)</p> <p>Ökad elektrifiering (41%)</p> <p>Total reduktion: 90%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (16%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (50%)</p> <p>Ökad elektrifiering (50%)</p> <p>Total reduktion: 91%</p>
Material- och masstransporter	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (5%) genom sparsam körning och effektiva fordon</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (42%)</p> <p>Ökad elektrifiering (5%)</p> <p>Total reduktion: 32%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (10%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (63%)</p> <p>Ökad elektrifiering (20%)</p> <p>Total reduktion: 71%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (15%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (70%)</p> <p>Ökad elektrifiering (30%)</p> <p>Total reduktion: 88%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (23%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökad hybridisering av fordonsflotta (25%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (55%)</p> <p>Ökad elektrifiering (45%)</p> <p>Total reduktion: 90%</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (23%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökad hybridisering av fordonsflotta (25%)</p> <p>Ökning av biobränsle, HVO (40%)</p> <p>Ökad elektrifiering (60%)</p> <p>Total reduktion: 91%</p>

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 48 700 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
wsp.com

