

Beregning av tap av CO₂ som følge av veibygging på skogsareal

John Magne Skjelvik, Henrik Lindhjem og Kristin Magnussen

Dokumentdetaljer

Vista Analyse AS	Rapport nummer 2014/26
Rapporttittel	Beregning av tap av CO ₂ som følge av veibygging på skogsareal
ISBN	978-82-8126-167-9
Forfatter	John Magne Skjelvik, Henrik Lindhjem, Kristin Magnussen,
Dato for ferdigstilling	27. juni 2014
Prosjektleder	Henrik Lindhjem
Kvalitetssikrer	Annegrete Bruvoll
Oppdragsgiver	Statens Vegvesen
Tilgjengelighet	Åpen på web
Publisert	www.vista-analyse.no
Nøkkelord	Skog, veibygging, karbonopptak, karbonlager, CO ₂ -utslipp

Forord

Statens Vegvesen (SVV) vurderer i dag ikke tap av karbonlager i skog som en del av de konsekvensutredninger som gjennomføres når nye veier skal bygges eller gamle utvides. Målet med denne rapporten er å vurdere hvordan en kan ta hensyn til og beregne denne klimaeffekten.

Statens vegvesen er oppdragsgiver for dette prosjektet, og deres kontaktperson har vært Anne Kjerkreit, som sammen med Kjell Ottar Sandvik, har gitt gode innspill og kommentarer til rapporten. Vi takker også Aksel Granhus, Lise Dalsgaard, Signe Borgen og Gro Hysten ved Skog og Landskap for verdifull hjelp.

Rapporten er skrevet uten bindinger og er utredernes ansvar alene. Vi takker vår oppdragsgiver for et godt samarbeid!

27. juni 2014

Henrik Lindhjem

Prosjektleder

Vista Analyse AS

Innhold

Forord.....	1
Sammendrag og konklusjoner	5
1. Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn og motivasjon	7
1.2 Formål og avgrensninger	7
1.3 Oversikt over rapporten	8
2. Kunnskapsstatus.....	9
2.1 Skogens betydning som lager og for opptak av karbon	9
2.2 Utfordringer ved beregning av tapt lager og fremtidig sluk.....	10
3. Mulige beregningsmetoder	13
3.1 Innledning	13
3.2 Metode for rapportering til Klimakonvensjonen.....	13
3.3 Andre beregningsmetoder.....	18
4. Dagens metoder for beregning av klimagasser og rapportering av skog i SVV's håndbøker og verktøy	22
4.1 Innledning	22
4.2 SVV's metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for veiprosjekter 22	
4.3 Rapportering av skogdata i følge dagens håndbok 140 (utkast per juni 2014).....	25
5. Forslag til beregningsmetode.....	27
5.1 Et regneeksempel	27
5.2 Forslag til metode dersom CO ₂ fra bygging av vei på skogsareal skal inngå	27
6. Videre arbeid	29
Referanser	31

Sammendrag og konklusjoner

Bakgrunn og motivasjon

Statens Vegvesen (SVV) reviderer for tiden Håndbok 140 om konsekvensanalyser, og ønsker i denne sammenhengen blant annet å vurdere om og hvordan en kan beregne og inkludere klimagassutslipp som generes når veier bygges på skogsareal. Karbonlageret i skogen og skogsjorden reduseres sammen med mulig fremtidig, årlig nettoopptak av CO₂. En modul for beregning av klimagassutslipp knyttet til bygging, drift og vedlikehold av veier er utviklet som en modul til nytte-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT. For fullstendighetens skyld kan det være grunn til også å inkludere andre utslipp av CO₂, som dem som frigjøres fra båndlagt skogsareal.

Formål

Formålet med rapporten er å vurdere hvordan en kan beregne endring i CO₂-utslipp ved veibygging på skogarealer, og anbefale en metodikk for å anslå utslipp som kan inngå som en prissatt konsekvens i neste revisjon av Håndbok 140.

Resultater og diskusjon

Våre undersøkelser indikerer at frigjøringen av karbon som følge av veibygging i skog kan utgjøre såpass store utslipp at det virker fornuftig å inkludere dette i SVVs CO₂-beregninger. Vi foreslår at dette gjøres på følgende måte:

1. Det etableres en enkel Excel-regnearkmodell for å beregne tapet av CO₂ som følge av veibygging på skogsareal. For beregning av utslipp fra jord og dødt organisk materiale legges tallene fra den årlige rapporteringen til Klimakonvensjonen til grunn (1,41 tonn CO₂/daa/år). For beregning av utslipp fra stående masse som hugges kan funksjoner som benyttes i beregninger av beholdningen av karbon i stående skogsmasse legges til grunn. De to verdiene for tap av CO₂ som da framkommer legges så sammen i modellen til et totalt anslag for tapt lager. Merk at vi, i tråd med rapportering av utslipp under Klimakonvensjonen, ikke anbefaler å inkludere anslag for mulig tapt fremtidig CO₂-binding.
2. Brukeren legger inn i modellen antall dekar skogsareal som hugges som følge av at en viss veilenke skal bygges. Veilenken det beregnes areal for må tilpasses de veilenker prosjektet deles opp i, og som det registreres skogsareal for.
3. Det tas utgangspunkt i standard definisjon av "skog". For beregning av utslipp av stående masse må brukeren legge inn opplysninger om type skog (gran, furu løvskog, evt. kan blandingsskog også legges inn), stammevolum (hogstklasse) og bonitet. De to sistnevnte opplysningene innhentes allerede i dag i veiprojektene.

Dette er en ganske enkel tilnærming og som raskt kan etableres. Dersom man ønsker å lage en "modul" for karbontap som legges inn i EFFEKT vil det kreves noe mer arbeid. I denne forbindelse må det vurderes hvordan usikkerheten i anslagene bør behandles. For eksempel er anslagene for utslipp fra jord og dødt organisk materiale mer usikre enn anslagene for stående masse. Videre bør det vurderes å legge inne tap av karbon fra nedbygging av andre arealtyper for å få et mest mulig komplett karbonregnskap for veiutbygginger. CO₂-binding i skog er et

fagfelt der det stadig skjer forskning og utredning og det kan komme ny informasjon før 2017 da revideringen av Håndbok 140 etter planen skal være ferdig.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og motivasjon

Statens Vegvesen (SVV) reviderer for tiden Håndbok 140 om konsekvensanalyser¹ i to faser; en mindre revidering i 2014 og en mer omfattende revidering frem mot ny utgave i 2017. SVV har innløst en opsjon med Vista Analyse fra et tidligere prosjekt om prissetting av dyrket mark (Magnussen og Lindhjem 2013), der en av to oppgaver er å vurdere og anbefale metode for å beregne endret CO₂-binding som følge av nedbygging av skogsareal, slik at dette kan inngå i håndboken som en prissatt konsekvens.

I dagens versjon av håndboken fra 2006 er utslipp av CO₂ inkludert under "Global luftforurensing" (kapittel 5.6.5) som del av det prissatte temaet om støy og luftforurensing. Høsten 2009 igangsatte Statens Vegvesen et arbeid for å inkludere CO₂-utslipp (med unntak av CO₂-utslipp fra skog) i sine konsekvensanalyser og samfunnsøkonomiske analyser, og dette ble dokumentert i SVV (2009). Senere ble det startet et samarbeid mellom SVV og flere etater om mulig utvikling av en felles metodikk for beregninger av klimagassbudsjett. Som en oppfølging av Vegvesenets arbeid, utarbeidet SINTEF en modul for klimagassutslipp til nytte-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT (SINTEF 2011). I denne beregnes energibruk og klimagassutslipp knyttet til bygging av veiprosjekter og drift og vedlikehold av disse. For å få en mer fullstendig vurdering av klimaeffektene ved veibygging, er det viktig også å inkludere tap av karbonlagre i skogsarealer som brukes til bygging av nye veier. Andre konsekvenser av veibygging i skog, for eksempel tap av biomangfold eller effekter på friluftsliv, behandles i dag under ulike ikke-prissatte temaer. Klimaeffekten forårsaket av tapt skog har til nå ikke vært vurdert spesielt.

1.2 Formål og avgrensninger

Formålet med rapporten er å vurdere hvordan en kan beregne endring i CO₂-utslipp ved veibygging på skogarealer, og anbefale en metodikk for å anslå utslipp som kan inngå som en prissatt konsekvens i neste revisjon av Håndbok 140.

Det er flere kriterier som kan være viktige ved valg av metodikk for Håndboken. Den bør for det første ikke ta mål av seg å være mer avansert eller ambisiøs enn det norske myndigheter med støtte i fagmiljøene ellers mener er tilstrekkelig i andre sektorvurderinger og sammenhenger. Et mulig unntak er om informasjonen utrederne samler inn om skogsarealer som del av konsekvensutredningsprosessen for SVV kan gi et mer presist anslag for tap av CO₂ enn det som legges til grunn i nasjonale rapporteringer til Klimakonvensjonen (basert på retningslinjer fra FN's klimapanel, IPCC²) kan gi.

¹ Den reviderte håndbokens 2014-versjon får nummer 712.

² FN's klimapanel (engelsk: Intergovernmental Panel on Climate Change, forkortet IPCC) er en internasjonal institusjon opprettet av FN-organene Verdens meteorologiorganisasjon (WMO) og FN's miljøprogram (UNEP) i 1988. Formålet er å sammenstille eksisterende kunnskap om eventuelle endringer i jordens klima (Wikipedia).

Videre bør metodikken gjøre det enkelt å legge dataene inn i EFFEKT-modulen som ellers brukes til å beregne klimagassutslipp i Vegvesenets analyser. Til slutt er det grunn til å nevne at beregning av skogens karbonlager og –opptak³ trolig er beheftet med større usikkerhet og uenighet i fagmiljøene, enn utslipp fra for eksempel energi- og materialbruk. Det taler også for å holde seg til det en med stor grad av sikkerhet kan si, og heller oppdatere metodikken, ved behov, etter hvert som kunnskapen øker og blir sikrere.

Basert på disse kriteriene er hovedvekten i våre vurderinger lagt på metodikken som i dag brukes av norske myndigheter (Miljødirektoratet) for rapportering under Kyotoprotokollen av tap av karbonbinding ved arealbruksendringer. Det er også denne metodikken vi anbefaler brukt til SVV's formål.

Vi legger til grunn her at SVV gjennom arbeidet med veileder i samfunnsøkonomisk analyse i regi av Finansdepartementet/Direktoratet for økonomistyring (DFØ) vil få anbefalte enhetspriser per tonn CO₂, og at hovedbehovet dermed er knyttet til metodikk for fysisk beregning/kvantifisering av endringer i CO₂-lager og fremtidig opptak. Får en inkludert dette, vil klimaeffektene bli dekket mer fullstendig i praktiske konsekvensanalyser, på linje med utslipp knyttet til bygging, vedlikehold og transport, som nå er inkludert (SVV 2009).

1.3 Oversikt over rapporten

Vi gir først en kort oversikt over kunnskapsstatus knyttet til karbonlager og –opptak i skog, og hva som er konsekvenser ved nedbygging av skogsareal til vei. En vil da tape både det eksisterende lageret av karbon i trær og til dels i jord, og mulig fremtidig karbonopptak i skogen. Kapittel 3 går gjennom noen metoder som er i bruk for å beregne tapet av karbonlager, dvs. de utslippene av CO₂ dette vil medføre. Vi legger som nevnt innledningsvis hovedvekten på den metodikken som norske myndigheter anvender ved beregning og rapportering av arealbruksendringer til Klimakonvensjonen. Kapittel 4 gir først en oversikt over dagens modul for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp i EFFEKT, samt en kort oversikt over rapportering av skogdata i henhold til dagens håndbok. I lys av dette vurderer vi i kapittel 5 ulike tilnærminger og kommer med vårt forslag. I innledningen til kapittelet er det lagt inn et konstruert regneeksempel som illustrerer anvendelse av metodikken.

³ Skogens karbonlager er en oppsamling av karbon i skogens biomasse og i skogsjorden, det vil si at CO₂ tas ut av Jordens karbonkretsloop og lagres over kort eller lang tid. Karbonopptak (noen ganger omtalt som sluk eller deponering) er løpende, positivt nettobidrag til karbonlageret. Se kapittel 2.

2. Kunnskapsstatus

2.1 Skogens betydning som lager og for opptak av karbon

Det finnes mer karbon i biomassen og jorden i verdens skoger⁴ enn i atmosfærens karbonlager. Skogens klimaregulering omfatter plantevekst og prosesser som tar opp karbon i biomasse og jord. Naturlig vegetasjon og uforstyrret jord danner store karbonreservoarer i terrestriske økosystemer, som slippes ut i form av CO₂ når vegetasjonsdekket og jorden omdannes, for eksempel gjennom bygging av veier. Ved veibygging, eller annen utbygging på et skogsareal reduseres derfor både skogens og (trolig) jordens karbonlager samtidig som skogens løpende nettoopptak av CO₂ reduseres til null.⁵

Generelt bestemmes karbonopptak i trærnes biomasse av trærnes vekst, men karbonlagerets størrelse avhenger også av karbontap, naturlig dødelighet, nedbryting og høsting. Treets vekst, og dermed karbonopptaket, er også påvirket av klima og vær, solforhold, jordens fertilitet, artssammensetning og alder. Det er en generell tendens at karbon tas mer effektivt opp av trær sør i Norge enn i nord. Gran- og løvskog tar opp mer karbon i sin biomasse enn furuskog. Skogens alder er også en viktig faktor for karbonopptak; middelaldrende (30-70 år) skog har høyest veksthastighet (akkumulert biomasse per tidsenhet) og ser ut til å være best til å ta opp karbon i treets biomasse. På den annen side har eldre skoger ofte større karbonlager selv om opptaksraten er lavere. Eldre skoger synes også å ha mindre karbontap fordi respirasjonen er lavere. Fordi det ikke foregår fotosyntese i den boreale sonen i den kalde årstiden, tas det heller ikke opp karbon.

Karbon i skogsjord utgjør mesteparten av den totale karbonmengden som finnes i skogen, særlig i boreale skoger. I områder med kaldt og fuktig klima skjer dekomponeringen saktere, slik at mer karbon kan akkumuleres. Strø⁶ ser ut til å være den faktoren som påvirker karbonlagring i skog mest; større trær produserer mer strø og dermed lagres mer karbon i jorda. Også sammensetningen av treslag og kvaliteten på strøet har stor betydning.

Skogsjorden inneholder, som nevnt, det aller meste av karbonlageret i boreal skog, anslått til 80 prosent av totalt karbonlager, men karbondynamikken og tallene for karbonlagret i jord er usikre. Nettobinding av karbon varierer mellom år som følge av blant annet naturlige variasjoner i vekstbetingelser (som temperatur og nedbør, treslag- og alderssammensetning av skogen, skogskader, skogskjøtsel og hugst). For Norges totale skogsareal er karbonlageret ca. 400-450 millioner tonn i vegetasjonen og ca. 1100-1550 millioner tonn C i jorden (Grønlund

⁴ Skog: Et areal defineres som skogbruksland når trekronene dekker mer enn 10 prosent av 0,1 ha (=1 mål) og arealet for skogen er større enn 0,5 ha. I tillegg må trærne kunne bli fem meter høye eller mer på den aktuelle lokaliteten. Unge bestand, naturlig forynget eller plantet, som er etablert for skogbruksformål men ikke har oppnådd 10 prosent kronedekning eller en trehøyde på fem meter, regnes som skog. Områder som er midlertidig uten trevegetasjon på grunn av menneskelig aktivitet eller skogbranner regnes også med til skogarealet.

⁵ I tillegg kan det at en vei bygges påvirke karbonlagring- og deponering i tilgrensede skogarealer, men dette er trolig av mindre betydning enn selve arealbeslaget.

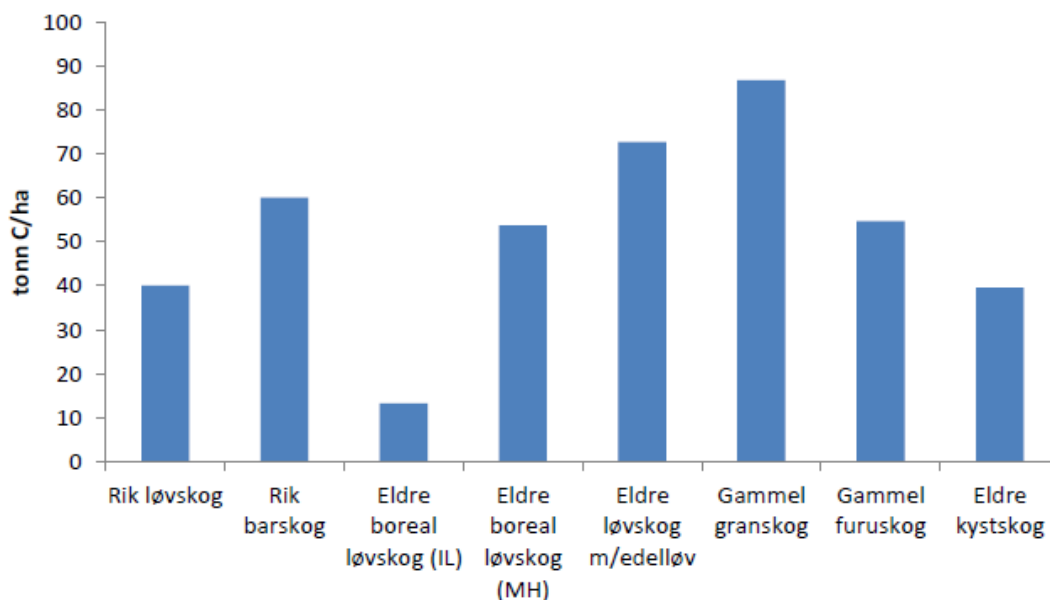
⁶ Lag av løv, bar, kongler, bark m.m. som faller av trærne og plantene hvert år og omdannes gjennom biologiske prosesser til humus og moldstoffer.

m.fl. 2010; Klif 2011). Det årlige CO₂-opptaket er ca. 25-30 millioner tonn. Det kan forventes en nedgang i CO₂-bindingen fremover fordi tilveksten i skogen antas å synke (pga. endringer i alderssammensetning, avhengig av fremtidige klimaendringer, hugst etc.) (Astrup m.fl. 2010).

2.2 Utfordringer ved beregning av tapt lager og fremtidig sluk

Stor variasjon i karbonlagring i ulike skogstyper

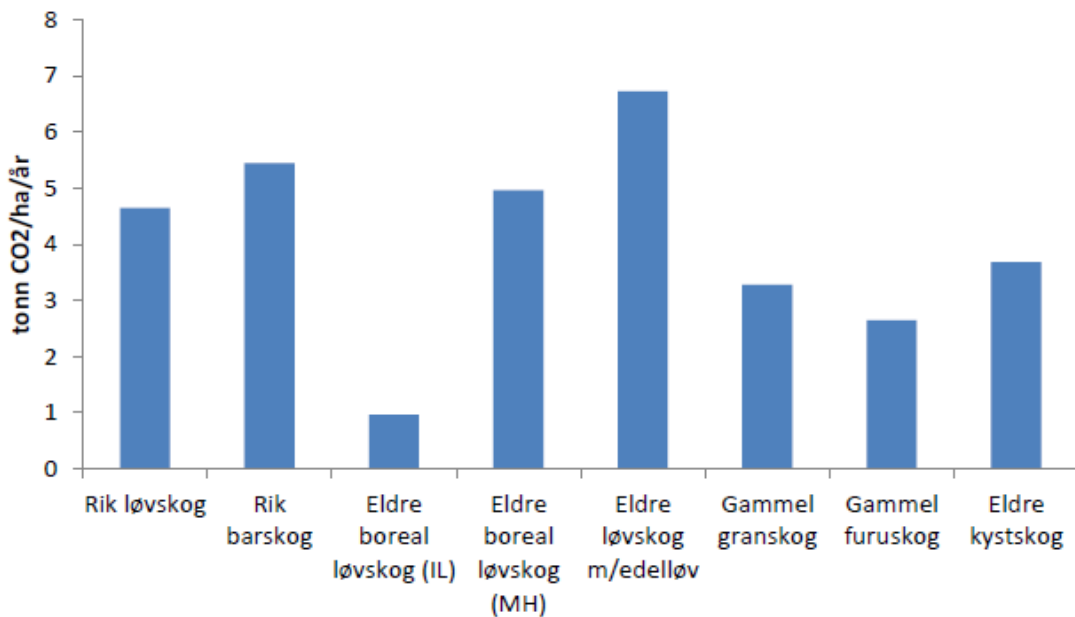
Karbonopptak og -lager kan variere betydelig mellom ulike skogstyper. Figurene nedenfor illustrerer noe av denne variasjonen (Framstad m.fl. 2011). Karbonlageret i de ulike skogtypene de ser på varierer ganske mye per arealenhet, fra 14,4 tonn/hektar⁷ i eldre boreal løvskog (impediment og lavbonitet) til 87,1 tonn/hektar i gammel granskog (Figur 2.1). Figur 2.2 viser opptak av CO₂ per hektar og år for de samme skogtypene (del på 10 for å få tallene fra Framstad m.fl. per dekar).



Figur 2.1 Karbonlager pr arealenhet i 8 skogstyper

Kilde: Framstad m.fl. (2011).

⁷ En hektar er lik 10 dekar eller mål, dvs. 100 X 100 meter = 10 000 m².



Figur 2.2 Årlig CO₂-opptak pr arealenhet i 8 skogtyper

Kilde: Framstad m.fl. (2011).

Karboninnholdet i skogsjord er usikkert

Som påpekt for eksempel av Framstad m.fl. (2013) vet man mindre om karboninnholdet i jorden enn i biomassen i skogen. Dette er et pågående forskningstema. Siden veibygging nødvendigvis medfører at jordlaget påvirkes i stor grad og siden jorden inneholder mye karbon i forhold til trærne, kan karboninnholdet i jordsmonnet være en viktig faktor ved beregning av tap av lager og opptak. Effekten vil avhenge av type jord (for eksempel vil geologiske forhold være viktige), hvor dypt og bredt veien vil gå og hva som gjøres med jord- og andre masser som tas ut. Det er større utfordring å beregne karbontapet i jorden enn i levende trær og død ved basert på erfaringskunnskap. Vi kommer noe tilbake til hvordan karbon i jorden beregnes i dag av for eksempel Skog og Landskap, basert på jordmodellen YASSO.

Hva tømmeret brukes til betyr også noe

For det totale karbonregnestykket betyr det noe hva man antar om anvendelsen av det tømmeret som tas ut. Hvis tømmeret for eksempel brukes til bioenergi, vil dette kunne erstatte produksjon av strøm i kullkraftverk i det europeiske kraftmarkedet. Eller tømmeret kan også gå til treprodukter og bygningsmaterialer som vil binde karbonet i en viss tid. I fagmiljøene har det vært en del diskusjon om bruk av bioenergi er et godt klimatiltak eller ikke. Siden en ved veibygging taper skogen for alltid, vil det ikke være en positiv karbonbindingseffekt å ta hensyn til at skogen vokser til igjen. Som vi kommer tilbake til, legger IPCC til grunn at karbon fra tømmer som fjernes ved arealbruksendring, tapes i sin helhet det året det hugges.

Albedo-effekten diskuteres i økende grad

Den såkalte albedo-effekten, som er et uttrykk for hvilken evne flater har til å reflektere lys, har de senere årene blitt trukket inn i diskusjonen om klimaeffekten av avskoging. Skog har liten evne til å reflektere lys pga. mørke, heldekkende flater (trekroner). Skogen tar derfor opp

det meste av sollyset, og dette bidrar til å forsterke klimaeffekten. Snauhugde flater har høyere albedo-effekt, spesielt om vinteren når arealet er dekket av snø. Nysnø kan reflektere så mye som 95 prosent av sollyset. Dette bidrar til at klimaeffekten av å hugge skog blir lavere enn om en bare ser på karbonet som frigjøres i tømmeret. Foreløpig har en kommet relativt kort i å anslå disse effektene, og IPCC har heller ikke noe krav til rapportering av albedo-effekten.

Albedo-effekten ved fjerning av skog avhenger av hva arealet brukes til. Dersom skogen for eksempel erstattes med (mørk) asfaltert vei, kan albedo-effekten bidra til økt oppvarming, i alle fall i sommerhalvåret. Uansett er dette usikre forhold som en foreløpig vanskelig kan inkludere i beregninger av klimaeffekter, og særlig i slike forenklaede modeller som vil være aktuelle i sammenheng med beregninger av veibyggning.

Andre kunnskapsutfordringer

Det har vært mye debatt i fagmiljøene om karbonlager og -opptak i skog. Noe av dette er diskutert ovenfor. Som nevnt er det utfordringer knyttet til beregning av tapet av karbonlageret, særlig i jorden. Men mer usikkert er trolig hvilken nettobinding en går glipp av på lang sikt ved at skogen fjernes for alltid. Her er kunnskapen fortsatt for dårlig (Framstad m.fl. 2013). Før trodde man for eksempel at eldre skog var karbonnøytral, eller til og med kilde til utslipp ved tilstrekkelig høy alder. Imidlertid tyder flere og flere studier på at skog tar opp karbon lenger enn hogstmoden alder (kanskje opp mot 200 år eller lenger). Norsk skog blir i hovedsak ikke så gammel, selv uten veibyggning, og normalt sett bygges ikke veier i Norge i svært gamle skogsområder bl.a. fordi mange av disse er vernet. Uansett har forutsetningene som legges til grunn om opptaket av karbon i den aktuelle skogen som båndlegges for mange år fremover betydning for karbonanslagene.

3. Mulige beregningsmetoder

3.1 Innledning

Basert på gjennomgangen i kapittel 2 er det klart at beregning av tapt karbonlager i skog ved arealbruksendring *kan* gjøres svært detaljert for å ta hensyn til alle kompliserende faktorer. Som nevnt i kapittel 1 bør valgt detaljeringsnivå blant annet avhenge av ambisjonsnivå, tilgjengelig vitenskapelig kunnskap (som for flere av faktorene er usikker) og av lett tilgjengelig informasjon for den som skal gjennomføre konsekvensanalysen for området en vei vil gå gjennom. For eksempel finnes det sjablongverdier for karbonlager for ulike naturtyper (skog, jordbruksjord, myr osv.) (se Grønlund m.fl. 2010 eller IPCC, som vist nedenfor) som en kan bruke som utgangspunkt, eller en kan gå mer grundig og detaljert til verks og skille mellom ulike skogstyper, alder, treslag, bonitet osv. for de konkrete arealene en vei vil berøre.

Vi tror uansett det er naturlig å ta utgangspunkt i den metodikken som er anbefalt av IPCC og som Norge bruker for rapportering av sitt klimaregnskap. Dette er en allment akseptert metodikk. I neste steg, bør man så vurdere hvordan denne metodikken kan brukes til å anslå klimaeffekter ved veibygging i Norge.

3.2 Metode for rapportering til Klimakonvensjonen

Skog i Klimakonvensjonen⁸

Hvert år rapporteres det fra Norge til Klimakonvensjonen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) årlig nettobinding av karbon/CO₂ i levende biomasse (trærne), i dødt organisk materiale og i jord for arealklasser som skog, dyrket mark, beite, våtmark og annet areal. Den overordnede metoden for måling og beregning av opptak av CO₂ i skog følger i hovedsak IPCCs retningslinjer (IPCC, 2003). Netto opptak av CO₂ forutsettes å være lik brutto opptak av CO₂ (brutto tilvekst) minus utslipp som følge av hugst, naturlig avgang og bruk av biobrensel. Det legges til grunn at CO₂ i all hugst frigjøres samme år som det avvirkes, uavhengig av hva tømmeret brukes til. Dette er i tråd med IPCCs veiledning.

Datagrunnlaget for beregningene kommer fra Landskogstakseringens database.⁹ Denne inneholder ressurs- og miljødata for Norges skogsareal. Her inngår informasjon om blant annet trær og arealtyper fra 17 000 faste prøveflater. For beregninger av CO₂-opptak i skog, og hvor mye CO₂ som tilbakeføres atmosfæren ved avskoging, dvs. som slippes ut (for eksempel som følge av at en vei bygges), brukes beregninger av skogens biomasse som utgangspunkt. Biomassen gjøres om til karbon (biomasse*0,5) og dette igjen regnes om til CO₂ (karbon*44/12).¹⁰ Forandringer i CO₂-opptak beregnes som differansen av CO₂ opptatt av

⁸ Bygger på St.meld. 2011-2012 (Norsk Klimapolitikk).

⁹ Hvert femte år blir hver enkelt flate oppsøkt og klassifisert etter arealtyper. For rapportering under Kyotoprotokollen brukes denne informasjonen til å oppgi hvor store arealer som har gått over fra andre arealtyper til skog, og altså blitt tilskoget, og hvor store skogarealer som er blitt bruk til noe annet, avskoging. Opptak og utslipp av CO₂ i skogen og hvor mye karbon som er bundet i skogøkosystemet, beregnes ut fra tredata som er samlet inn på flater som defineres som skogbruksland.

¹⁰ 1 tonn karbon gir $44/12 = 3,67$ tonn CO₂.

skogen på to tidspunkter delt på antall år mellom de to målingene. For treslagene gran, furu og lauv brukes biomassefunksjoner. For hvert treslag blir det beregnet biomasse for stamme, greiner, bark, nåler/blader, stubbe og røtter. Utgangspunktet for beregningene er trærnes høyde og diameter.

For rapporteringen er det også behov for beregninger av død biomasse fra skog både over og under bakken. Landsskogtakseringen har ingen direkte registreringer av dette, og beregningene foregår derfor ved hjelp av målinger og modeller. Beregningene omfatter tilgang av biomasse fra levende skog, avvirket skog og naturlig avgang til bakken. Videre beregnes omsetning av biomasse fra bakke til jord, og nedbrytning av organisk materiale i jord. Til dette brukes den finske jordmodellen YASSO som beskriver akkumulering av karbon i skogsjord. Årlige endringer i jordkarbon blir beregnet som forandringen i karbonestimat mellom to tidspunkter.

I Norge er det Miljødirektoratet som har ansvaret for klimagassregnskapet og rapporteringen til Klimakonvensjonen, men Institutt for Skog og Landskap gjør beregningene knyttet til (endringer i) karbonbeholdningen i skog og jord i praksis.

Opptak av CO₂ i Kyotoprotokollen

Kyotoprotokollen, som er en avtale under Klimakonvensjonen¹¹, gir ikke Norge anledning til å få godskrevet opptak fra skog fullt ut, fordi det er satt et tak på hvor mye landene kan kreditere i karbonbinding fra skog for første forpliktelsesperiode 2008–2012 (Klif, 2010). Kyotoprotokollen er nå forlenget til 2020. Med dagens regler får et land under Artikkel 3.3 regnskapsført alt opptak og utslipp av klimagasser som følge av aktivitetene skogreising og avskoging (dvs. arealbruksendringer) på områder hvor skogreising og avskoging har funnet sted etter 1990, og deler av opptak og utslipp som følge av de aktivitetene under Artikkel 3.4 landet frivillig velger å rapportere. Norge har valgt å rapportere aktiviteten skogskjøtsel. Taket for hvor mye et land kan regnskapsføre av opptak fra aktiviteten skogskjøtsel under Artikkel 3.4 er for de fleste land satt til 3 prosent av landets klimagassutslipp i 1990. For Norge vil det si 1,5 mill. tonn CO₂-ekvivalenter.

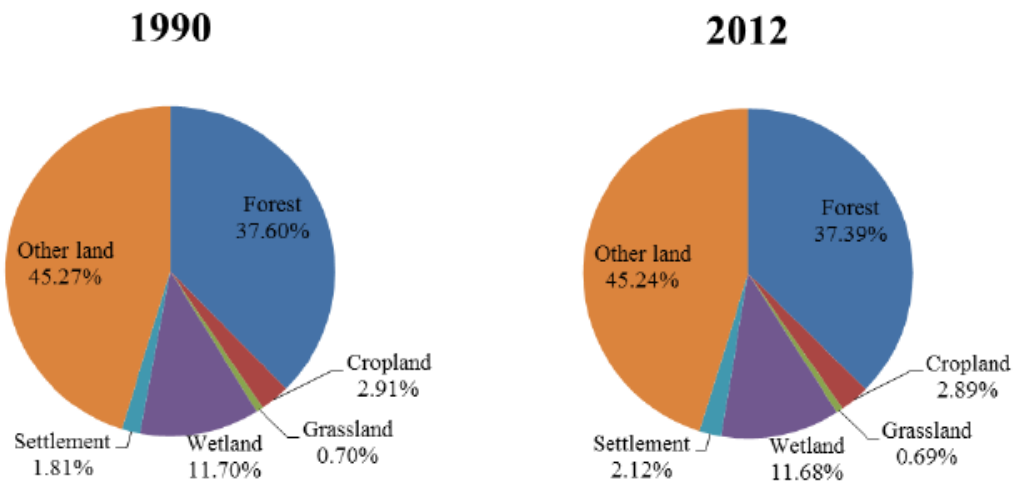
Skogreising etter 1990 vil binde relativt lite karbon i Norge fram til 2020. Avskoging vil på den annen side kunne gi betydelige utslipp siden det oftest er fullvoksen skog som felles. Nyere beregninger viser i følge Klif (2010) at Artikkel 3.3 samlet vil gi et nettoutslipp på 0,1–0,2 mill. tonn per år i Kyoto-perioden og være tilnærmet null i 2020.

Registrering og rapportering av arealbruksendringer

Siste rapportering av endringer i utslipp til Klimakonvensjonen fra Norge er i 2014, basert på data fra 2012, se Miljødirektoratet (2014). Det er gjort en rekke endringer i metode- og datagrunnlaget for rapporteringene i 2013 og 2014 sammenlignet med tidligere rapporteringer

¹¹ Protokollen er underlagt Klimakonvensjonen og rapporteringen for skog er den samme (selv om ikke alt godskrives i Kyotoprotokollen og sistnevnte derfor krever noe supplerende rapportering som vi ikke behøver å gå inn på her).

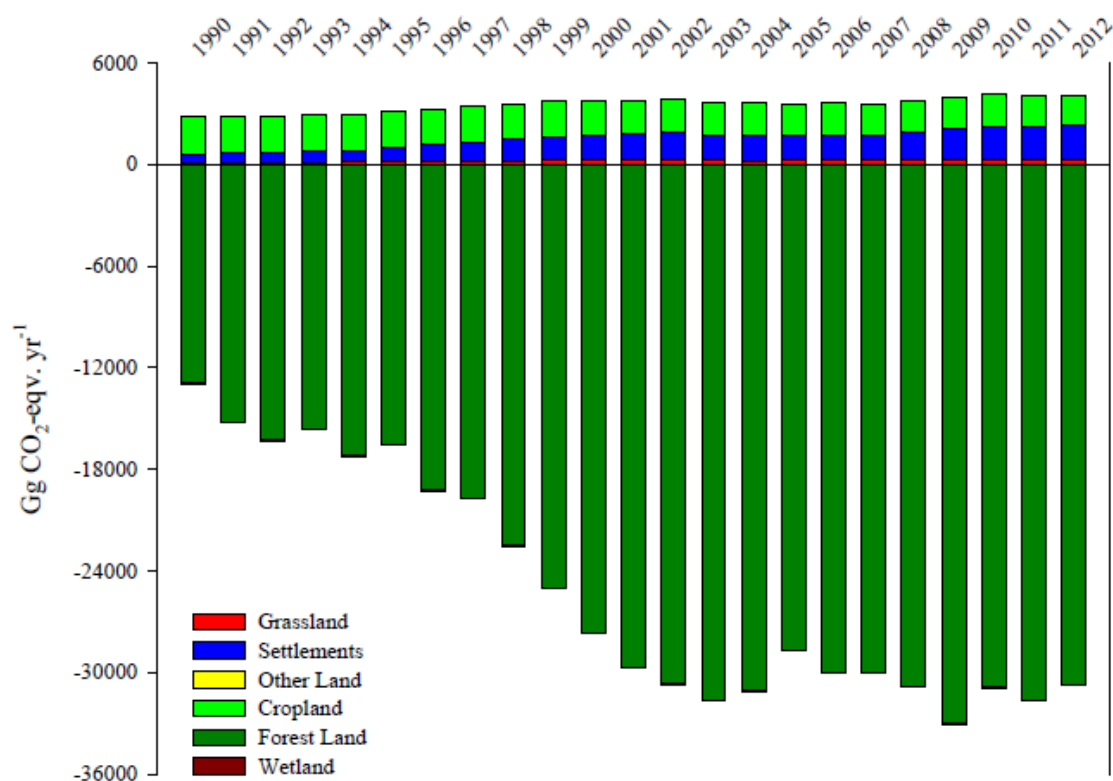
(Miljødirektoratet, 2014, Borgen og Hylen, 2013).



Figur 3.1 Fordeling av norsk landareal på ulike kategorier i 1990 og 2012. Prosent.

Kilde: Miljødirektoratet (2014)

«Settlement» (bebyggd areal) er definert som alle typer arealer som er bygget ned for ulike formål, slik som bygninger, hager og parker, veier, plasser, industrianlegg, kraftgater, utendørs sportsanlegg osv. Figur 3.1 viser at endringen i arealbruk fra 1990 til 2012 er relativt liten, og at det kun er nedbygde arealer som viser en liten økning (fra 1,81 til 2,12 prosent av totalt landareal). Alle andre typer arealer har hatt en nedgang. Dette har ført til at utslippene har blitt mer enn 5 ganger så store, og var på nesten 2 mill. tonn CO₂ i 2012. Alle arealbruksendringene førte til en samlet økning i utslippene på ca. 4 mill. tonn CO₂ i 2012. Netto binding, hovedsakelig i gjenværende skogsareal, var på 26,7 mill. tonn CO₂ i 2012, se figur 3.2. Til sammenlikning var totale utslipp av klimagasser i 2012 på 52,7 mill. tonn CO₂-ekvivalenter.



Figur 3.2 Årlige endringer i opptak (negative tall) og utlipp (positive tall) for ulike arealbrukskategorier for perioden 1990 – 2012 i Norge. 1000 tonn CO₂.

Kilde: Miljødirektoratet (2014)

Netto opptak i figur 3.2 er økningen i bindingen av CO₂ i skog (den negative delen av søylene) minus utlippene som skyldes arealbruksendringer (den positive delen av søylene). I følge Miljødirektoratet (2014) tar beregningene av endringene i arealbruk utgangspunkt i det såkalte "Approach 2" i klimapanelets anbefaling fra 2006, se IPCC (2006). Dette innebærer at en tar utgangspunkt i utvalgte, representative områder og registrerer arealbruksendringene i disse, og så aggregerer disse opp til totalstørrelser for hele landet. Dette er i prinsippet samme fremgangsmåte som en benytter for å anslå endringen i stående biomasse i skog, endringer i død biomasse etc., se ovenfor.

Endring i karbonbeholdning i jord og dødt organisk materiale beregnes ved hjelp av gjennomsnittsverdier

Endringene i karbonlagrene som følge av arealbruksendringer beregnes for levende organisk materiale, død biomasse og jordsmonn. Det tas utgangspunkt i gjennomsnittlige anslag for endringer i karbonbeholdningen for de enkelte typer arealer (se tabell 3.1), og multipliserer disse med størrelsen på de endrede arealene.

Tabell 3.1 Årlige endringer i karbonbeholdningen i jord og dødt organisk materiale (DOM) for ulike typer land som konverteres til bebygd areal. Tonn CO₂/dekar/år.

	Jord	DOM	Avfall/strø	Død ved	Totalt
Skogsarealer	-0,2	-1,21	-1,12	-0,09	-1,41
Dyrkede arealer	-0,30	0			-0,30
Beitemark	-0,36	0			-0,36
Våtmarksområder	-0,32	0			-0,32

Kilde: Miljødirektoratet (2014, side 344), oversatt og omregnet fra tonn C/ha/år fra opprinnelig tabell.
Note: DOM = Avfall/strø + død ved.

I utarbeidelsen av anslagene i figur 3.1 er det antatt at karbonbeholdningen i avfall/strø og død ved i en gjennomsnittlig norsk skog forsvinner over en 20-års periode. På samme måte baseres endringene i karbonlagrene i jord på gjennomsnittlig karboninnhold for de ulike arealbrukstyper og en antakelse om at det ved konvertering til annen arealbruk oppstår et 20 prosent tap i karbonlageret over 20 år i forhold til opprinnelig arealbruk. Dette er basert på en anbefaling i IPCC (2006) om at alle arealer som endrer bruk vil være «in transition» (under konvertering) i 20 år.

Dette er en noe enklere fremgangsmåte enn hva som benyttes når opptak av CO₂ i skog skal beregnes. Vi har fått bekreftet fra Institutt for Skog og Landskap at det i rapporteringen er lagt til grunn den mest oppdaterte kunnskap på området, og at disse anslagene ikke nødvendigvis er helt like eller sammenliknbare med tidligere presenterte anslag, f.eks. i Grønlund m.fl. (2010) (se nedenfor). Usikkerheten i faktorene er, som vi var inne på i kapittel 2, sannsynligvis størst for binding i jord, hvor en i Norge ikke har så stort datamateriale å bygge på, og hvor det også er stor vitenskapelig usikkerhet. Det er i følge Skog og Landskap sannsynlig at det tar lengre tid å bryte ned karbonlageret i jordsmonnet enn de 20 årene som IPCCs retningslinjer legger til grunn. Utslippsfaktoren for Død ved i tabell 3.1 er i følge Skog og Landskap basert på historisk hugst, og er i langt større grad enn utslippsfaktorene for Jord og Avfall/strø stedsspesifikke.

Endring i karbonbeholdningen i stående tømmer beregnes ved bruk av biomassefunksjoner

Tabell 3.1 inneholder ikke data for frigjøring av CO₂ fra tømmeret, som i følge IPCCs retningslinjer skal regnes som utslipp det året tømmeret hugges. Det har vist seg vanskelig å få tilgang til data for disse utslippene på et detaljningsnivå som kan benyttes til å anslå utslippene fra spesifikke arealer. Dette er uansett kanskje for detaljert for SVV's behov. I Viken (2012) presenteres imidlertid estimerte funksjoner for beregning av biomasse i skog som i følge Institutt for Skog & Landskap tilsvare de som benyttes ved rapporteringen til UNFCCC. Det vises bl.a. til Marklund (1988) og Peterson et.al. (2012). Det er estimert funksjoner for beregning av biomasse for ulike deler av treet, røtter m.v. for gran, furu, løvtrær og blandet skog. Biomassen kan i disse funksjonene beregnes på grunnlag av opplysninger om stammevolum per arealenhet og bonitet. Stammevolum angis i volumklasser (0 – 5 m³/da, 5 – 10 m³/da osv.), og må observeres i det enkelte tilfelle. I følge Skog og Landskap (Aksel Granhus, pers. komm.) ligger gjennomsnittlig stammevolum for all norsk produktiv skog i dag på ca. 10 m³/daa.

Bonitet gir uttrykk for markas evne til å produsere trevirke. Høy bonitetsverdi angir stor produksjonsevne, og det er altså en stigende sammenheng mellom volum/arealenhet og bonitet.

Vi har tatt utgangspunkt i funksjonene for stamme og bark, for å komme fram til anslag for frigivelsen av CO₂ fra levende biomasse det året skogen hugges, og som skal legges til anslagene i tabell 3.1. for å få total mengde CO₂ som slippes ut. Tabell 3.2 gir en illustrasjon av spennet i anslagene for ulike typer trær og utvalgte volumklasser. Boniteten er for enkelhets skyld satt til 14 (om lag «midt på treet») for alle typer skog.

Tabell 3.2 Eksempler på utslipp av CO₂ fra stamme og bark ved hugst av ulike typer trær, bonitet 14. Tonn CO₂/dekar (daa).

Volumklasse (m ³ /daa)	Gran	Furu	Løvskog
3	2,2	2,3	2,7
10	7,3	7,1	9,1
30	22,1	21,5	28,5

Kilde: Viken (2012), Vista Analyse

Tabell 3.2 viser at mengden CO₂ som frigjøres varierer betydelig med volumklasse, og at variasjonene er langt mindre mellom de forskjellige treslagene innenfor samme volumklasse. Dette viser at gammel skog har bundet mye karbon, mens yngre skog har mindre karbonlager. Det vil derfor være svært viktig å fastsette volumklassen for skogen i de arealene som skal bygges ned. Som nevnt ovenfor ligger volum-gjennomsnittet for all produktiv skog i Norge i dag på ca. 10 m³/daa. 30 m³/daa representerer relativt gammel skog som en antakelig relativt sjelden vil komme borti i forbindelse med veibygging.

Faktorene i tabell 3.1 viser utslipp per dekar per år over en 20-års periode, mens faktorene i tabell 3.2 er totalt per dekar, noe som illustrerer at det meste av karbonet som er lagret i skogen ligger i jord og avfall/død ved. Dette illustrerer med tall den mer generelle diskusjonen vi hadde i kapittel 2.

3.3 Andre beregningsmetoder

Det finnes ulike metoder basert på livsløpsanalyse (LCA)¹² (for eksempel Ecoinvent, som brukes i modulen for energiforbruk og klimagassutslipp i EFFEKT), men disse er ikke alltid offentlig tilgjengelig og er nok i stor grad allerede basert på IPCC. Det samme gjelder også såkalte "carbon footprint", miljøsertifiseringsverktøy og miljødeklarasjoner (som for eksempel EPD 2013). Siden Ecoinvent og EPD ofte benytter generelle tall for større områder enn et land, og fordi det som nevnt kan være betydelige forskjeller mellom CO₂-binding i skog mellom ulike regioner, vil generelt metoder som legger norske forhold til grunn være å foretrekke.

¹² LCA – life cycle analysis

Praksis i Jernbanelinjer og Trafikverket

Jernbanelinjer (JBV) beregner ikke frigjøring av CO₂ som følge av nedbygging av skog og andre arealer ved bygging av nye jernbanespor. Den såkalte Høyhastighetsutredningen, som vurderte konsekvenser av bygging av et nett av linjer for høyhastighetstog i Norge, peker på nedbygging av skog, uttørking av myrer og andre arealbruksendringer ved bygging av nye jernbanelinjer som en potensielt betydelig kilde til utslipp av CO₂ (Misa, 2012). Det ble også pekt på at albedoeffekten som følge av fjerning av skog for jernbanelinjer kan ha positiv klimaeffekt. Fordi man anså de foreliggende estimatene som for grove, blant annet fordi de ikke skilte mellom ulike typer arealbruksendringer, ble det ikke forsøkt å beregne klimaeffektene som følge av arealbruksendringer.

Trafikverkets (Sverige) nye tidligfaseverktøy for beregning av klimagassutslipp tar heller ikke med utslipp for avskoging. Det er altså på samme nivå som EFFEKT i så henseende (se kapittel 4).

SVV, JBV og Trafikverket har i fellesskap utarbeidet PRC (Product Category Rules) som ble ferdig i 2013 og som skal være retningsgivende for hvordan LCA skal utføres. Her er det under pkt 6.3 «Boundary towards nature» tatt inn en «bestemmelse» om at endring i utslipp «due to land use» skal være med i analysene.

Andre beregninger av karbonbinding for norske forhold

En sentral publikasjon for karbonbinding i ulike markanvendelser i norsk sammenheng er Grønlund m.fl. (2010), som vi også har referert tidligere. Grønlund m.fl. (2010) estimerte karbonmengder i fire norske naturtyper: jordbruksareal, skog, myr og åpen fastmark. Total karbonmengde for skogsareal er gjengitt i tabell 3.3 (ikke omregnet til per arealenhet) og for skogsjord (totalt og per arealenhet) i tabell 3.3.

Estimert karbonmengde i skog i deres rapport er henholdsvis 13,2 tonn CO₂ per daa i vegetasjon, 45,5 tonn per daa i jord; totalt 58,7 tonn C per dekar skog (Tabell 3.3). Myr er den naturtypen som har desidert høyest C-innhold per dekar i deres rapport: 47,5 tonn C per dekar.¹³

Tabell 3.3 Estimert karbonmengde i naturtyper i Norge.

	Areal, km ²	Millioner tonn CO ₂			Tonn CO ₂ /dekar		
		Vegetasjon*	Jord	Totalt	Vegetasjon*	Jord	Totalt
Jordbruksareal	11000	18,35	734	752,35	1,47	67,16	68,63
Skog	125000	1651,5	5688,5	7340	13,21	45,508	58,72
Myr (ekskl. torvmark)	20000		3486,5	3486,5			174,325
Åpen fastmark	143000		3670	3670			25,69
Totalt	299000	1669,85	13579	15248,85			51,013

*Omfatter også død vegetasjon i skog

Kilde: Grønlund m.fl. (2010), Vista Analyse

¹³ Merk at i tabell 3.1 er konvertering av myr til bebygd areal gitt en langt lavere verdi enn i tabell 3.3. Det er uklart hvorfor verdiene spriker spesielt mye for denne naturtypen. Hvis en også skal inkludere denne arealkategorien, bør dette undersøkes nærmere (se kapittel 6).

Tabell 3.3 er ikke direkte sammenlignbar med tabell 3.1, fordi tallene i tabell 3.3 viser beholdningen av CO₂ og ikke årlig tap ved konvertering. Videre er det ikke klart om Grønlund m.fl. regner med de samme kategoriene som Miljødirektoratet (2014). Fordi tallene fra Miljødirektoratet og de underliggende biomassefunksjonene som er brukt for stående tømmer er nyere og representerer de offisielle tallene som rapporteres fra Norge, vil vi benytte disse. I følge Skog og landskap (pers. medd., mai 2014) har det skjedd en del med kunnskap og beregningsmetodikk siden Grønlund m.fl. sin publikasjon slik at disse verdiene ikke nødvendigvis er de samme som dem som brukes for rapporteringen under klimakonvensjonen. Dette taler for å benytte tallene som er rapportert til UNFCC (gjengitt i Tabell 3.1).

Det er også andre norske studier som beregner karbonbinding i skog, bl.a. Framstad m.fl. (2011) og Øyen (2008) (spesielt om karbonbinding i kystskog).

Metodikker som benytter livsløpsanalyser

Det er flere metoder som baserer seg på livsløpsanalyser, så som Econinvent (se nærmere omtale i neste kapittel). Generelt kan en si at LCA-verktøyene er mindre utviklet for å anslå konsekvenser for areal- og naturinngrep, enn bruk av energi, materialer osv. LCA har tradisjonelt vært opptatt av miljøkonsekvenser av ulike produkter og systemer fra vugge til grav. For fjerning av skog, er det kun bruk av hogstmaskiner som har en "livsløpshistorie" når det gjelder de materialer som har inngått i produksjon av maskinen, bruk av drivstoff osv. Slike effekter bør eventuelt inkluderes som delberegning av utslipp ved anleggsarbeid i dagens EFTEKT.

Vi har vært i kontakt med eksperter på livsløpsanalyse som nevner at det ikke er noen generell standardmetodikk for håndtering av klimaeffekter ved veibygging. Og så vidt vi har kunnet bringe på det rene, er det ingen omforent forståelse av eller metodikk for håndtering av CO₂-utslipp fra omgjøring av skog til bebygd areal i livsløpsanalyser. Hvordan effekter håndteres er blant annet i stor grad avhengig av formålet med analysen. Trolig er det derfor uansett bedre å forholde seg til IPCC's anbefalinger hvis man ønsker å inkludere tapt CO₂-binding når skog bebygges.

Klimakalkulatorer for norske forhold

Til slutt vil vi nevne at det er utviklet ulike klimakalkulatorer av norske fagmiljøer. Disse inkluderer:

- Klimakalkulatoren til Klimaløftet
- Klimakalkulatoren til MISA (Program for industriell økologi, NTNU)
- Klimakalkulatoren utviklet av Vestlandforskning
- Klimakalkulatoren til Klif
- Skogbrukets klimakalulator (se eksempel på denne i Figur 3.3 nedenfor)¹⁴

Flere av disse kalkulatorene er for eksempel laget for at husholdninger skal kunne beregne sitt klimafottrykk og er ikke egnet for beregning av tap av CO₂ ved veibygging. Skogbrukets klimakalulator (se figur) er derimot bedre egnet. Imidlertid er de underliggende antagelsene

¹⁴ <http://www.skogogklima.no/>

og funksjonene som ligger til grunn for beregningene ikke åpent tilgjengelig. Det er uansett bedre å benytte en metodikk som mer direkte er basert på Norges klimarapportering, og vi har ikke gått nærmere inn på denne kalkulatoren.

Skogbrukets klimakalkulator

Om dette nettstedet

Skogtilstand

Treslag	Stående volum (m ³)	Årlig tilvekst (m ³)
Gran	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Furu	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lauv	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Produksjonsevne m³ pr år

Biomasseberegning

Vil du se hva skogen binder om vi i tillegg til stammevolumet tar med greiner, røtter og topper?

Vil du se hva skogens årlige tilvekst binder om vi legger til greiner, røtter og topper?

Hogstklasse	%-vis fordeling
Ikke fornyget 1	<input type="text"/>
Ungskog 2	<input type="text"/>
Yngre produksjonsskog 3	<input type="text"/>
Eldre produksjonsskog 4	<input type="text"/>
Hogstmoden skog 5	<input type="text"/>

Dette er en kalkulator der du som skogeier kan finne ut hvilken innsats skogen din gjør i kampen for et bedre klima. Ved å fylle inn riktige data fra din skogbruksplan, gir kalkulatoren også en tilstandsrapport og råd om hva som skal til for at den aktuelle skogen kan bli en enda mer effektiv CO₂-fanger.

Finn fram skogbruksplanen og legg inn grunnlagsdata i venstre kolonne:

- Skogtilstand
- Skogbehandling
- Trebruk og bioenergi

Når du har fylt inn og gjort dine valg, klikker du **Beregn** nederst i venstre kolonne og får opp resultater i det hvite tekstfeltet til høyre. Om ønskelig kan du endre forutsetninger og klikke **Beregn på nytt** for å se effekten av disse endringene umiddelbart.

Du finner hjelp til innfylling av skjema under de respektive blå informasjonsbokser . Tilsvarende bokser dukker opp til høyre når du har fått resultatene. Disse gir informasjon om grunnlaget for beregning.

Vil du starte med en ferdig utfylt eksempelskog? [Klikk her.](#)

Kommuner og fylker

Kalkulatoren kan også brukes av kommuner og fylker for å finne skogens muligheter i klimasammenheng. Skogbruksansvarlige i kommunene vil ha tilgang til de aktuelle data. Kalkulatoren kan dermed være et nyttig verktøy i arbeidet med å lage kommunale klima- og energiplaner. Fylkesdata for skogtilstand kan hentes ut fra Landsskogtakseringen på Skog og landskaps nettsider.

Skogbrukets klimakalkulator er utviklet av Det norske Skogselskap i samarbeid med Skogbrukets Kursinstitutt og med økonomisk støtte fra Landbruks- og matdepartementet.

Skogbehandling

Sett inn det treantallet du i gjennomsnitt mener du har på fornygelsesfeltene dine.

Benytter du naturlig fornygelse av gran selv om skogbruksplanen anbefaler planting?

Går du over gran-fornygelsesfeltene dine og suppleringsplanter ved behov?

Benytter du foredlet plantemateriale når du planter gran?

Vil du benytte gjødsling som et tiltak for å øke tilveksten?

Hvis ja: areal som kan gjødsles, hogstklasse 4:

Bonitet G11/G14 (dekar)

Bonitet F14/F17 (dekar)

Trebruk og bioenergi

For å beregne nettoeffekt (tilvekst - hogst) og effekten av trebruk og bioenergi trengs antatt årlig hogstkvantum.

Hogstkvantum, m³

Figur 3.3 Skogbrukets klimakalkulator

Vista Analyse

21

4. Dagens metoder for beregning av klimagasser og rapportering av skog i SVV's håndbøker og verktøy

4.1 Innledning

Metoden som skal brukes for å anslå tap av CO₂ ved veibygging i skogsområder bør legges nært opp til den metodikken som allerede er i bruk for å beregne klimagassutslipp fra bygging, drift, vedlikehold og transport. Vi gir derfor først en kortfattet gjennomgang av denne. Videre bør en metodikk som skal dekke skog, bygge på den informasjonen (for eksempel ulike arealtyper og størrelse på disse) som utrederne uansett samler inn i konsekvensanalyseprosessen. Andre halvdel av dette kapitlet gir en oversikt over hvilken informasjon som skal innhentes i henhold til håndbok 140.

4.2 SVV's metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for veiprosjekter

Arbeid i regi av Statens vegvesen

Statens vegvesen (2009) utviklet en metodikk for beregning av energibruk og klimagassutslipp i nye veiprosjekter for implementering i nytte-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT. Arbeidet bestod i å utvikle metoder for å beregne material- og energiforbruk knyttet til bygging av veier, samt drift og vedlikehold og transport på disse. Det ble også utarbeidet en database med utslippskoeffisienter for klimagasser for disse ulike materialene og energibærerne. Høsten 2009 ble det igangsatt et samarbeid mellom Jernbaneverket, Kystverket, Avinor og Statens Vegvesen om utvikling av en felles metodikk for beregninger av klimagassbudsjett, som ikke var ferdigstilt da Statens Vegvesen (2009) ble avsluttet. SINTEF har senere utarbeidet en modul for klimagassutslipp til EFFEKT (SINTEF 2011)

Vi vil her gjengi noen hovedtrekk fra denne metodikken fordi det er av betydning å kjenne disse når man skal foreslå et tillegg til de elementer som allerede inngår. Vi vil ikke gi en fullstendig beskrivelse, men har trukket fram de elementene vi mener er av størst betydning for å vurdere hvordan klimagassutslipp fra skogshugst kan inkluderes i beregningene.

Livsløpsanalyser (LCA) ligger til grunn for metodikken

Metoden som ble utviklet (Statens vegvesen 2009) for å beregne CO₂-utslipp omfatter material- og energibruk i bygge- og bruksfasen for veiprosjekter med en analyseperiode på 25 år. Analyseperioden er senere utvidet til 40 år. Livsløpsanalyse (LCA)-metodikk ligger til grunn. Det vil si at man søker å inkludere energibruk og klimagassutslipp som oppstår i hele verdikjeden fra uttak av råmaterialer til avhending etter endt analyseperiode. For opprettelse av koeffisienter for energibruk og klimagassutslipp for de ulike materialene er databasen Ecoinvent benyttet. Ecoinvent er en eksisterende database utviklet for bruk i livsløpsanalyser og inneholder utslipp for en rekke prosesser (materialer, energibærere, produkter, transportarbeid osv.). Prosessene som er benyttet i SVV, er tilpasset og analysert ved bruk av LCA-verktøyet SimaPro.

Prinsipper, avgrensinger og elementer som inngår

Det er lagt opp til at beregningene gjøres på et relativt overordnet nivå i dagens klimagassmodul (SINTEF 2011). Blant annet har det vært viktig å begrense arbeidsmengde ved å skaffe nødvendige inndata til delberegningene, og man har ønsket at man i størst mulig grad skal bygge på opplysninger som uansett skal inkluderes i EFFEKT.

Det er lagt opp til å gjøre energi- og utslippsberegninger for følgende faser:

- Bygging (byggefase)
- Drift og vedlikehold (bruksfase)
- Transport (bruksfase)

Resultatene spesifiseres innenfor hver av disse hovedgruppene og samlet

De veielementene som inngår er: vei i dagen, tunnel, bro, ferge. For hvert veielement er det gjort en inndeling i ulike operasjoner som det beregnes energiforbruk og klimagassutslipp for, f.eks. sprengning av fjellmasser for vei i dagen eller for tunnel, volum av betong i bro, materialer til bygging av ferger. Basert på gjennomgang i Statens Vegvesen (2009) er det gjort beregninger for en rekke materialtyper som inngår i alle faser (bygging, drift og vedlikehold, transport), bl.a. asfalt, pukk, sprengstein, stål, betong, armering, maling, kobber, plast, diesel, elektrisitet osv. (for full oversikt over materialtyper og hvilke elementer og faser de inngår i, se SINTEF 2011: tabell 1).

Det påpekes at det er gjort en rekke avgrensninger, og at det ikke er mulig å ta hensyn til alle elementer som bidrar til klimagassutslipp i de ulike fasene. Ved utvikling av metodikken (SVV 2009) er det på generelt grunnlag vurdert hvilken betydning de enkelte bidragene vanligvis vil ha på helheten, og på dette grunnlag utelatt en del elementer.

De viktigste avgrensningene som er gjort, er listet opp i SINTEF (2011, s. 4):

- Utslipp knyttet til anleggsperioden (f.eks. anleggsveier, rigg) er ikke med
- Energiforbruk og utslipp ved fremstilling av transportmidler er ikke inkludert, med unntak av ferger.
- Veielementer som grøfter, kummer og rør, støyskjermingstiltak, signalanlegg, fergekaier, rasteplasser, rasoverbygg, større murer eller andre kunstbygg er ikke med
- Utslipp knyttet til vinterdrift av veinettet er ikke med, blant annet fordi en del av de aktuelle kjøretøyene inngår i den ordinære trafikken på det aktuelle veinettet
- Opprydding og sanering etter utløpt brukstid blir ikke inkludert i beregningene
- Gjenbruk er inkludert kun i begrenset omfang (reasfaltering, aluminium)

Lenkevise beregninger

Klimagassutslippene beregnes for hver lenke som er etablert for hvert veinett i EFFEKT. Beregningene for de forskjellige fasene avhenger av lenketype (f.eks. vil nullalternativet bare inneholde drift og vedlikehold og transport, mens ny vei også vil inkludere utslipp under bygging).

Det er benyttet samme levetid for alle veielementer. Det beregnes årlige mengder for de materialtypene og operasjonene dette er aktuelt for. Dette gjøres ved at totale mengder for en prosess (f.eks. en sprengning) divideres med antall år som er definert som levetid. Levetiden er som standard satt til 40 år (SINTEF 2011).

Resultater som fremkommer

Beregningene gir totale resultater for energibruk og klimagassutslipp for det aktuelle veiprojektet. Totale globale utslipp beregnes, og det skiller ikke mellom utslipp i og utenfor Norge.

Utslippene kan oppgis for ulike faser, og eventuelt for hvert år og samlet.

Nøyaktighet i beregninger

For å få et inntrykk av nøyaktigheten eller presisjonen i beregningene som gjøres, vil vi kort beskrive et eksempel på hvordan klimagassutslippene beregnes for «vei i dagen». Med utgangspunkt i gjeldende håndbok for vei- og gateutforming er det beregnet ulike mengder av materialforbruk i de ulike lagene av veien, som fast dekke (slitelag, bærelag, forsterkningslag), grusdekke, osv. og beregnet hvor mye materialer av ulike slag som inngår ved veier av ulik bredde og type. Så er det, basert på informasjon i Ecoinvent, og delvis tilpasset norske forhold (og norsk og nordisk elektrisitetsmiks) utarbeidet koeffisienter for klimagassutslipp. F.eks. viser tabellen (SINTEF 2011; tabell 12) at bruk av ett tonn asfalt gir et utslipp på 28,87 kg CO₂-ekvivalenter ved norsk el-miks og 30,39 kg CO₂-ekvivalenter ved nordisk el-miks. Likeledes gir ett tonn aluminium henholdsvis 6 994,66 og 7 008,51 kg CO₂-ekvivalenter.

Utslipp fra ulike faser i eksempelberegning

I SVV (2009) er det beregnet klimagassutslipp for et veiprojekt, strekningen Alvheim – Solli, som er en del av veiprojekt E6 i Østfold. Prosjektet gjaldt en utvidelse av eksisterende E6 med to nye kjørefelt, 10 km ny motorvei med 11 meter bredde. Det inkluderte 850 meter tunnel, omlegging av veier, landskapstilpasning, støyskjerm, belysning, vann og avløp (drenering og to nye broer, forlengelse av to kulverter og tre nye miljøtunneler/-portaler). Dette eksempelet ble gjort før EFFEKT-modulen var utarbeidet, men bygger på samme grunnlag (SVV, 2009). Vi vil derfor benytte det eksempelet for å få et visst inntrykk av hvor store klimagassutslipp man kommer fram til, og hvilke faser (og eventuelt elementer) som bidrar mest.

I eksempelet er klimagassutslipp knyttet til bygge- og driftsfasen over en analyseperiode på 25 år¹⁵ beregnet. I byggefasen er de viktigste materialene som inngikk i de ulike veielementene inkludert; sprengstein (forsterkningslag), stål (rekkverk), betong (tunneler, tunnelportaler og broer), armering (tunneler, tunnelportaler og broer), asfaltmembran (broer) og PE-skum (tunneler). Videre er sprengning, transportarbeid, anleggsmaskiner og elektrisitet knyttet til byggingen inkludert. I bruksfasen er re-asfaltering og elektrisitetsforbruk (veibelysning, pumper og belysning i tunneler) tatt med.

Totalt for analyseperioden kom man til at utslippene fra hele byggefasen og driftsfasen er 6515 tonn CO₂-ekvivalenter. Dette fordeles med 2614 tonn for konstruksjon, 541 for re-asfaltering, 2707 for drift (elektrisitet) og 563 på trafikk (Statens vegvesen 2009).

Det er verdt å merke seg at disse tallene gjelder for hele strekningen.

¹⁵ Som nevnt er standard analyseperiode i EFFEKT-modulen endret til 40 år.

4.3 Rapportering av skogdata i følge dagens håndbok 140 (utkast per juni 2014)

Nedenfor gjengis hvilke registreringer/kartlegginger som skal gjøres for skog i følge dagens håndbok.¹⁶

Tabell 4.1 Forslag til kilder for informasjon om skogsarealer i dagens håndbok 140 (Kilde: Håndbok 140 (utkast juni 2014); Utdrag av tabell 6-16 om Aktuelle informasjonskilder)

KILDE	BESKRIVELSE
Landbruk	
http://kilden.skogoglandskap.no/map/kilden/index.jsp	<p><i>Markslog</i> (FKB-AR5) gir detaljert arealressursinformasjon for hele Norge. FKB-AR5 gir detaljert informasjon om jordbruksarealene, samt informasjon om skogområdene (bonitet).</p> <p><i>Dyrkbar jord</i> gir informasjon om arealer som kan settes i stand til fulldyrka jord.</p> <p><i>Jordkvalitet</i> gir detaljert informasjon om egenskapene til jordbruksarealene som er jordsmonnskartlagt.</p> <p><i>Arealressurser</i> (AR50) gir også informasjon om arealtyper i fjellområder.</p>
http://www.norgeskart.no	Digitalt eiendomskart (DEK) når en zoomer inn til lokalt nivå

Om det som skal registreres sier håndboken (kapittel 6.7.):

«Det skal utarbeides en oversikt over de enkelte naturressursene i planområdet. Registreringen skal kartfestes og vises med fargekoder. Registreringene gjøres mer detaljert innenfor planområdet enn innenfor de områdene som bare blir indirekte berørt (resten av influensområdet). Tabellen viser hvilke typer naturressurser som skal registreres og beskrives i analysen (registreringskategorier). Ikke alle registreringskategoriene vil være like relevante i alle prosjekt. Hva som skal tas med, må vurderes ut fra planområdets og influensområdets egenskaper.

Registreringskategoriene danner utgangspunkt for å dele opp planområdet/influensområdet i **enhetlige delområder**. Inndelingen må være hensiktsmessig for å kunne skille mellom de ulike alternativene.

Delområdene skal kartfestes..»

¹⁶ Vi har tatt utgangspunkt i versjonen som foreligger per 18. juni 2014.

Tabell 4.2 Beskrivelse av det som skal registreres for skog.

Registreringskategori	Beskrivelse
Skogbruk	Her registreres bonitet og hogstklasse (alder). To viktige faktorer som ikke er fanget opp andre steder er skogens evne til å binde CO ₂ , og skogområders rolle i vannhusholdning og erosjonskontroll. Når det gjelder CO ₂ -binding vil den øke med skogens produksjonsevne (bonitet) ¹⁷ .

Kilde: Håndbok 140 (utkast juni 2014); Utdrag av Tabell 6-17 om Registreringskategorier for naturressurser.

¹⁷ Det pågår fortsatt en debatt i fagmiljøene om hvorvidt foryngelse av hogstmoden skog bidrar til netto binding av CO₂. Enn så lenge legger vi til grunn at normal skogsdrift, med skogskjøtsel og uttak av virke, bidrar positivt til binding av CO₂, og beholder derfor verdikriteriet knyttet til driftsforhold i tillegg til bonitet.

5. Forslag til beregningsmetode

I dette kapitlet gis en vurdering av om og eventuelt hvordan frigjøring av karbon fra skog som benyttes til veibygging kan håndteres i Statens vegvesens klimamodul. Først presenteres et regneeksempel for å illustrere typisk omfang i et konkret veiprojekt.

5.1 Et regneeksempel

Vi tar utgangspunkt i veistrekningen Alvheim – Solli som ble bruk som regneeksempel i avsnitt 4.1 ovenfor. Den gjaldt utvidelse av E6 i Østfold med to nye kjørefelt på en strekning på 10 km med 11 meters bredde. Dette gir et arealbehov på i alt 110 dekar. Dersom vi som en illustrasjon forutsetter at denne strekningen går gjennom et tidligere skogsområde, kan vi sammenlikne CO₂-tapet som følge av nedbyggingen av denne skogen med CO₂-utslippene knyttet til bygging og drift av veistrekningen. Vi anslår følgende utslipp som følge av arealnedbyggingen:

Tabell 5.1 Eksempel på utslipp av CO₂ som følge av nedbygging av skog for en veistrekning på 110 dekar. Tonn CO₂.

Utslipp i år 1 fra tømmeret som hugges*	265 – 2 644
Utslipp per år fra jord og dødt organisk materiale	155
Utslipp fra jord og dødt organisk materiale over 20 år (= totale utslipp fra denne delen av skogen, ikke neddiskontert)	3 100
Totalt utslipp over en 20 års periode (ikke neddiskontert)	3 365 – 5 744

*Bonitet 14, 3- 30 m³/da (gjennomsnitt for 3 typer skog)

Kilde: Vista Analyse

Tabell 5.1 viser at utslippene av CO₂ som følge av nedbygging av skog domineres av de årlige utslippene fra jord og dødt materiale. De samlede utslippene kan være på størrelse med om lag halvparten av eller opp mot nivået på de samlede utslippene fra bygging og drift over 25 år fra veistrekningen (6 515 tonn CO₂-ekvivalenter). Det er stor usikkerhet knyttet til disse tallene, spesielt utslippene fra jord og dødt organisk materiale. Dette gjelder både årlige utslipp og forutsetningen om at utslippene skjer over en 20-års periode. Merk at 20-års forutsetningen er naturfaglig fundert og uavhengig av at analyseperioden er 40 år.

Tallene indikerer at frigjøringen av karbon som følge av veibygging i skog kan utgjøre såpass store utslipp at det virker fornuftig å inkludere dette i Statens vegvesens CO₂-beregninger. Det er også mye som taler for at når man legger en livsløpsvurdering til grunn, som det gjøres i SVV's klimamodul, er det ønskelig at omgjøring av skogsareal til vei inkluderes. Nedenfor presenteres et forslag til hvordan dette kan gjøres.

5.2 Forslag til metode dersom CO₂ fra bygging av vei på skogsareal skal inngå

Vi foreslår at følgende legges til grunn ved beregningen:

- 1) Det etableres en enkel Excel-regnearkmodell for å beregne tapet av CO₂ som følge av veibygging på skogsareal. For beregning av utslipp fra jord og dødt organisk materiale legges tallene fra tabell 3.1 inn (1,41 tonn CO₂/daa/år). For beregning av utslipp fra stående masse som hugges kan funksjonene fra Viken (2012) legges inn, jfr. tabell 3.2. De to verdiene for tap av CO₂ som da framkommer legges så sammen i modellen til et totalt anslag for tapt lager (jfr. tabell 5.1).
- 2) Brukeren legger inn antall dekar skogsareal som hugges som følge av at en viss veilenke skal bygges. Veilenken det beregnes areal for må tilpasses de veilenker prosjektet deles opp i, og som det registreres skogsareal for.
- 3) Det tas utgangspunkt i standard definisjon av «skog» - se fotnote 4. For beregning av utslipp av stående masse må brukeren legge inn opplysninger om type skog (gran, furu løvskog, evt. kan blandingskog også legges inn), stammevolum (hogstklasse) og bonitet. De to sistnevnte opplysningene innhentes allerede i dag i veiprosjektene (jfr. tabell 4.2 ovenfor), slik at det ikke skulle innebære særlig merarbeid å ta inn dette.

Dette er en ganske enkel tilnærming og som raskt kan etableres. Vi mener dette er hensiktsmessig siden dette følger den offisielle rapporteringsmetoden for omgjøring av areal, og bygger på informasjon som uansett skal samles inn som del av utredningsarbeidet knyttet til planlegging av veier (dvs. areal typer og størrelser på båndlagte arealer). Det er også i tråd med de relativt lite detaljerte beregningene og sjablongverdiene som benyttes for øvrige elementer som inngår i EFFEKT-modulen for klimagasser, der det opereres med i hovedsak én parameter for hvert materiale (det eneste som skaper variasjon i utslippsestimatene for ulike materialer er om man legger henholdsvis norsk eller nordisk elektrisitetsmiks til grunn). I virkeligheten vil det naturligvis være store variasjoner i CO₂-utslipp per tonn av ulike materialer. På samme måte som det i praksis vil være betydelige variasjoner i CO₂-utslipp ved ulike typer skog (avhengig bl.a. av bonitet, alder, treslag).

Et tilgrensende spørsmål er håndtering av fremtidig tap av karbonbinding som følge av at skogen permanent konverteres til vei. Dersom arealet hadde fortsatt å være skogkledt i årene fremover, eller dersom man hugget skogen for så å plante ny skog, ville den ha kunnet fortsette å binde karbon i mange år fremover. Fremtidig tap av karbonbinding som følge av nedbygging av skog kreves ikke rapportert inn til UNFCCC, og SVV bør derfor etter vår vurdering heller ikke forsøke å anslå dette. Utarbeidelse av slike anslag ville dessuten kreve vurderinger av om arealene vil fortsette å være skogkledt i årene fremover dersom det ikke bygges vei, noe som kan være vanskelig og bl.a. innebære skjønnsmessige vurderinger av den enkelte saksbehandler.

Basert på tallene i tabellene 3.1. og 3.3 er det et spørsmål om SVV for fullstendighetens skyld bør vurdere å inkludere andre naturtyper med høy karbonlagring, for eksempel myr/våtmark. Det kan virke ufullstendig å regne på tapt karbonlagring i skog for bestemte traséalternativer, hvis man ikke samtidig tar med andre påvirkede naturtyper som har betydning for veiens totale CO₂-regnskap. Vi kommer litt tilbake til det i neste kapittel.

6. Videre arbeid

Basert på gjennomgangen ovenfor, kan det være grunn til å vurdere følgende punkter for videre arbeid i en eventuell neste fase for revidering av Håndbok 140 fram mot 2017:

- 1) Dersom man ønsker å gjøre beregningene av endret CO₂-binding i form av en "modul" som legges til EFFEKT, enten integrert i modulen som allerede går på beregning av energiforbruk og klimagassutslipp eller som frittstående modul e.l., vil det kreves ressurser utover dagens opsjon, og eventuelt involvering av andre fagmiljøer for teknisk tilrettelegging.
- 2) Metoden må beskrives, forklares og illustreres med eksempler i Håndboken under prissatte effekter.
- 3) Det må vurderes hvordan usikkerheten i anslagene kan behandles. For eksempel er anslagene for utslipp fra jord og dødt organisk materiale mer usikre enn anslagene for stående masse. I kapittel 5 regner vi anslagene som punktestimater uten usikkerhetsintervall. Det kan være grunn til å vurdere nøyere hvordan usikkerhet kan angis og inngå i EFFEKT, hvis dette også er aktuelt for andre klimagassutslipp fra veibygging.
- 4) CO₂-binding i skog er et fagfelt der det stadig skjer forskning og utredning, der det fortsatt er en del faglig uenighet, og det kan komme ny informasjon før 2017. For eksempel kan det hende at IPCC's anbefalte metodikk vil endres og/eller at standardverdiene for Norge oppdateres. Dette betyr at man kanskje bør ha en runde med ulike fagmiljøer på forslaget i 2016, for å sikre at det er helt oppdatert faglig (selv om vi legger opp til å følge mest mulig anerkjent metodikk per i dag).
- 5) Dersom man ønsker å inkludere klimaeffekten av å bruke andre naturtyper enn skog til vei, bør dette inkluderes i fasen fram mot 2017. Dette kan være naturlig hvis målet er å gi et mest mulig komplett karbonregnskap for veiutbygginger. Det mest fornuftige ville være å benytte de samme standardverdiene som for skog som rapporteres under Klimakonvensjonen (Tabell 3.1). Hvis en velger dette, kan en inkludere det i EFFEKT på lik linje med skog, og lage en tekst som dekker disse arealtypene i revidert håndbok.

Referanser

- Astrup, R. L. Dalsgaard, R. Eriksen og G. Hysten (2010): Utviklingsscenarioer for karbonbinding i Norges skoger. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 16/2010.
- Borgen, S.K., G. Hysten (2013): Emissions and Methodologies for Cropland and Grassland used in the Norwegian National Greenhouse Gas Inventory. Report 11/2013 from the Climate Center Norwegian Forest and Landscape Institute.
- EPD (2013): UN CPC 53211: Highways (except elevated highways), streets and roads.
- Framstad, E. m fl. (2013) Biodiversity, carbon storage and dynamics of old northern forests. TemaNord 2013:507.
- Grønland, A., K. Bjørkelo, G. Hysten og S.M. Tomter (2010): CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser. Bioforsk Rapport.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2003): Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Klif (2010): Tiltak og virkemidler for økt opptak av klimagasser fra skogbruk. Sektorrapport Klimakur 2020. Klima- og forurensningsdirektoratet. TA-nr.2596/2010.
- Klif (2011): Skog som biomasseressurs. TA-2762/2011. Klima- og forurensningsdirektoratet, Oslo.
- Lindhjem, H. og K. Magnussen (2012): Verdier av økosystemtjenester i skog i Norge. NINA-rapport, 894.
- Magnussen, K. og H. Lindhjem (2013): Samfunnsøkonomisk prissetting av dyrket mark og andre naturressurser i Statens vegvesens konsekvensanalyser. Vista-rapport 2013/25.
- Marklund, L.G., (1988) Biomassefunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden. Institutjonen för skogtaxering. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 45, 1-73.
- Miljødirektoratet (2014): Greenhouse Gas Emissions 1990 – 2012, National Inventory Report. Report M-137-2014, Norwegian Environment Agency.
- Misa (2012): Environmental analysis – Climate. Norwegian High Speed Railway Project Phase 3. Final report Version 2 (03.02.2012) Including all alignments. Misa Miljøsystemanalyse.
- Petersson, H., Holm, S., Ståhl, G., Alger, D., Fridman, J., Lethonen, A., Lundstrøm, A., Mäkipää, R. 2012. Individual tree biomass functions or biomass expansion factors for assessment of carbon stock changes in living biomass – A comparative study. For. Ecol. Manage. 270: 78–84.

SINTEF (2011): Dokumentasjon av modul for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp i EFFEKT.

SVV (2014): Veg- og gateutforming. Normal. Håndbok N100, Statens vegvesen.

SVV (2009): Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter. Rapport nr. 2009/11.

Viken (2012): Biomass equations and biomass expansion factors (BEFs) for pine (*Pinus SPP*), spruce (*Picea SPP*) and broadleaved dominated stands in Norway. Master thesis, Norwegian University of Life Sciences, Department of Ecology and Natural Resource Management.

Øyen, B-H. (red) (2008): KYSTSKOGBRUKET. Potensial og utfordringer de kommende tiårene. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 01/2008

Vista Analyse AS

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk forskning, utredning, evaluering og rådgiving. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder omfatter klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innenfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

Vista Analyse AS
Meltzersgate 4
0257 Oslo

post@vista-analyse.no
vista-analyse.no