



Statens vegvesen
Metode for beregning av CO₂-utslipp knyttet til arealbeslag ved
vegbygging

Utgave: 1

Dato: 30.11.2015

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Statens vegvesen
Rapporttittel:	Metode for beregning av CO2-utslipp knyttet til arealbeslag ved vegbygging
Utgave/dato:	1/ 30.11.2015
Filnavn:	Sluttrapport CO2 arealbruksendring.docx
Arkiv ID	
Oppdrag:	602509-01–CO2-utslipp ved arealbruksendring veg
Oppdragsleder:	Johanne Hammervold
Avdeling:	Miljø og fornybar Trondheim
Fag	Energi og miljø i bygg
Skrevet av:	Johanne Hammervold
Kvalitetskontroll:	Mie Fuglseth
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av Statens vegvesen for å utvikle en ny metode for beregning av CO₂-utslipp som følge av arealbruksendring ved vegbygging. Johanne Hammervold har vært kontaktperson for oppdraget. Christian Solli og Mie Fuglseth har også deltatt i arbeidet.

Johanne Hammervold har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

NIBIO, ved Teresa Gómez de la Bàrcena, har vært underleverandører for Asplan Viak.

Trondheim, 30.11.2015

Johanne Hammervold

Oppdragsleder

Mie Fuglseth

Kvalitetssikrer

SAMMENDRAG

På bakgrunn av utarbeidelse av ny håndbok for konsekvensanalyser; V712 er det blitt utviklet en forenklet modell for beregninger av klimagassutslipp knyttet til arealbeslag ved bygging av veg (Vista Analyse 2012). Dette arbeidet er en videreføring av dette.

Beregningsmetoden som er utviklet er implementert i et Excel-verktøy, og er tilpasset med tanke på implementering i nytte-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT. Verktøyet inkluderer 5 naturtyper;

- 1) Skog – høy bonitet
- 2) Skog – middels bonitet
- 3) Skog – lav bonitet
- 4) Jordbruksareal
- 5) Myr

Disse er valgt ut da de er vurdert til å være de mest relevante naturtypene i denne sammenhengen, og de stemmer overens med klassifisering i arealressurskartet AR5. For hver av disse er det utarbeidet utslippskoeffisienter basert på deres respektive karboninnhold. En viktig forutsetning som ligger til grunn for utslippsberegningene er at det antas at all karbon i biomasse og jord frigis i løpet av ett år. Dette samsvarer med antagelse benyttet ved innrapportering av klimagassutslipp fra skog til *FN klimakonvensjonen*.

Verktøyet inkluderer to beregningsmetoder; én der bruker legger inn arealstørrelse per naturtype og én der bruker legger inn størrelse på bufferbredde og antall meter veg gjennom hver relevante naturtype. Den første metoden er godt egnet for bruk ved konsekvensutredning på kommunedelplannivå, i og med at arealstørrelser allerede beregnes på dette nivået i tema naturressurser i ikke-prissatte konsekvenser. Den andre metoden kan benyttes til å gjøre anslagsvise beregninger når arealstørrelsene er ukjent, som for eksempel ved konseptvalgutredning.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Bakgrunn.....	6
2.1	Arealbruksendring: effekt på karbonlager og CO ₂ -utslipp og –opptak	6
2.2	Norsk kontekst	7
2.3	Utslippskoeffisienter	9
2.4	Beregning av beslaglagt areal	11
3	Beskrivelse av beregningsmetode.....	13
4	Testing av beregningsmetode	16
4.1	E6 Fåvang kirke – Elstad	16
4.2	E6 Kvithammar – Åsen.....	18
4.3	E18 Langangen – Rugtvedt.....	19
4.4	E 18 Retvet – Vinterbro	20
4.5	Sammenstilling av casene.....	22
5	Usikkerheter og avgjørende antagelser	24
5.1	Utslippsfaktorer	24
5.2	Arealberegninger.....	25
5.3	Følsomhetsanalyse	25
6	Oppsummering.....	28
7	Referanser	29

1 INNLEDNING

Klimaeffekter som følge av beslagleggelse av skog- og jordbruksareal inkluderes i stadig større grad i livsløpsvurderinger av produkter. Spesielt er dette et tema ved vurdering av klimaeffekter knyttet til biobrensel, der dyrking av biomasse innebærer beslagleggelse av for eksempel jordbruksareal eller skog. Klimaeffekter knyttet til arealbeslag ved vegbygging er også i høyeste grad relevant, da det i disse tilfeller dreier seg om arealer som mest sannsynlig aldri vil tilbakeføres til produktive arealer. I tillegg til arealet som beslaglegges av selve vegen, kommer arealer for grøfter, støyskjerming, viltgjerder, og fjerning av vegetasjon for sikt og plass for å komme til ved fremtidig vedlikehold. I anleggsperioden beslaglegges ytterligere areal gjennom uttak, deponering og lagring av jord- og steinmasser, samt midlertidige veger og riggområder.

I dette arbeidet, som er gjennomført på oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet, har det blitt utviklet en metode for å kunne gjøre denne type beregninger, som i etterkant skal kunne implementeres i nytte-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT. Metoden presenteres i denne rapporten.

2 BAKGRUNN

I forbindelse med revisjon av Statens Vegvesens håndbok *V712 Konsekvensanalyser*, ble det utviklet et forslag til enkel metodikk for beregning av tap av CO₂ som følge av vegbygging på skogsareal (Skjelvik mfl. 2014). I dette prosjektet videreutvikles denne metodikken med oppdaterte data, og til å omhandle flere naturtyper. Den nye beregningsmetoden skal være et grunnlag for en modul for slike beregninger for implementering i nytte-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT. Denne modulen vil komme som et supplement til klimamodulen (Statens vegvesen 2015) som omfatter beregninger av CO₂-utslipp knyttet til bygging og drift av veger.

I Håndbok V712 er det oppgitt sju registreringskategorier som skal evalueres for naturressurser; jordbruk, utmarksbeite, skogbruk, reindrift, fiskeri/havbruk, georessurser og vannressurser. Her gjengis beskrivelser av de kategoriene som er relevante i dette prosjektet:

Jordbruk:

Her registreres egenskaper om arealtilstand (fulldyrket / overflatedyrket / innmarksbeite) fra jordklassekart fra Skog og landskaps-database «Kilden» (FKB-AR5). Egenskaper om dyrkbar jord skal også registreres. Jordkvalitet registreres i områder der det er foretatt detaljert jordsmonnkartlegging. Teigstørrelse og klimasone er også relevant for dyrkingspotensial.

Utmarksbeite:

Som grunnlag for den prissettingen som er gjort gjøres en kartlegging av utmarksbeite fordelt på bruksklasser (antall sau/km²) og kvalitetsklasser ut fra vegetasjonsdekket.

Skogbruk:

Her registrerer bonitet og hogstklasse (alder). To viktige faktorer som ikke er fanget opp andre steder er skogens evne til å binde opp CO₂, og skogområders rolle i vannhusholdning og erosjonskontroll. Nå det gjelder CO₂-binding vil den øke med skogens produksjonsevne (bonitet).

2.1 Arealbruksendring: effekt på karbonlager og CO₂-utslipp og – opptak

Jord og biomasse inneholder til sammen 3-4 ganger så mye karbon som atmosfæren og spiller en viktig rolle i karbonets kretsløp og som regulator for klimagasser i atmosfæren. Det er stor variasjon mellom ulike naturtyper både når det gjelder størrelsen på karbonlageret, mekanismene for opptak og utslipp, og hvor sårbart det er mot menneskelige inngrep i form av skogbruk, jordbruk eller utbygging. Bruk av areal til ulike produksjonsformål (jordbruk, skogbruk), eller til bebyggelse kan føre til store endringer i karbonlagring og karbonomsetning. Mekanismene for opptak, lagring og utslipp er forskjellig for karbon i biomasse og jord.

2.1.1 Utslipp og opptak i biomasse og jord

Karbon i biomasse

Opptak via fotosyntese. Vegetasjonsdekte arealer tar CO₂ opp fra atmosfæren gjennom fotosyntesen. Hastigheten av fotosyntesen og mengden CO₂ som blir tatt opp for å bygge biomasse i plantene er avhengig av flere faktorer.

Lagring i biomasse. Om biomasse fra for eksempel tre brukes i varige treprodukter, vil karbonet i materialet bevares så lenge den står i en bygning eller annen trekonstruksjon. Derfor er det viktig å betrakte biomassens levetid i forhold til karbonlagring.

Utslipp av karbon skjer i form av biologisk nedbryting av biomasse (respirasjon) eller forbrenning. Når biomassen brennes (for eksempel for å produsere energi) vil karbonet forsvinne ut i atmosfæren igjen og dermed bidra med CO₂-utslipp. Ved utnyttning av energi fra biomasse, er det viktig å regne med substitusjonseffekten (erstatning av andre forurensende energikilder) i karbonregnskapet.

Karbon i jord

Opptak av karbon i jord skjer gjennom innarbeiding og binding av tilført biomasse. Jordorganismer inkorporerer og omdanner organisk materiale (fra blad, strø, røtter mm) i jorden og binder det til mineralpartikler. Denne prosessen tar mye lengere tid enn opptak i biomassen gjennom fotosyntese. Når jordrespirasjon er mindre enn opptaksraten i jord, vil dette resultere i karbonbinding.

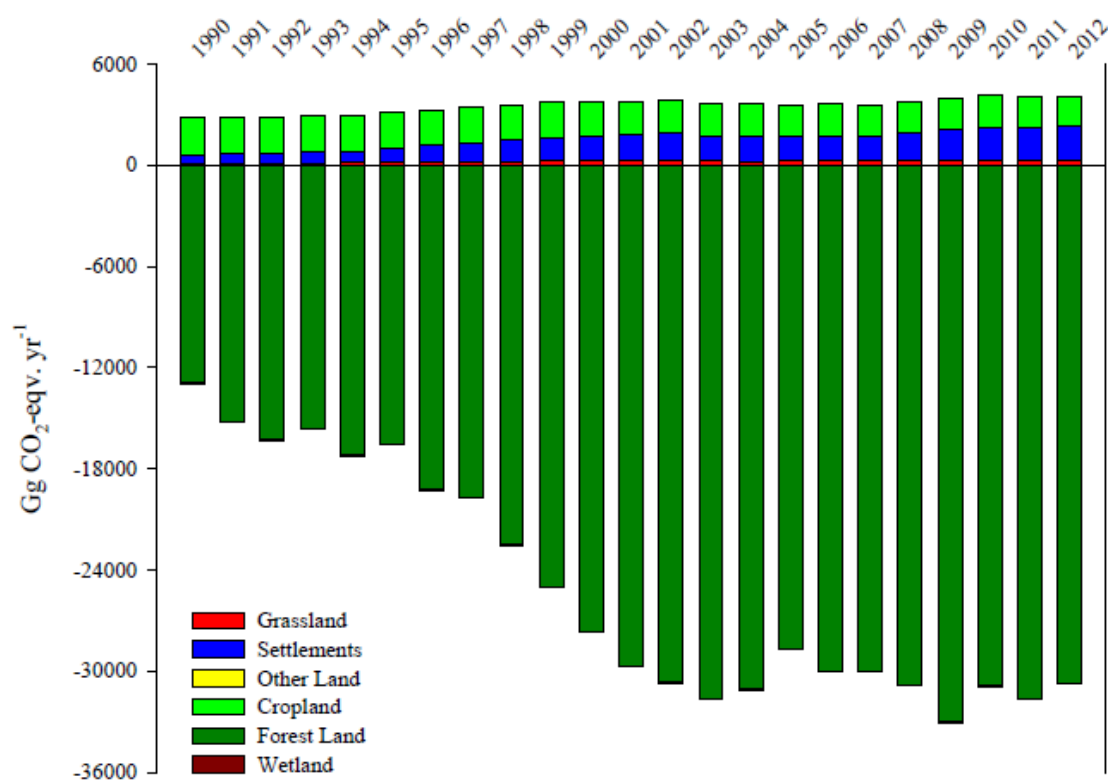
Lagring av karbon i jord er en viktig faktor i terrestriske systemer. Karbonet som lagres i jord over lang tid betraktes som en mer stabilt og motstandsdyktig mot nedbryting enn karbon i biomasse.

Utslipp fra jord skjer når tilførsel fra organisk materiale ikke kan oppveie det som går tapt gjennom utslipp (via respirasjon, uttak av biomasse fra skog, mark, etc.).

2.2 Norsk kontekst

Norge har på landsbasis betydelige karbonlagre i biomasse og jord i ulike naturtyper. Arealbruksendringer kan føre til direkte og indirekte effekter i jord og biomasse og deres karbonlagre. Dette prosjektet omhandler de naturtypene som har størst betydning som karbonlagre og som kan forårsake i store potensielle utslipp ved vegbygging.

I følge den siste rapporteringen til United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) tilgjengelig for Norge (National Inventory Report, 2014) har utslipp fra bebyggelsesområder økt en faktor 4 i løpet av rapporteringsperioden og utgjør nå den største utslipp fra Land-Use, Land-Use Change and Forestry sektoren (det vil si, fra arealbruk og arealbruksendringer) og var 1991 Gg CO₂ i 2012 (Figur 1).



Figur 1: Endring i årlige opptak (negative tall) og utslipp (positive tall) for ulike arealbrukskategorier. Blå søljer indikerer utslipp fra bebyggelse. Kilde: Norsk Institutt for Skog og Landskap, National Inventory Report, 2014.

Tendensen med økende utslipp fra bebyggelsesområder indikerer at det er viktig at ta disse arealene og deres utvikling i betraktning for det norske karbonregnskapet.

Skog er den arealtypen som bidrar til størst opptak av karbondioksid (CO₂) i Norge (Figur 1). I 2012 var opptaket beregnet til 30,7 millioner tonn CO₂ (National Inventory Report, 2014). På grunn av den viktige rollen som skogen har i karbonkretsløpet, ble det i et tidligere prosjekt estimert CO₂-utslipp fra vegbygging på skogsarealer i Norge (Vista Analyse AS rapport nr. 2014/26). I prosjektet ble det utviklet en metode hvor utslippet fra biomasse (tømmer som hugges) og jord ble beregnet. Metoden var basert på den metodikken som NIBIO (tidl. Institutt for Skog og Landskap) bruker til UNFCCC-rapportering basert på IPCCs retningslinjer. Det ble påpekt i rapporten fra Vista AS at andre naturtyper bør vurderes og inkluderes i modellen for å beregne potensielle CO₂-utslipp fra vegbygging.

Organisk jord omfatter myr og torvmark. Til tross for at myr og torvmark bare dekker omtrent 6% av arealet i Norge, inneholder disse jordtypene om lag 25 prosent av karbonet lagret i jord og biomasse. Under naturlige forhold (vannmetning) skjer nedbrytingen av organisk materiale (som resulterer i CO₂-utslipp fra jord) så langsomt at det skjer en opphoping av delvis omdannet materiale. Naturlig myr kan derfor ha en netto binding av karbon (avhengig av næringsstoffstatus). Samtidig finner man utslipp av andre sterkere klimagasser, som metan og, i mindre grad, lystgass (Saarnio m.fl., 2007; Maljanen m.fl., 2009; Grønlund m.fl., 2010). Balansen mellom de ulike karbonfluksene gjør at naturlig myr er en netto kilde til klimagassutslipp, på tross av bindingseffekten (Grønlund et al., 2010). Disse naturtyper er derfor særlig sårbare i forhold til karbon og utslipp.

Når det skjer inngrep i myrområder er faren for utslipp fra det store karbonlageret som har akkumulert over lang tid en vesentlig risiko. Et vegbyggingsprosjekt på myr og torvmark vil

kreve drenering av arealet. Dreneringen vil føre til at nedbrytningshastigheten øker og jorda blir en betydelig kilde til CO₂-utslipp. Andre arealtyper som bør vurderes for tilsvarende virkning er jordbruksarealer, spesielt de som finnes på organisk jord (dyrket myr).

Vi vil derfor i denne rapporten vurdere følgende naturtyper/arealtyper som kan tilpasses/harmoniseres med klimamodulen:

- 1) Tresatt areal, som omfatter produktiv skog, uproduktiv skog, og annet tresatt areal (areal med minst 6 trær per dekar som er eller kan bli 5 m høye, og som er jevnt fordelt på arealet). Skog omfatter også torvmark som har minst 30 cm tykt torvlag, men som ikke har preg av myr på overflaten.

Bonitetsklasser vurderes for produktiv skog, fordi biomasseproduksjonen (og dermed karbonlageret) kan variere sterkt mellom ulike klasser.

- 2) Myr, som er areal med myrvegetasjon og minst 30 cm tykt torvlag
- 3) Jordbruksarealer (inkluderer mineraljord og dyrket myr), som omfatter klassene fulldyrket jord, overflatedyrket jord og innmarksbeite

2.3 Utslippskoeffisienter

2.3.1 Datagrunnlag

Tidlige rapport fra Vista Analyse AS (Skjelvik mfl. 2014) var fokusert på arealtypen skog og datagrunnlaget var derfor begrenset til denne arealtypen. I nuværende rapport er datagrunnlaget utvidet til flere arealtyper og derfor er rapporten basert på karbonlagre-data presentert i Grønlund m.fl., 2010 da denne kilde inkluderer alle arealtyper av interesse og harmoniserer med AR5 klassifikasjonssystem av arealressurser.

I Grønlund m.fl. 2010 stammer datagrunnlaget for jordbruksarealer fra karbonlagre i Grønlund m.fl. 2008, mens karbonlagre i myr er baserte på en landsdekkende database fra tidligere Norsk Institutt for Skog og Landskap (Digital Markslagskart, DMK). For skogsjord er datagrunnlaget i Grønlund m.fl. 2010 basert på De Wit & Kvindesland (1999) hvor aktuelle landsdekkende målinger av karbonlagre i Norske skogsjord finnes. Karbon i skogens biomasse er basert på Landskogstakseringen sine estimater for hele landet unntatt Finnmark. I Vista's arbeid ble tilsvarende data brukt (Landskogstakseringen), men metodikken for beregning av utslipp ble basert på IPCCs retningslinjer, og for skogsjord beregnes utslippskoeffisienter ved modellering, hvilke kan resultere i forskjeller mellom de Vista's og våre estimat.

For å estimere hvor mye karbon og dermed CO₂ som kan gå tapt ved veibygging, er det nødvendig å kjenne karbonlageret og dynamikken i en bestemt arealtype eller naturtype og hvordan disse faktorer vil påvirkes. I dette prosjekt er datagrunnlaget basert på Grønlund m. fl., 2010, hvor karbonlager for de viktigste areal- og naturtypene i Norge er oppsummert. Klassifikasjonen av arealtypene er basert på AR5-systemet (Ahlstrøm m.fl., 2014), som beskriver arealressurser på en likeartet måte for hele landet og som er implementert i NIBIOs arealinformasjonsystem¹. Dette brukes fordi det stemmer overens med metodikken i klimamodulen. Dataene i rapporten til Grønlund m.fl. (2010) inkluderer informasjon om karbonlager i både biomasse og jord, som begge må vurderes i forbindelse med vegbygging. For naturtypen skog er landskogstakseringsdatabasen² også blitt brukt for å estimere karbon

¹<http://kilden.nibio.no>

²http://www.skogoglandskap.no/temaer/statistikk_fra_landsskogstakseringen

i skogens biomasse basert på volum og arealinformasjon. Dette gjør det mulig å beregne utslipp fra ulike bonitetsklasser innenfor produktiv skog.

2.3.2 Estimering av utslippskoeffisienter

CO₂-utslipp fra de ulike arealtypene kan beregnes på grunnlag av estimater for karbonlager i jord og biomasse. Vi antar at utslippskoeffisienten tilsvarer lagret karbon som finnes den gitte areal- eller naturtypen, fordi alt karbon som finnes i biomassen og jord vil til slutt omdannes til CO₂.

For myr og jordbruksareal er karbonlageret kun basert på karbon i selve jorda. Dette er rimelig fordi karbon i biomassen som finnes i disse arealtypene har liten betydning i forhold til størrelsen på karbonlagret i jorda og kan dermed neglisjeres. I skog er karbonlageret fra biomassen også estimert, ettersom den utgjør en betydelig del av utslippet for denne naturtypen. Utslippskoeffisienter er uttrykt i kg CO₂ per m² og estimeres ved å omregne lagret karbon per arealenhet fra datagrunnlaget til CO₂ ved bruk av omregningsfaktor/forholdet mellom CO₂ og karbon, som er 3,67 (Grønland m.fl., 2010).

Utslippskoeffisienter for skogens biomasse er beregnet med utgangspunkt i Landskogstakseringens tabeller³, ved bruk av arealinformasjon per skogstype (i hektar) og volum med bark (stående masse av trevirke på et skogareal, uttrykt i m³) fordelt på skogtype. Når skogens volum per areal er estimert, bruker vi følgende omregningsmetode (Tomter, 2015):

- 1 m³ stammevirke gir ca. 2 m³ biomasse i alle deler av trærne
- Dette tilsvarer til ca. 0,9 tonn tørr biomasse med en densitet på ca. 0,45
- Karboninnholdet i biomassen er ca. 50 %, det vil si 0,45 tonn
- Forholdet mellom CO₂ og karbon (3,67)

Basert på disse tallene kan man beregne at 1 m³ stammevirke tilsvarer en binding av ca. 1,7 tonn CO₂ i sum for alle delene av trærne.

På grunnlag av dette tallet og skogens volum per arealenhet, kan vi beregne hvor mye CO₂ per areal enhet finnes i skogens biomasse. Biomassen for den produktive skogen vises i 4 ulike bonitetsklasser. Utslippskoeffisienter, listet opp i Tabell 1, er basert på karbonlageret i hver arealtype for biomasse og jord. Bonitetsklasser for produktiv skog er baserte på aktuell bonitet for hele landet (unntatt Finnmark), som er produksjonsevnen med det dominerende treslaget på arealet, uten grøfting eller andre kulturtiltak.

Tabell 1: Utslippskoeffisienter for ulike kategorier av skog, myr og dyrket mark

Arealtyper	Kategorier	Utslippskoeffisienter [kg CO ₂ /m ²]	
		Biomasse	Jord
Skog			
	Produktiv skog (alle bonitetsklasser)	18,5	48
	<i>Lav bonitet</i>	12,0	*
	<i>Middels bonitet</i>	20,3	*
	<i>Høy bonitet</i>	31,9	*
	Uproduktiv skog	3,9	46
	Annet tresatt areal**	0,6	88

³ http://www.skogoglandskap.no/artikler/2007/Landsskogdata_krysstabell

Myr			
	Grunn myr (30-100 cm torvlag)	-	121
	Djup myr (>100 cm torvlag)	-	346
Dyrket mark			
	Mineraljord		
		<i>Uplanert</i>	- 59
		<i>Planert</i>	- 37
	Dyrket myr		
		<i>30-40 cm torv</i>	- 136
		<i>40-100 cm torv</i>	- 165
		<i>>100 cm torv</i>	- 286

(*) Spesifikke data for karbon i skogsjord fordelt på bonitetsklasse er ikke tilgjengelig i litteraturen. Manglede biomasse data skyldes at karbonlager er neglisjert for biomasse under andre areal typer enn skog.

(**) Utslippskoeffisienter fra kategorien «annet tresatt areal» korresponderer med karbonlagre fra klassen «skogdekket myr» i Grønlund m.fl. 2010, det vil si skog på organisk jord. Men det er usikker om alt areal definert som «annet tresatt areal» i landskogstakseringen er på organisk jord.

2.4 Beregning av beslaglagt areal

Ved beregninger av beslaglagt areal i konsekvensutredninger benyttes GIS-verktøy med arealressurskartet (AR5) implementert. Dette er et detaljert, nasjonalt heldekkende datasett. Areal typer i kartet kan ha 12 verdier; *fulldyrka jord, overflatedyrka jord, innmarksbeite, skog, myr, åpen fastmark (lav vegetasjon, fjell og vidde), ferskvann, hav, snøisbre, samferdsel, bebyggd og ikke kartlagt*. Skog kan deles inn både etter bonitet og treslag. Myr er definert som myrvegetasjon med min 30 cm tykt torvlag.

Vanlig fremgangsmåte ved kvantitative anslag i GIS-verktøy er å legge til en buffer på begge sider av vegen, etter beste skjønn. Etter gjennomgang av noen få konsekvensutredninger (KU), er det tydelig at det er ulik praksis her. Eksempler på beregninger er:

- Generell buffersone gjennomgående for hele vegtraséen (10-20-30 meter fra vegkant)
- Legge til 1-5 meter utenfor skråningsutslag
- Varierende buffersone etter terrengforhold

I konseptvalgutredninger (KVU) benyttes gjerne mye større buffersoner. I KVU av ny E18 på strekningen Langangen – Grimstad⁴ ble det for eksempel benyttet svært store buffersoner, se Tabell 2.

⁴ https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/sd/vedlegg/kvu-rapporter/kvu-e18-langangen-grimstad-jan2010-185006_1_p.pdf?id=2107231

Tabell 2: KVVU 18 Langangen – Grimstad: korridor- og bufferbredder

Konsept	Beskrivelse	Bredde på buffer/korridor
1-konsept	0-konseptet	
2-konsept	Mindre utbygging på dagens veg	200 m korridor
3-konsept	Kollektivkonseptet	Definert areal + 200 m buffer
4-konsept	4-feltskonsept i dagens trasé	500 m korridor
5-konsept	Stamvegkonseptet	1 km korridor
6-konsept	Bykonseptet	1 km korridor

Arealbehovene som beregnes her omfatter arealer med konflikts-potensiale både midlertidig (anleggsfase) og permanent (driftsfase). Arealene skal inkludere økt breddeutvidelse, bearbeiding av sideterreng, avkjørselssanering og bygging av nødvendig sekundærvegnett. Jord- og skogsarealer vil ikke nødvendigvis berøres i samme utstrekning som det som defineres som konfliktområde, og bruk av bufferbredde i denne størrelsesorden vil i mange tilfeller gi for høye, og svært usikre anslag.

3 BESKRIVELSE AV BEREGNINGSMETODE

Metoden utviklet for beregninger av utslipp knyttet til beslagleggelse av areal er implementert som et Excel-basert beregningsverktøy, der også en kort brukerveiledning er inkludert. Det er to mulige beregningsmetoder for beslaglagt areal.

De 5 naturtypene som er inkludert i verktøyet er gitt i Tabell 3, med deres respektive utslippsintensiteter i kg CO₂/m².

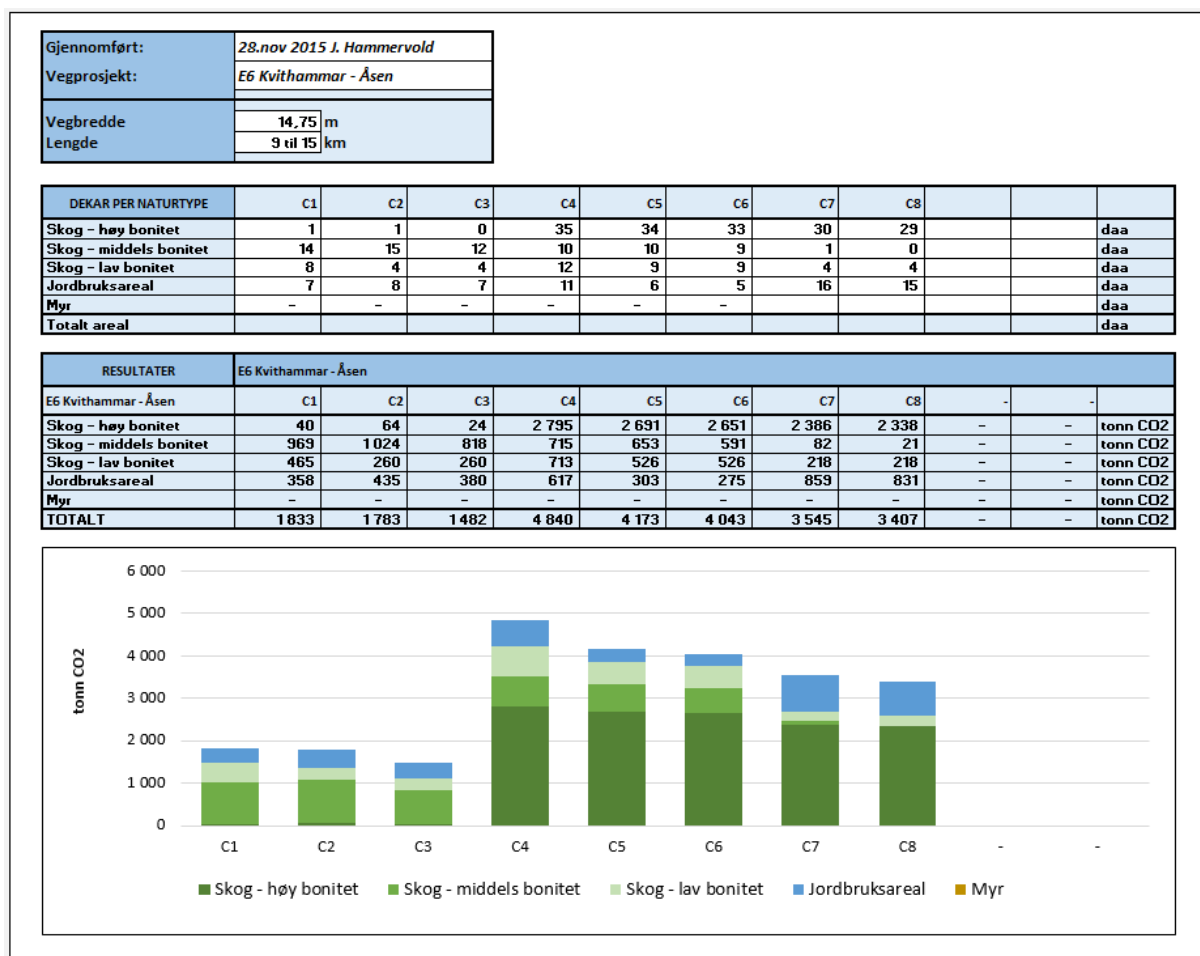
Tabell 3: Naturtyper utslippskoeffisienter

Arealtyper	kg CO ₂ /m ²	
	Biomasse	Jord
Skog - Lav bonitet	12,0	48,4
Skog - Middels bonitet	20,3	48,4
Skog - Høy bonitet	31,9	48,4
Myr	-	201,9
Jordbruksareal (inkl. innmarksbeite)		55,1

Beslaglagt areal kan legges inn på to alternative måter, enten ved å legge inn beslaglagt areal per naturtype direkte, eller ved å angi vegbredde, antall km veg gjennom hver naturtype og bufferbredde. Det ligger en standard bufferbredde inne i verktøyet, som benyttes i beregningene dersom bruker ikke legger inn bufferbredde selv.

1: Dekar per naturtype:

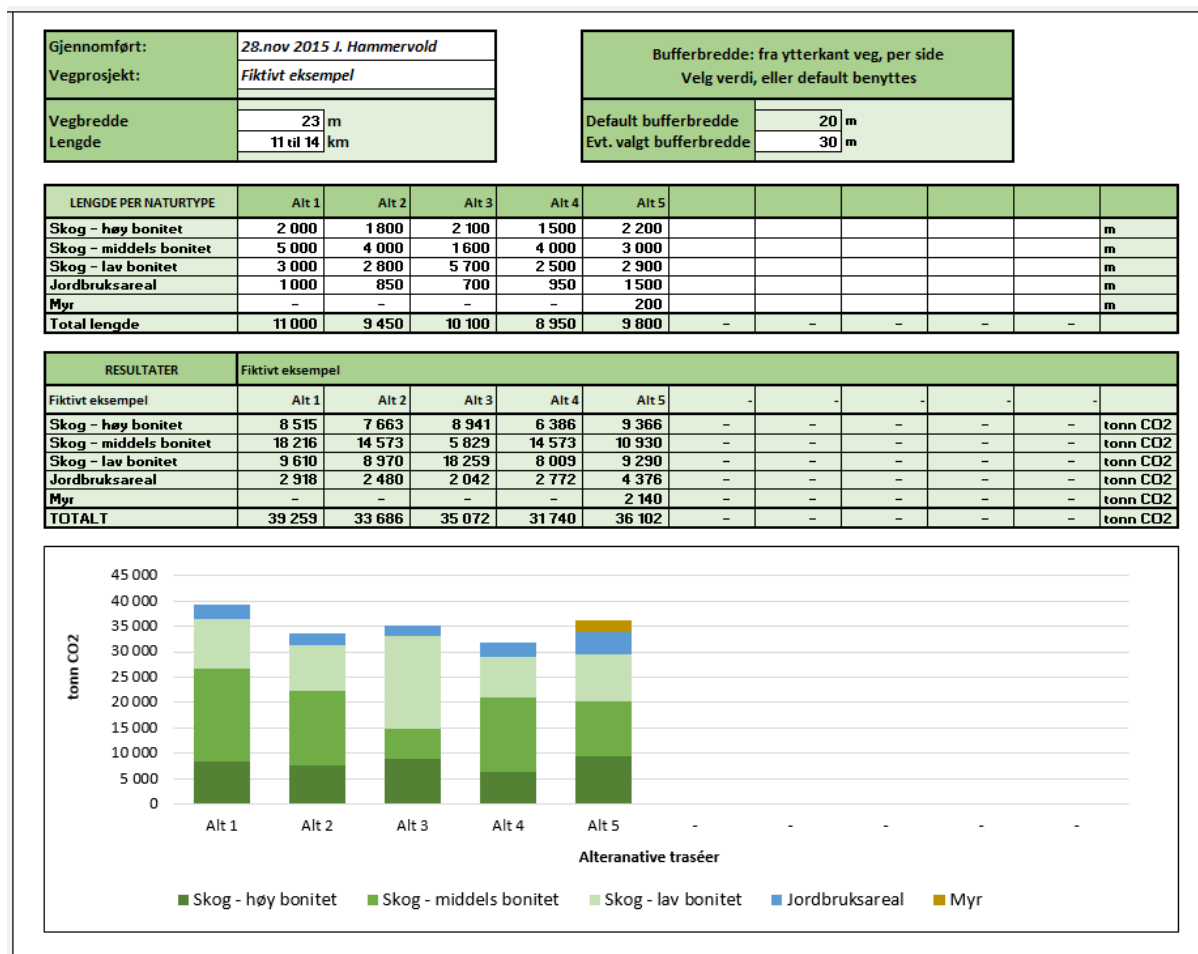
Ved konsekvensutredning beregnes beslaglagt areal per naturtype vanligvis i GIS-verktøy med en bufferbredde valgt av utreder. Resultatene fra GIS-analysen vil være grunnlag for arealstørrelsene man legger inn i det Excel-baserte verktøyet, vist i Figur 2:



Figur 2: Skjermdump av verktøy, dekar per naturtype

2: Veglengde og bufferbredde:

Denne metoden tilrettelegger for grove arealberegninger, for eksempel i tilfeller der man ikke har foretatt GIS-analyser. Dette kan for eksempel være aktuelt ved konseptvalgutredninger.



Figur 3: Skjermdump av verktøy, veglengde og bufferbredde

Felles for beregningsmetodene er at man legger inn tekst og data i hvite felter, og det er mulig å gjøre beregninger på opptil 10 alternative traséer. Når man legger inn lengde på vegprosjektet, kan man legge inn lengdespenn for de alternative traséene. Denne opplysningen benyttes ikke i beregninger, men har betydning for tolkning av resultatene. Tabellen med utslippskoeffisienter er ikke inkludert i figurene, da denne er gitt i Tabell 3.

4 TESTING AV BEREGNINGSMETODE

Det er gjennomført beregninger for noen utvalgte vegprosjekter. Gjennom dette er metoden blitt testet og kvalitetssikret i tillegg til at man har fått beregningseksempler på hvor store klimagassutslipp som følge av arealbruksendringer ved vegbygging kan forventes å være. Det er også foretatt beregninger av klimagassutslipp ved materialproduksjon, bygging og drift av de samme vegprosjektene, for å belyse den relative betydningen arealbruksendring har. Disse beregningene er gjort med samme metodikk som er inkludert i klimamodulen i EFFEKT 6.6.

Alle data som er benyttet i analysene er hentet fra Konsekvensutredninger (KU, tema naturressurser). Per i dag er det jordbruks- og skogsareal, innmarksbeite og myr som registreres på KU-nivå. Skog deles inn i tre bonitetsklasser; høy, middels og lav. Ved verddivurdering av skog- og jordbruksareal benyttes jordklassekart fra Skog og landskapsdatabasen «Kilden», AR5. Beregninger av størrelse på beslaglagt areal i konsekvensutredningen gjøres ved å anta en viss buffersone på begge sider av vegen. Det er ikke noen standard verdi som brukes her, og det benyttes ulike verdier i ulike KU'er. Man beregner både areal som beslaglegges permanent, og areal som beslaglegges midlertidig i anleggsfasen. Bufferbredden er ulik i alle konsekvensutredningene for de case-studiene som er inkludert her.

4.1 E6 Fåvang kirke – Elstad

På denne strekningen skal det etableres tofelts veg med midtrekkverk og strekningsvise forbikjøringsfelt etter vegstandard H5. Tunnelene på strekket skal være av T10,5-profil. I utredningen er strekningen inndelt i 3 delstrekninger - beregningene som er gjort her omfatter kun det tredje strekket; C. På dette strekket er det blitt utredet 8 alternative traséer. Lengde og beslaglagt areal for ulike naturtyper for disse er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: E6 Fåvang kirke – Elstad: Lengder og arealbeslag for trasé-alternativene på strekning C [daa]

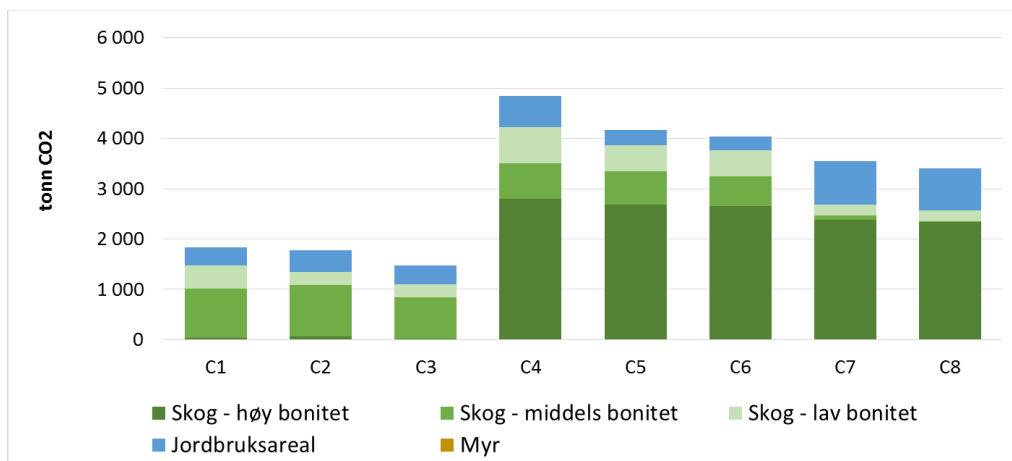
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Infrastruktur								
Trasélengde [m]	4 880	4 930	4 930	5 040	5 050	5 060	5 010	5 030
Andel tunnel	0 %	30 %	40 %	0 %	28 %	39 %	42 %	53 %
Andel bru	-	-	-	-	-	-	-	-
Naturtype [daa]								
Skog – høy bonitet	0,5	0,8	0,8	34,8	35,5	35,9	34,9	35,2
Skog – middels bonitet	14,1	14,9	13,4	10,4	11,7	10,1	3,4	1,8
Skog – lav bonitet	8	4,6	4,6	11,8	8,7	8,7	3,6	3,6
Jordbruksareal	9,5	9,9	7,7	14,2	14,4	13,1	9,5	9,9
Myr	-	-	-	-	-	-	-	-

Arealbeslag er beregnet gjennom en GIS-analyse med antatt buffersone lik ny veg + skråningsutslag + 1 m for etablering av viltgjerde. Størrelser på arealer beslaglagt av de ulike naturtypene varierer i relativ stor grad mellom traséene. Spesielt skiller C1, C2 og C3 seg ut,

der svært lite høy-bonitetsskog berøres. Dette kommer av at disse traséene ligger langs Gudbrandsdalslågen, i motsetning til de andre som går lenger opp i terrenget.

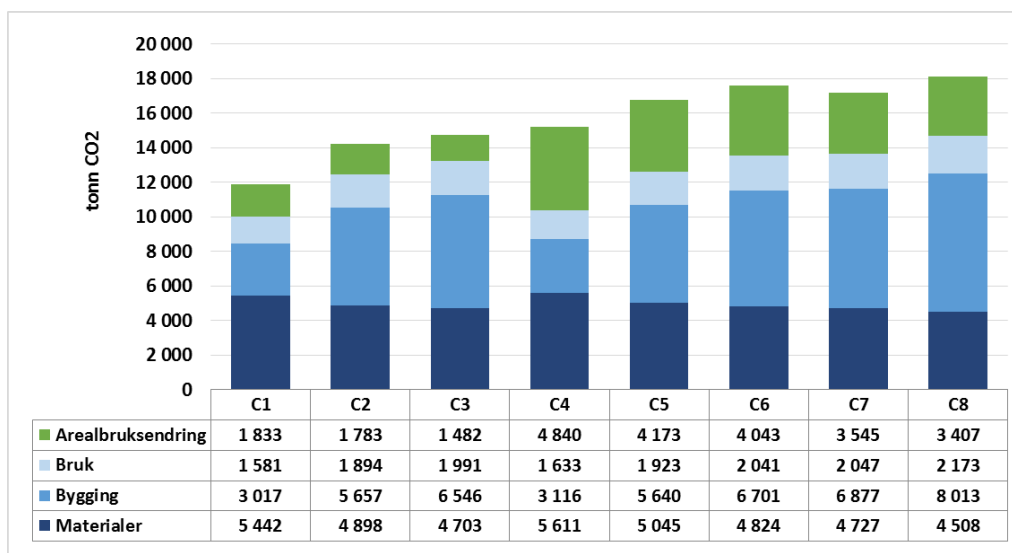
Resultater

Traséene C1, C2 og C3 beslaglegger relativt lite skog- og jordbruksareal sammenlignet med de andre alternativene, og for disse er det beslagleggelse av jordbruksareal og skog av type middels bonitet som gir de høyeste klimagassutslippene, noe som kommer tydelig fram i Figur 4. For de resterende alternativene er det skog med høy bonitet som dominerer resultatene. For alternativene C7 og C8 ser man at inngrep i jordbruksarealer også gir signifikante bidrag til de total CO₂-utslippene.



Figur 4: Fåvang – Elstad: CO₂-utslipp per naturtype per trasé-alternativ på strekning C [tonn]

Videre er det gjort beregninger for klimagassutslipp knyttet til materialbruk, bygging og drift av vegtraséene. Resultatene for arealbruksendring er lagt til disse beregningene. Resultatene er gjengitt i Figur 5:



Figur 5: Fåvang – Elstad: Klimagassutslipp per trasé [tonn CO₂_{ekv}]

Utslippene knyttet til arealbeslag for disse traséene utgjør fra 10 til 32 % av de totale utslippene. Traséene C1 og C2 skiller seg ut med relativt lavere utslipp knyttet til bygging. Dette skyldes at disse strekkene ikke har tunneler, og at bygging av disse krever mye energibruk, sprengning og massetransport.

4.2 E6 Kvithammar – Åsen

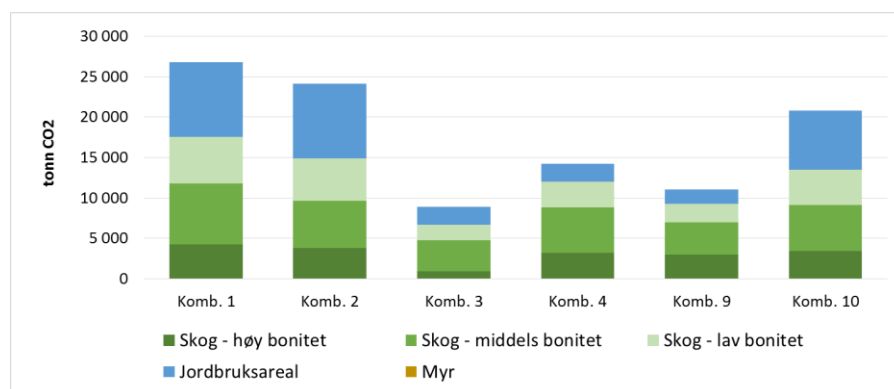
På strekningen Kvithammar – Åsen er det utredet ny E6 med 3 kjørefelt og midtrekkverk, og total vegbredde på 14,75 m. Utredningen omfatter en rekke kombinasjoner av i alt 10 traseer som går gjennom en eller flere av de tre delstrekningene som er definert. 6 av disse kombinasjonene er inkludert i beregningene som er gjort her.

Arealbeslag per naturtype, gitt i Tabell 5, er hentet fra kommunedelplan med konsekvensutredning, tema naturressurser. Arealbeslaget er beregnet med en buffer på 5 m fra ytterkant av skjæring på begge sider.

Tabell 5: E6 Kvithammar – Åsen: Lengder og arealbeslag for trasé-alternativene [daa]

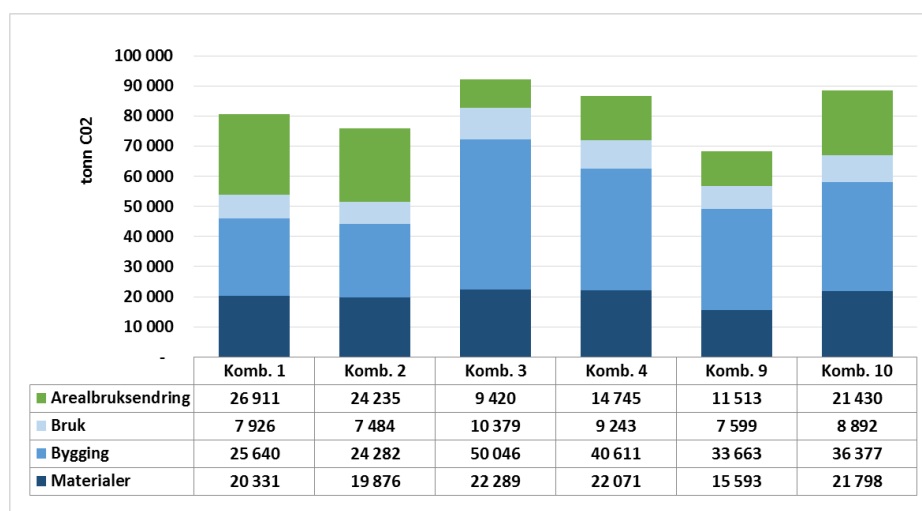
	Komb. 1	Komb. 2	Komb. 3	Komb. 4	Komb. 9	Komb. 10
Infrastruktur						
Trasélengde [m]	15 000	13 965	11 715	11 715	9 200	12 535
Andel tunnel	23 %	24 %	69 %	56 %	62 %	46 %
Andel bru	1 %	2 %	5 %	5 %	3 %	4 %
Naturtype [daa]						
Skog – høy bonitet	53	47	11	40	37	43
Skog – middels bonitet	109	85	56	82	58	82
Skog – lav bonitet	96	87	32	52	38	73
Jordbruksareal	170	170	50	50	41	144
Myr	-	-	-	-	-	-

Kombinasjon 1 er den lengste traséen, og har de laveste andelene av bruer og tunneler, noe som gjenspeiler seg i et høyere arealbeslag enn for de andre traséene. Kombinasjon 3 skiller seg ut med klart lavere arealbeslag enn de andre, på grunn av at strekket er kortere samt at kun 26 % av strekket er veg i dagen. Resultatene for CO₂-utslipp for trasé-kombinasjonene er gitt i Figur 6. Strekningene som gir høyest utslipp (1, 2 og 10), berører langt større arealer med jordbruk.



Figur 6: Kvithammar – Åsen: CO₂-utslipp per naturtype per trasé-kombinasjon [tonn]

Totale klimagassutslipp knyttet til bygging og drift av infrastrukturen, i tillegg til utslipp knyttet til arealbeslag, er vist i Figur 7. Det er tydelig at arealbeslag gir utslipp av stor betydning for de totale resultatene, ettersom dette utgjør fra 10 til 33 % av totalene.



Figur 7: Kvithammar – Åsen: CO₂-utslipp per livsløpsfase for infrastruktur samt arealbruksendring [tonn CO₂]

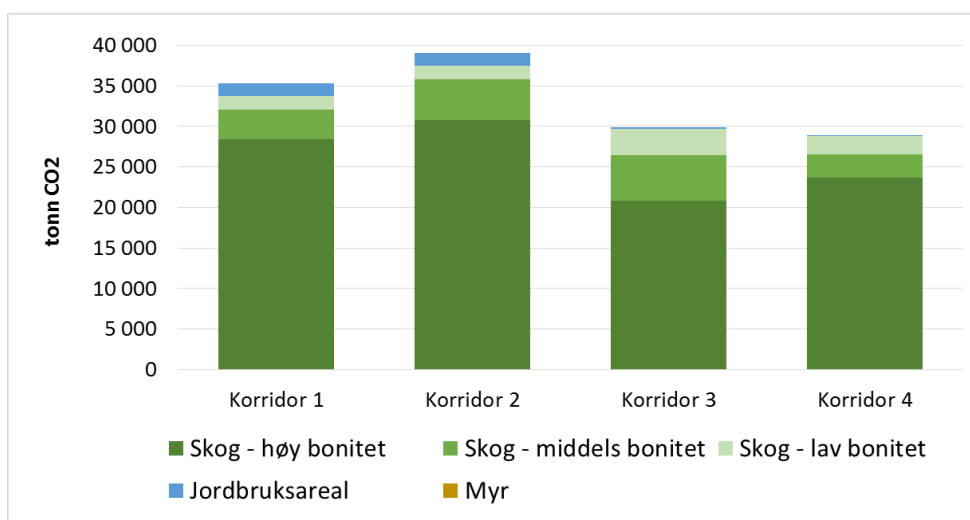
4.3 E18 Langangen – Rugtvedt

Denne strekningen omfatter en firefelts veg med midtdeler. Total vegbredde er 23 m. Arealbeslag, som gitt i Tabell 6, er beregnet med en buffer på 30 meter på hver side fra vegens senterlinje.

Tabell 6: Langangen – Rugtvedt: Arealbeslag for hver av korridorene [daa]

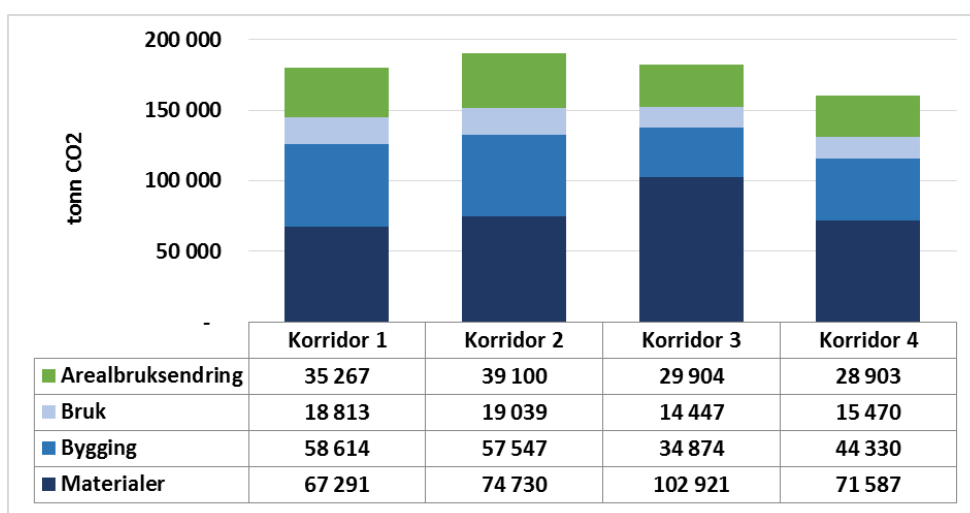
	Korridor 1	Korridor 2	Korridor 3	Korridor 4
Infrastruktur				
Trasélengde [m]	17 300	18 100	14 400	14 200
Andel tunnel	54 %	50 %	41 %	53 %
Andel bru	12 %	13 %	30 %	19 %
Naturtype [daa]				
Skog – høy bonitet	353,2	383,8	258,9	295,1
Skog – middels bonitet	53,1	71,8	81,7	41,9
Skog – lav bonitet	28,9	29,1	54,1	36,7
Jordbruksareal	27,2	28,6	4	1,8
Myr	-	-	-	-

Korridor 3 og 4 er noe kortere enn 1 og 2, og har høyere andeler av tunneler og bruer, og dermed et lavere arealbeslag totalt. Spesielt mindre er beslag av jordbruksareal og høybonitetsskog. Når det gjelder lav-bonitetsskog er arealbeslaget høyere for disse korridorene.



Figur 8 Langangen – Rugtvedt: Klimagassutslipp per naturtype for hver korridor [tonn CO2]

For alle korridorene er det beslag av høy-bonitetsskog som dominerer utslippene.



Figur 9: Langangen – Rugtvedt: CO2-utslipp per livsløpsfase for infrastruktur samt arealbruksendring [tonn CO2]

Utslipp knyttet til bygging og drift av infrastruktur er i omtrent samme størrelsesorden for Korridor 1, 2 og 3 og noe lavere for Korridor 4 (Figur 9). Det relative bidraget fra arealbeslag til de totale utslippene spenner fra 16 til 21 %.

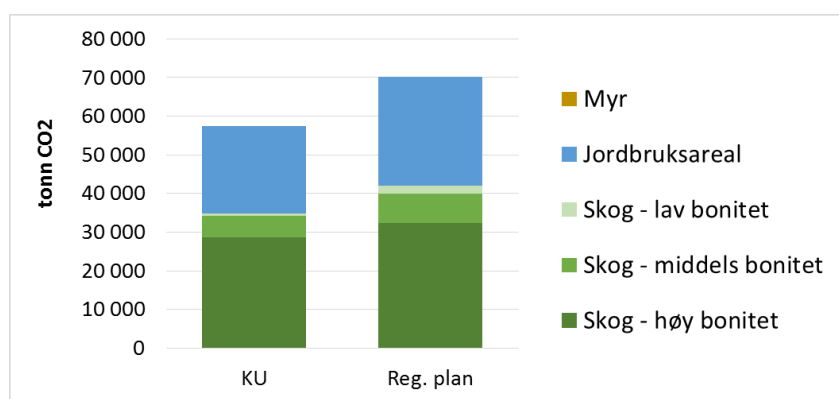
4.4 E 18 Retvet – Vinterbro

Det pågår per tid en utarbeidelse av reguleringsplan for ny firefelts veg på denne 15 km lange strekningen. Vegen har en total bredde på 23 meter. Denne strekningen er tatt med som case for å få et eksempel på beregnede arealbeslag i to steg av planleggingsprosessen av et vegprosjekt; konsekvensutredning og reguleringsplan. I konsekvensutredningen er arealbeslaget beregnet med en buffer på vegens fotavtrykk + skråningsutslag + 2 meter på hver side. I reguleringsplanen er arealbeslaget satt lik grensene for permanent erverv (arealer som reguleres til vegformål). Arealbeslagene per naturtype, samt informasjon på infrastrukturen, er listet opp i Tabell 7.

Tabell 7: Arealbeslag E18 Retvet – Vinterbro

	KU	Reg.plan
Infrastruktur⁵		
Trasélengde [m]	15 000	15 000
Andel tunnel	15 %	15 %
Andel bru	9 %	9 %
Naturtype [daa]		
Skog – høy bonitet	356	402
Skog – middels bonitet	82	113
Skog – lav bonitet	10	31
Jordbruksareal	410	514
Myr	-	-

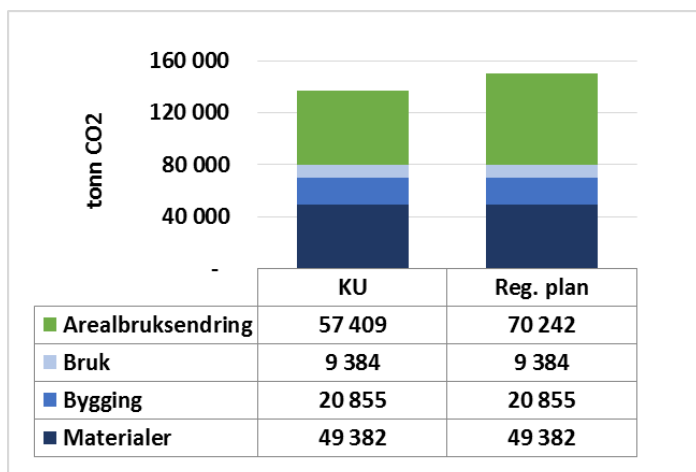
Arealene som beslaglegges av alle naturtyper er beregnet å være større i reguleringsplanen enn i konsekvensutredningen. Sammenlignet med de andre casene beslaglegger dette vegprosjektet relativt store jordbruksarealer, og det er også her de største forskjellene mellom beregningene i KU og reguleringsplan finnes. Det vil også forekomme beslag av relativt store arealer med høy-bonitetsskog.



Figur 10: Retvet – Vinterbro: Klimagassutslipp per naturtype for hver korridor [tonn CO2]

Utslipp knyttet til arealbeslag er omtrent like høye som utslipp knyttet til infrastrukturen, noe som er svært høyt sammenlignet med de andre casene. Dette kan forklares med lav andel tunneler og bruer, og at vegen er lagt i et område med mye jordbruk. Det kan også tenkes at en motorveg av denne vegklassen (H9) har høyere krav til skråningsutslag enn veger med lavere ÅDT og fartsgrense.

⁵ Tall for infrastruktur fra reguleringsplan



Figur 11: Retvet - Vinterbro: CO₂-utslipp per livsløpsfase for infrastruktur samt arealbruksendring [tonn CO₂]

4.5 Sammenstilling av casene

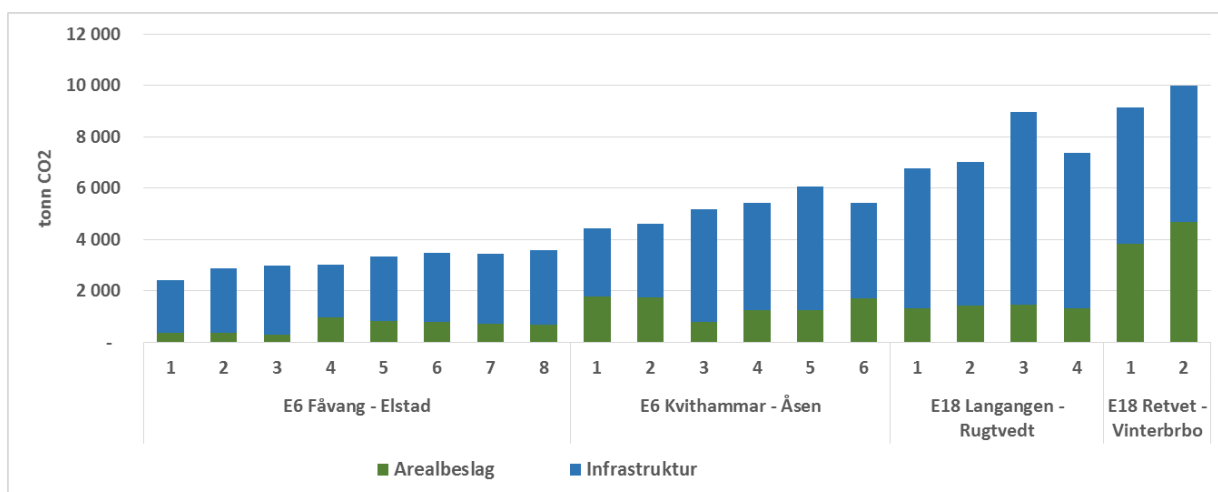
Alle casene er vurdert sammen, for å kunne få et inntrykk av variasjonen i arealbeslag. Lengde og bredde på infrastrukturene, bufferbredde, arealbeslag og utslipp knyttet til infrastruktur og arealbeslag per km er gitt i Tabell 8.

Tabell 8: Sammenstilling av vegprosjektene

Vegprosjekt	Trasé No	Total lengde [m]	Lengde med bru [m]	Lengde med tunnel [m]	Veg-bredde [m]	Buffer-bredde [m]	Totalt arealbeslag [daa]	CO ₂ -utslipp: Infrastruktur [t CO ₂ /km]	CO ₂ -utslipp: Arealbeslag [t CO ₂ /km]
Fåvang – Elstad	1	4 880	-	-	13,5	Veg + skråningsutslag + 1 m for viltgjerde	27	2 057	376
	2	4 930	-	1 470			26	2 525	362
	3	4 930	-	1 950			27	2 686	301
	4	5 040	-	-			71	2 055	960
	5	5 050	-	1 420			70	2 496	826
	6	5 060	-	1 990			73	2 681	799
	7	5 010	-	2 100			69	2 725	708
	8	5 030	-	2 690			71	2 921	677
Kvithammar - Åsen	1	15 000	160	3 430	14,75	Veg + skråningsutslag + 5 m	428	2 632	1 794
	2	13 965	230	3 310			389	2 869	1 735
	3	11 715	620	8 080			149	4 392	804
	4	11 715	620	6 580			224	4 184	1 259
	5	9 200	320	5 660			174	4 824	1 251
	6	12 535	520	5 760			342	3 724	1 710
Langangen - Rugtvedt	1	26 645	2 055	18 690	23	30 m fra senterlinje	462	5 431	1 324
	2	27 155	2 375	18 110			513	5 572	1 440
	3	20 345	4 370	11 890			399	7 483	1 470
	4	21 700	2 630	15 000			376	6 055	1 332
Retvet – Vinterbro	1	15 000	1 310	4 400	23	Veg + skråningsutslag + 2 m	858	5 308	3 827
	2	15 000	1 310	4 400	23	Ervervs-grense	1 060	5 308	4 683

Resultatene ved sammenstillingen av casene, vist i Figur 12, kan oppsummeres som følger:

- Traséene for E6 Fåvang – Elstad gir lavere utslipp per km sammenlignet med de andre casene, spesielt for arealbeslag. Strekningen er planlagt med to felt, samt at den har relativt lange strekk med tunneler. Smalere veg gir mindre arealbeslag og smalere infrastruktur, sammenlignet med casene som har hhv tre og fire kjørefelt
- Resultatene knyttet til arealbeslag for E6 Kvithammar – Åsen og E18 Langangen – Rugtvedt er i omtrent samme størrelsesorden, men i flere tilfeller er klimagassutslippene større for Kvithammar – åsen enn for Langangen – Rugtvedt. Dette er et uventet resultat, da det for Langangen – Rugtvedt er planlagt firefelts veg, mot tre felt på Kvithammar – Åsen. Relativt like arealbeslag kan forklares ved at Langangen – Rugtvedt skal anlegges på en strekning som er delvis bebygd i utgangspunktet (ny linje langs eksisterende), mens Kvithammar – Åsen går gjennom arealer som ikke tidligere er utbygget.
- Resultatene for Retvet – Vinterbro skiller seg i stor grad ut fra alle de andre casene ved at utslipp knyttet til arealbeslag er mye høyere, både per km og relativt i forhold til utslipp knyttet til infrastruktur. Dette kan forklares ved at denne strekningen har liten andel bruer og tunneler i forhold til de andre casene, og at traséen er lagt til et område med mye skog og jordbruk



Figur 12: Alle case: utslipp per km for infrastruktur og arealbeslag [tonn CO2]

5 USIKKERHETER OG AVGJØRENDE ANTAGELSER

5.1 Utslippsfaktorer

For å kunne si hvor stort CO₂-utslippet blir for ulike arealtyper, antar vi at alt lagret karbon som finnes på området hvor veien skal bygges blir fjernet og omdannet til CO₂ over tid. Dermed antar vi utslippskoeffisienten er lik karbonlageret. Dette er gyldig så lenge alt organisk materiale som finnes i jordsmonnet blir gravd opp og fjernet. Hvis det er tilfeller hvor noe av jorda ikke flyttes eller fjernes, vil lagret karbon her bli bevart og dermed er utslippskoeffisienten overestimert.

Data på karbonlagring i jord er generelt mangelfulle. Den store variasjonen i rom og tid gjør det svært kostbart å fremskaffe representative estimater som dekker ulike areal- og naturtyper. Oftest er datagrunnlaget begrenset til få studier som ikke gjenspeiler forskjeller mellom jordtyper, jordlag (især dypere jordlag), dyrkningssystemer (i jordbruksjord) og endringer over tid.

En annen utfordring er å vurdere hvor mye jordkarbon blir påvirket av et vegbyggingsområde. Endrede jordfysiske forhold (for eksempel ved drenering) vil berøre nærliggende arealer i mindre eller større grad. En detaljert jordsmonnkartlegging kan være et viktig verktøy til dette formålet.

For karbon i biomasse er usikkerheten spesielt knyttet til antakelsen om biomassens bruksområde og levetid, ettersom estimater for karbon i biomasse er mindre usikre enn tall for karbon i jord. Antar man at biomassen brukes til fyring eller energiformål er levetiden lik null, mens anvendelse som byggemateriale vil gi lenger levetid og dermed ikke resultere i CO₂-utslipp umiddelbart etter hogst. I følge IPCC er halv-levetidsperioden (antall år det tar inntil halvparten av biomassen blir brukt opp) for "solide" biomasseprodukter (e.g. sagtømmer, solid wood products ifølge IPCC) 30 år, mens tilsvarende periode for massevirke (paper products ifølge IPCC) er bare 2 år (IPCC, 2006). Det er derfor viktig å betrakte biomassens levetid i karbonregnskapet for skogen. I tillegg spiller substitusjonseffekten inn, det vil si erstatning av mer klimabelastende energikilder eller byggematerialer. Disse aspektene er imidlertid ikke inkluderte i verktøyet, av hensyn til detaljeringnivå.

Innvirkning på CO₂-opptak fra vegbygging

Utover påvirkningen av vegbygging på karbonlageret som finnes i arealtypen hvor en veg skal anlegges, skjer det en påvirkning på det potensielle CO₂-opptaket i biomassen. CO₂-opptak i biomasse er hovedsakelig relevant for arealtypen skog, på grunn av den store tilveksten, og dermed biomassen som bygges opp. Når trærne hugges og fjernes stopper tilveksten og dermed det årlige CO₂-opptaket som skogens biomasse bidrar til. Opptaket som går tapt kan være større eller mindre, avhengig av skogens alder, bonitet, osv. Hvis man bruker Landskogstakseringens tilveksttabeller for de ulike klasser i produktiv skog, varierer CO₂-opptaket mellom 0,2-1,8 kg CO₂/m² per år fra lave til høye bonitetsklasser.

CO₂ opptak i jord skjer mye langsommere enn i biomasse, og skjer kun når karbontilførselen er større enn tapet gjennom nedbrytning (respirasjon). Dette er ikke tilfellet på jordbruksarealer, hvor dyrking medfører et karbontap over tid (Uhlen, 1991). I noen gressarealer skjer det CO₂-opptak i jorda, men denne typene arealer kan også være i balanse, altså ingen opptak eller tap, da biomassen kompenserer for respirasjonen i jorda. For skogsjord skjer karbonopptak også ganske langsomt, og raten er større i yngre skoger med større tilvekst enn i eldre skog. De Wit m.fl. (2006) estimerte et årlig karbonopptak for

skoger i Sørøst-Norge på 0,08 tonn C/ha per år, som tilsvarer omtrent 0,03 Kg CO₂/m² per år. Dette tallet er kun veiledende, og man kan også forvente variasjoner som følge av skogens alder, bonitet, jordtype, etc. CO₂-opptak skjer også i myr og torvmark, men nettoeffekten av dette er avhengig av balansen mellom utslipp av CO₂ og andre klimagasser som metan og lystgass, som spiller en viktig rolle i klimaregnskapet for denne naturtypen.

En helhetlig vurdering av tap av CO₂ som følge av vegbygging bør inkludere tapet av potensielt CO₂-opptak i fremtiden, men de store usikkerhetene i datagrunnlaget (især for jord), kompleksiteten og tidsperspektivet gjør dette utfordrende.

Et annet aspekt som bør vurderes når man skal beregne CO₂-utslipp som følge av nedbygging av ulike areal typer, er indirekte arealbruksendringer. Dette er spesielt aktuelt ved nedbygging av jordbruksområder, da dette arealet med relativt høy sannsynlighet må erstattes for å kunne opprettholde produksjonsvolumet av mat. Dette vil kunne medføre hugging av skog, som videre medfører ytterligere CO₂-utslipp.

5.2 Arealberegninger

Når det foretas arealberegninger i konsekvensutredninger, er det opp til utreder å definere bufferbredden, og for de casene det er sett på her, varierer denne for alle vegprosjektene. Antakelser knyttet til størrelse på buffersonen har potensielt store konsekvenser for resultatene, og det vil være fordelaktig å undersøke nærmere på hvilket grunnlag dette antas per i dag i de kvalitative vurderingene av konsekvenser for naturressurser i KU.

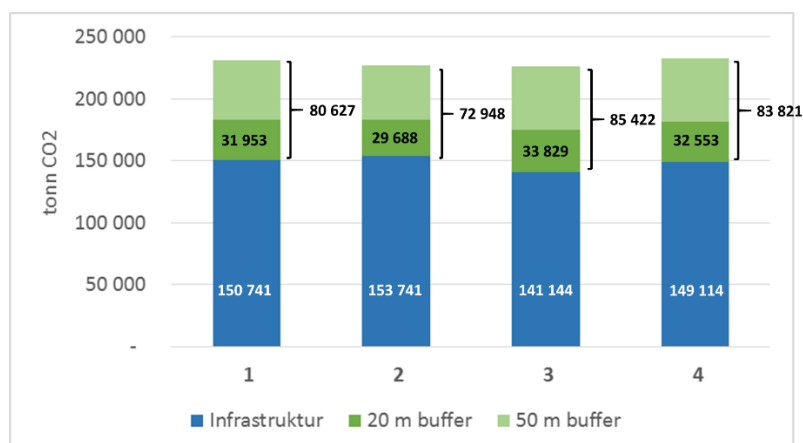
5.3 Følsomhetsanalyse

Det er foretatt noen beregninger der et utvalg av usikre parametere er variert. Disse er bufferbredde og utslippskoeffisienter for henholdsvis biomasse, jord i skog og jordbruksareal.

Bufferbredde

En GIS-analyse av 4 alternative traséer er gjennomført for ny E39 gjennom Lyngdal kommune (Munksgaard, 2015). Analysene i GIS-verktøyet er foretatt med 5 ulike bufferavstander; 10, 20, 30, 40, og 50. Arealberegningene ble foretatt ved bruk av AR5-kart. Figur 13 viser resultater for infrastrukturen (blå søyler) og arealbeslag for henholdsvis 20

(mørk grønn) og 50 (mørk + lys grønn) m buffer. Ved 20 m bufferbredde utgjør utslipp fra arealbeslag fra 17 til 24 % for de fire traséene, og ved 50 m 32 til 38 %.



Figur 13: E39 Lyngdal kommune: 4 traséer, to alternative bufferbredder

Utslippskoeffisienter

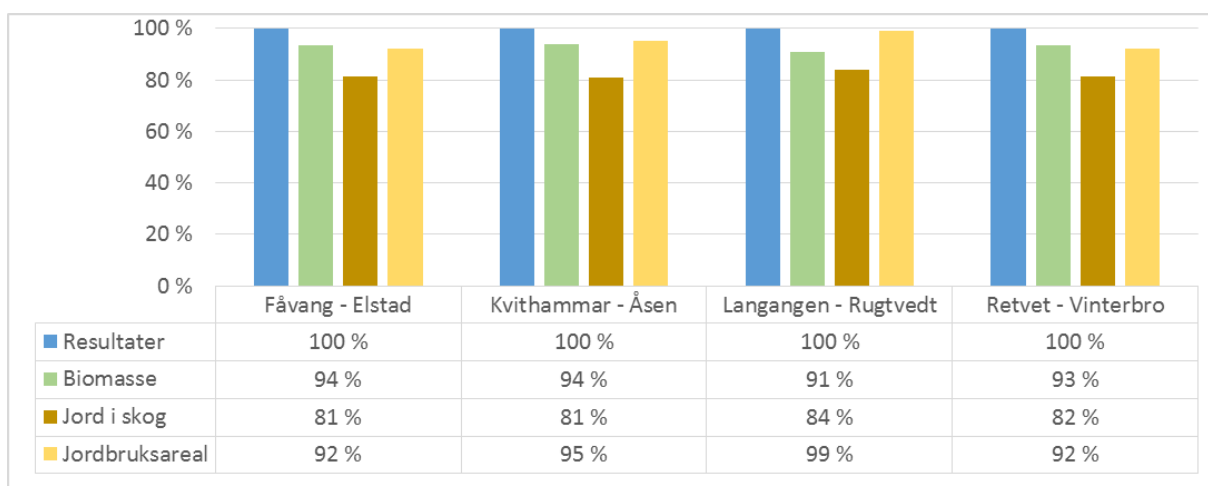
Beregninger med en reduksjon på 25 % i verdiene for utslippskoeffisientene for biomasse, jord i skog og jordbruksareal er gjort for å få et inntrykk av hvordan usikkerhet i disse parameterne kan påvirke resultatene.

Biomasse

- Det er ikke knyttet spesielt stor usikkerhet til karboninnhold i biomasse. Variasjoner i CO₂-utslipp per m³ biomasse er knyttet seg mer til problematikken rundt sluttbruk av biomassen, dvs tidshorisont for utslippene. Dersom man antar at 25 % av biomassen benyttes til byggematerialer, gir dette en reduksjon av utslippene på 25 % i det første beregningsåret.
- Utslippsreduksjonen for biomasse gir reduksjoner på 6 – 9 % for de totale resultatene for disse casene

Jord i skog

- Det er knyttet relativ høy usikkerhet til karboninnholdet i jord. I tillegg er det også her en del problematikk knyttet til tidsaspektet for når utslippene forekommer.
- Reduksjon på 25 % på utslippene fra jord i skog gir reduksjoner på hele 16 – 19 % i totalresultatene.



Figur 14: Følsomhetsanalyse av én trasé per case

Jordbruksareal

- Reduksjon i utslippskoeffisienten for jordbruksareal gir reduksjoner i totale utslipp på 1 til 8 % for disse casene.

Resultatene her viser at klimagassutslipp knyttet til jord i skog er av stor betydning for samlede utslipp fra arealbeslag ved vegbygging. Disse utslippene utgjør en stor andel av de totale utslippene, og det er knyttet en del usikkerhet til utslippskoeffisientene som benyttes.

6 OPPSUMMERING

Beregningsmetoden og verktøyet som er utviklet og beskrevet her er svært godt egnet til å benyttes på kommunedelplan-nivå i forbindelse med konsekvensutredninger. Dette fordi man i disse utredningene beregner arealer for de samme naturtypene som er vurdert som relevante for beregninger av CO₂-utslipp. Når det gjelder konseptvalgutredning kan man ikke si så mye om egnethet basert på det arbeidet som er gjort her. I det ene eksempelet med KVU som er sett på her, er det benyttet svært brede korridorer som på langt nær gjenspeiler faktisk arealbeslag av de ulike naturtypene.

Det er noe usikkerhet knyttet til metoden. Følsomhetsanalysene indikerer at usikkerhet knyttet til utslippsfaktorene for jord i skog har størst betydning for totale resultater. I tillegg er relativt høy usikkerhet knyttet til karboninnhold i jord, da det per i dag er begrenset tilgang på data på dette. En annen faktor som har stor betydning for utslipp ved arealbeslag er bufferbredden som benyttes ved arealberegninger. Praksis på antagelser som tas her bør kartlegges, for å et foreta en utvidet evaluering av beregningsmetodens egnethet.

Basert på en totalvurdering anses beregningsmetoden å være tilstrekkelig utviklet for inkludering i nytte-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT, og dermed inngå i prissatte konsekvenser på lik linje med klimagassutslipp knyttet til veginfrastruktur.

7 REFERANSER

Callesen, I., J. Liski, K. Raulund-Rasmussen, M. T. Olsson, L. Tau-Strand, L. Vesterdal, and C. J. Westman. Soil carbon stores in Nordic well-drained forest soils - relationships with climate and texture class. *Global Change Biol.* 9 (3):358-370, 2003.

de Wit, H. A. & Kvindesland, S. Carbon stocks in Norwegian forest soils and effects of forest management on carbon storage. Report No. Rapport fra skogforskningen. Supplement 14, 52 pp., (Norwegian Forest Research Institute, Ås, 1999).

Grønlund, A., Hauge, A., Hovde A. & D. Rasse (2008). Carbon loss for cultivated peat soils in Norway: a comparison of three different methods. *Nutrient Cycling Agroecosystem* 81: 157-167.

Grønlund, A., K. Knoth de Zarruk, D. Rasse, H. Riley, O. Klakegg, & I. Nystuen (2008). Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord. Bioforsk rapport nr 132, vol. 3. ISBN 978-82-17-00426-4. 47 s.

Grønlund, A. K. Bjørkelo, G. Hysten og S. Tomter (2010) CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser. Bioforsk Report Vol. 5 Nr. 162 2010. På oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning. Tilgjengelig på nett: <http://www.miljodirektoratet.no/old/dirnat/multimedia/48153/BIOFORSK-RAPPORT--nr-162.pdf>

Lange, H. et al. Soil organic carbon stocks and changes in Norwegian forest ecosystems. *Natural resources and bioeconomy studies* 29, 45 (2015).

L. B. Guo and R. M. Gifford. Soil carbon stocks and land use change: A meta analysis. *Global Change Biol.* 8 (4):345-360, 2002.

Lars Vesterdal, Nicholas Clarke, Bjarni D. Sigurdsson, and Per Gundersen, 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management* 309 (0):4-18, 2013.

Maljanen, M., B. D. Sigurdsson, J. Gudmundsson, H. Oskarsson, J. H. Huttunen & P. J. Martikainen (2009). Land-use and greenhouse gas balances of peatlands in the Nordic countries – presnet knowledge and gaps. *Biogeosciences Discussions*, 6, 6272-6338.

Munksgaard, H., (2015). GIS-analyse av 4 traséer for E39 i Lyngdal kommune, kommunedelplannivå. Asplan Viak, divisjon for Plan og Analyse. Mail-korrespondanse oktober-november 2015.

National Inventory Report (NIR) 2014 / Klimasenter NIBIO

Olsson, M. T. et al. Organic Carbon Stocks in Swedish Podzol Soils in Relation to Soil Hydrology and Other Site Characteristics. *Silva Fennica* 43, 209-222 (2009).

Rivedal, S., Bárcena, T.G., 2014. Kartlegging av klimabidrag og aktuelle klimatiltak i landbruket i Hordaland. In Norwegian, Bioforsk Report 9 (135), 53 p.

Sandvik, K., O., Hammervold, J. 2009. Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Utbyggingsavdelingen Rapport nr 2009/11

Skjelvik, J. M., Lindhjem, H., Magnussen, K. (2014). Beregning av tap av CO₂ som følge av vegbygging på skogsareal. Vista Analyse AS, rapport nr. 2014/26.

Statens vegvesen rapport nr. 358, 2015: Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6

