



# Notat Klimabudsjett - KU

## E18 Dørdal – Grimstad

02.04 | 19

---

Dok-F-011

Klimabudsjettberegninger

Vi bygger **gode** veier **raskt** og **smart**



### Dokumentinformasjon

Oppdragsnr:	616937
Prosjektfasenr:	119103
Oppdragsnavn:	Kommunedelplan for E18 Dørdal – Grimstad
Dokument nr.:	Dok-F-011
Filnavn:	Dok-F-011 Klimabudsjett.docx

### Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
0	15.02.19	Foreløpig	J. Hammervold/M. Fuglseth/L. E A-W.Ellingsen	M. Fuglseth	A. Fyksen
1	02.04.19	Planforslag til høring	J. Hammervold/M. Fuglseth	M. Fuglseth	A. Fyksen

# Vi bygger gode veier raskt og smart



## Forord

Nye Veier har ansvaret for planlegging og utbygging av utvalgte strekninger av E18 i Telemark og Aust-Agder. For strekningene Dørdal – Tvedestrand og Arendal – Grimstad starter planprosessen med kommunedelplan, som skal avklare og fastsette korridor for videre planlegging og utbygging. Asplan Viak og Rambøll er engasjert av Nye Veier for gjennomføringen av planarbeidet. Planleggingen er et prøveprosjekt hvor Nye Veier lager kommunedelplan, det vises til Meld. St. 25 (2014-2015) På rett vei - Reformen i veisektoren. De berørte kommunene har etablert et interkommunalt plansamarbeid etter reglene i plan- og bygningsloven kapittel 9.

I henhold til reglene i plan- og bygningsloven og forskrift om konsekvensutredninger skal det gjennomføres en konsekvensutredning som grunnlag for planbehandlingen. Konsekvensutredningen er basert på vedtatt planprogram for E18 Dørdal – Grimstad, datert 23.01.2019.

Utredningsarbeidet har pågått i perioden mai 2018 til mars 2019. I forbindelse med høring og offentlig ettersyn av planprogrammet har det vært åpne møter i alle berørte kommuner og kommunepolitikerne har blitt holdt løpende orientert om arbeidet.

Beregninger av klimagassutslipp for strekningen i konsekvensutredning er utført av Johanne Hammervold. Mie Fuglseth, har vært fagansvarlig for arbeidet. Johanne Hammervold, Mie Fuglseth og Linda Ager-Wick Ellingsen, alle fra Asplan Viak, har utarbeidet fagnotat. Temaet klimabudsjett inngår i disiplinen ikke-prissatte temaer. Ane Fyksen fra Asplan Viak har vært disiplinleder for ikke-prissatte temaer.

Prosjektleder for Nye Veier har vært Solfrid Førland. Rådgivergruppa har vært ledet av oppdragsleder Kristi K. Galleberg fra Asplan Viak og assisterende oppdragsleder Elisabeth O. Herstad fra Rambøll.

Sandvika, 2. april 2019.

## Innhold

1.	Innledning .....	8
1.1	Målsetning .....	8
1.2	Beskrivelse av eksemPELLINJER .....	8
1.3	Metodikk og avgrensning .....	9
1.3.1	Forutsetninger for analysen.....	10
2.	Resultater .....	12
2.1	Resultater – oversikt over klimagassutslipp for samtlige strekninger .....	12
2.2	Resultater – bygging og drift og vedlikehold .....	15
2.3	Resultater – sammenlikninger av eksemPELLINJEalternativer .....	17
2.3.1	Strekning 1: Dørdal – Grøtvann.....	17
2.3.2	Strekning 2: Grøtvann - Tangen vest .....	18
2.3.3	Strekning 3: Tangen vest – Skorstøl .....	19
2.3.4	Strekning 4: Skorstøl - Lindland .....	20
2.3.5	Strekning 5: Lindland – Tvedestrand.....	22
2.3.6	Strekning 21: Arendal – Asdal.....	23
2.3.7	Strekning 22: Asdal - Temse .....	24
2.3.8	Strekning 23: Temse - Grimstad.....	25
2.4	Resultater - arealbeslag.....	26
3.	Diskusjon og anbefalinger for eksemPELLINJEvalg .....	31
3.1	Anbefalinger for linjevalg .....	31
3.2	Vurdering av måloppnåelse for reduksjon av klimagassutslipp .....	32
3.3	Følsomhetsvurdering av referanseberegninger .....	34
4.	Anbefalinger for å nå klimamål.....	37
4.1	Valg av trasé og overordnede grep.....	37
4.2	Anbefalinger, anleggsfase .....	37
4.3	Anbefalinger, materialvalg .....	38
4.4	Anbefalinger, drift og vedlikehold.....	38

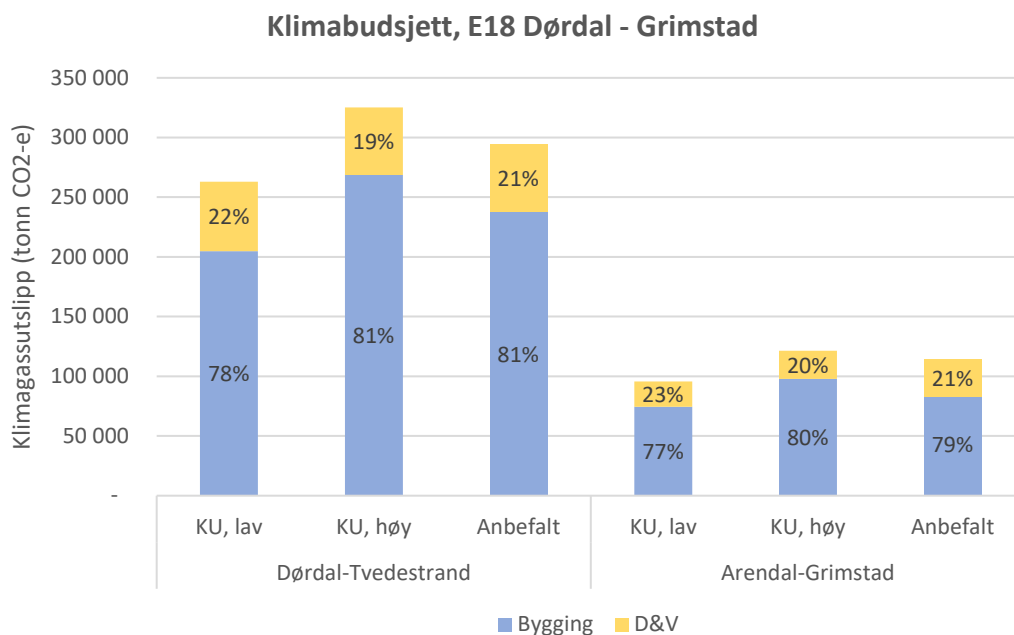
## SAMMENDRAG

Dette notatet beskriver klimagassberegninger utført i konsekvensutredning for E18 Dørdal-Grimstad, for bygging og drift og vedlikehold av infrastrukturen i 40 år. Beregningene skal bidra til beslutningsgrunnlaget for prioritering av eksempellinjevalg, og vurdere hvordan prosjektet ligger an med hensyn til å nå prosjektets resultatmål for klimagassutslipp (-40% for byggefase, -75% for driftsfase).

5 alternative eksempellinjer er vurdert for delstrekning Dørdal-Tvedestrand, og 3 alternativer er vurdert for delstrekning Arendal-Grimstad. Beregningene viser at samlede klimagassutslipp vil ligge mellom 255 000 og 325 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for delstrekning Dørdal-Tvedestrand, og mellom 96 000 og 122 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for delstrekning Arendal-Grimstad. Samlet for begge delstrekninger gir dette et spenn på ca. 350 000 - 447 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Linjen som gir lavest klimagassutslipp er 1A-2C-3C-4D-5C-21A-22C-23F. Linjen som anbefales i sammenstillingsrapport for konsekvensutredning (1B-2A-3A-4A-5B-21A-22C-23F) vil gi et utslipp på ca. 405 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

	Dørdal-Tvedestrand		Arendal-Grimstad	
	Eksempellinje-kombinasjon	Klimagassutslipp (tonn CO <sub>2</sub> -e)	Eksempellinje-kombinasjon	Klimagassutslipp (tonn CO <sub>2</sub> -e)
<b>KU, lav</b>	1A-2C-3C-4D-5C	263 000	21B-22B-23G(B+C)	96 000
<b>KU, høy</b>	1B-2D-3A-4B-5A	325 000	21A-22C-23C	121 500
<b>KU, anbefalt</b>	1B-2A-3A-4A-5B	294 000	21A-22C-23F	110 000

Figuren viser beregnede klimagassutslipp for høyeste og laveste kombinasjon av eksempellinjealternativene med hensyn til klimagassutslipp, samt utslipp for anbefalt linje fra sammenstillingsrapport i konsekvensutredning:



Forskjellen fra den eksempellinjekombinasjonen som gir de laveste beregnede klimagassutslippene til den som gir de høyeste er ca. 88 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, dvs. en forskjell på 24%. Denne forskjellen i utslipp tilsvarer i størrelsesorden 94% av det samlede

årlige klimafotavtrykket til alle kommunene strekningen passerer gjennom<sup>1</sup>. Hvilke eksempellinjer som velges har dermed stor betydning, både for prosjektets totale klimaavtrykk, og for klimagassutslipp fra regionen.

Forskjellene i klimagassutslipp mellom eksempellinjene skyldes hovedsakelig omfang av sprengning, massebearbeiding og -transport (både i linja og ut av linja). Eksempellinjelengde samt utstrekning av bru og tunnel er også av betydning. Utslipp fra byggefasen står for den klart største andelen av totale klimagassutslipp over 40 år. Tiltak for å redusere utslipp bør derfor først og fremst rettes mot denne fasen. De viktigste bidragsyterne til klimagassutslipp fra delstrekningene er sprengning, massebearbeiding og -transport. Klimabudsjettet gjenspeiler at det er et stort masseoverskudd for de fleste eksempellinjealternativene.

For å nå prosjektets klimamål anbefales følgende grep for videre linjevalg, i prioritert rekkefølge:

1. Velge linjer med minst behov for inngrep som fører til sprengning og masseflytting
2. Velge linjer som unngår bru og tunnel
3. Velge linjer som er kortest mulig
4. Velge linjer der konstruksjoner er plassert der det er minst mulig behov for grunnstabilisering

For å minimere klimagassutslipp fra massehåndtering anbefales følgende tiltak:

- Etablere en helhetlig strategi for massehåndtering
- Unngå etablering av midlertidige deponier, fordi dette kan føre til dobbelt behandling av masser
- Bygge bruer og tunneler tidlig slik at det kan rasjonalisere massetransporten. Kryssing av vann, elver eller høye fjell kan føre til store omveier for massetransporten
- Transport med dumper i stedet for lastebil
- Bruk av jordmasser til skråningspuss lokalt
- Utnyttelse av god steinkvalitet i overbygningen (utnytte de stedene med best steinkvalitet)

Det er gjort beregninger av klimagassutslipp fra permanent beslaglegging av skog, myr og jordbruksarealer. Beregnede klimagassutslipp fra arealbeslag spenner fra ca. 6700 tonn CO<sub>2</sub>-e til ca. 53 500 tonn CO<sub>2</sub>-e per eksempellinje. Dette tilsvarer i størrelsesorden 54% av utslipp fra bygging og drift og vedlikehold av veiinfrastrukturen i snitt for alle eksempellinjealternativene.

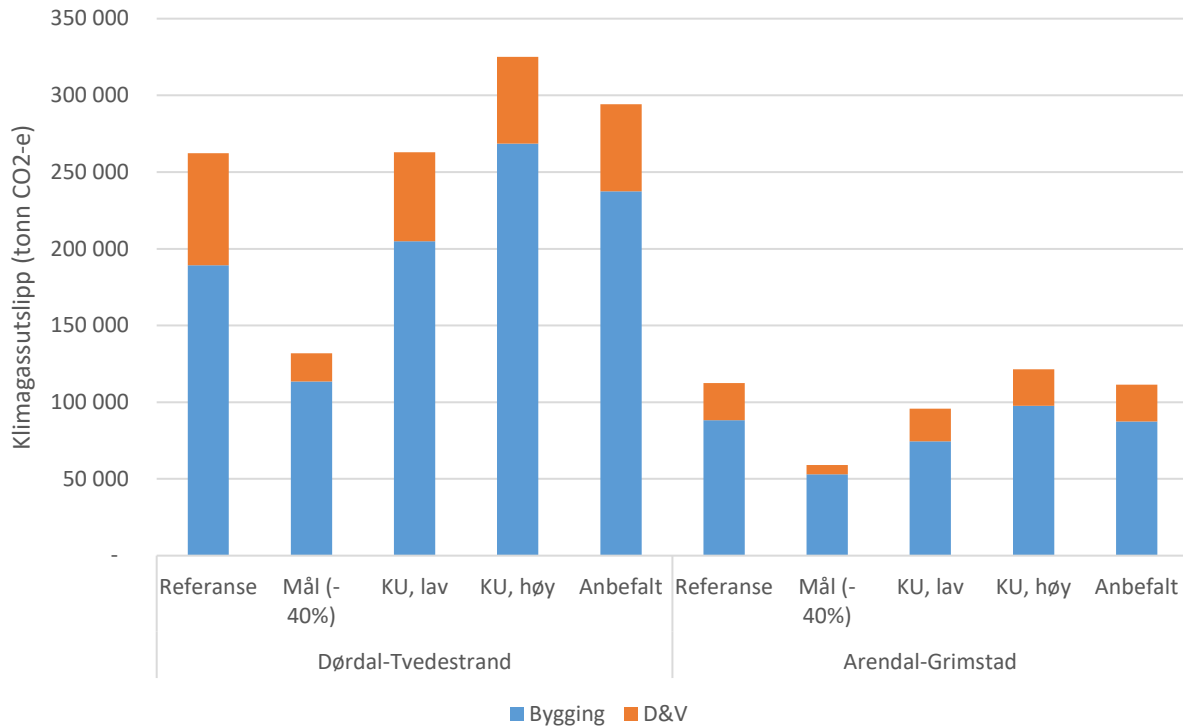
Dersom utslipp fra arealbeslag medregnes, vil totale utslipp fra strekningen ligge mellom ca. 540 000 og 631 000 tonn CO<sub>2</sub>-e. Klimagassutslipp for den anbefalte linjen øker med 54 %, til ca. 614 000 tonn CO<sub>2</sub>-e.

For å vurdere hvordan prosjektet ligger an til å nå resultatmålene for reduksjon av klimagassutslipp, er høyeste og laveste mulige verdi per delstrekning sammenliknet med referanseberegninger for strekningen, utarbeidet av Niras. Referanseberegningene er ekskludert utslipp fra arealbeslag.

<sup>1</sup> Klimafotavtrykk for kommuner i 2012, beregnet av Asplan Viak med Klimakost (<http://www.klimakost.no/>)



### Klimabudsjett for E18 Dørdal-Grimstad, sammenliknet med referanse og målsetting



Dersom Niras' referanse legges til grunn, må prosjektet redusere beregnede utslipp med mellom 170 000 og 253 500 tonn CO<sub>2</sub>-e for å nå klimamålene, avhengig av hvilke eksempliner som velges. Dette tilsvarer en reduksjon av utslipp fra byggefasen på 40% hvis man legger det lave estimatet til grunn, men 54% hvis det høye estimatet brukes. For driftsfasen må utslipp reduseres med rundt 70% for både høyt og lavt estimat. For den anbefalte linjen må utslippene reduseres med ca. 213 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, tilsvarende 53% totalt for å nå klimamålet. Dette tilsvarer ca. 50% reduksjon for byggefasen og ca. 70% reduksjon i drift.

En sammenlikning av beregningene beskrevet her og referanseberegningene gjort av Niras avdekker imidlertid at ulikheter i metodegrunnlag og beregningsfaktorer gjør at beregningene i for liten grad er sammenlignbare til at man kan si at resultater fra denne analysen gjenspeiler utslippøkning/-reduksjon i forhold til referansen fra 2018. Det er imidlertid planlagt et arbeid for å harmonisere beregningsmetodikk og -faktorer på tvers av de verktøyene som er brukt i beregningene beskrevet her, og Niras' beregningsverktøy. Det anbefales derfor at prosjektet følger dette arbeidet, og vurderer behov for oppdatering av referansen når resultatene av harmoniseringsarbeidet foreligger.

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Målsetning

I tråd med Nasjonal Transportplan har Nye Veier satt ambisiøse mål for begrensning av klimagassutslipp i sine veiprojekter. I planprogrammet for dette prosjektet angir resultatmål 4 følgende målsetning for klimagassutslipp:

*Kommunedelplanen og prosessen skal muliggjøre 40 % reduksjon av klimagassutslipp (direkte og indirekte) fra utbyggingen, og 75 % reduksjon av klimagassutslipp ved drift og vedlikehold av anlegget sammenlignet med tradisjonelle løsninger der det ikke legges noen vekt på å redusere klimagassutslipp.*

Formålet med klimagassberegninger for veiinfrastrukturen gjennomført i denne fasen er derfor todelt:

1. Bidra til beslutningsgrunnlaget for prioritering av eksempellinjevalg
2. Vurdere hvordan aktuelle eksempellinjer ligger an med hensyn til å nå prosjektets resultatmål 4

Første punkt besvares ved å angi totale resultater for beregnet klimapåvirkning fra de vurderte eksempellinjealternativene (se Tabell 1), slik at det framgår hvilke alternativer som gir lavest klimapåvirkning over analyseperioden, basert på tilgjengelig informasjon i denne fasen av prosjektet.

Andre punkt besvares ved å sammenlikne beregningene mot referanseberegninger for hele strekningen E18 Dørdal-Grimstad, utført av Niras i juli 2018, etter ønske fra Nye Veier. Disse beregningene, inkludert forutsetninger, er beskrevet i egne rapporter. Ettersom det er vurdert svært mange eksempellinjekombinasjoner, er sammenlikningen gjort for høyeste og laveste mulige verdi per delstrekning (Dørdal-Tvedestrand og Arendal-Grimstad). Dette viser det mulige spennet for klimagassutslipp for den planfasen prosjektet befinner seg i, og gir en indikasjon på hvordan prosjektet ligger an med hensyn til måloppnåelse, og hvor stor utslippsreduksjon som må til for at målene nås.

Niras' referanseberegninger bygger på en delvis, men ikke helt tilsvarende metodikk som beregningene beskrevet i dette notatet. Hvordan dette påvirker vurderingen av måloppnåelse treffer for prosjektet er drøftet i kapittel 3.3.

### 1.2 Beskrivelse av eksempellinjer

Denne kommunedelplanen omfatter delstrekningene Dørdal – Tvedestrand og Arendal – Grimstad. Disse er oppdelt i henholdsvis 5 og 3 strekninger med flere eksempellinjealternativer. Tabell 1 viser en oversikt over strekninger og eksempellinjealternativer for hver av delstrekningene.



Tabell 1: Strekninger og eksempelalternativer som omfattes i analysen

<b>DELSTREKNING 1: Dørdal - Tvedestrand</b>	<b>EKSEMPELLINJE</b>
Strekning 1: Dørdal - Grøtvann	1A
	1B
Strekning 2: Grøtvann – Tangen vest	2A
	2B
	2C
	2D
Strekning 3: Tangen vest – Skorstøl	3A
	3B
	3C
Strekning 4: Skorstøl - Lindland	4A
	4B
	4C
	4D
	4E
	4F
	4G
	4H
	4I
Strekning 5: Lindland - Tvedestrand	5A
	5B
	5C
	5D
	5E
	5F (C-E)
<b>DELSTREKNING 2: Arendal - Grimstad</b>	<b>EKSEMPELLINJE</b>
Strekning 21: Arendal - Asdal	21A
	21B
Strekning 22: Asdal - Temse	22A
	22B
	22C
Strekning 23: Temse - Grimstad	23A
	23B
	23C
	23D
	23E
	23F
	23G (B+C)

### 1.3 Metodikk og avgrensning

Klimabudsjettet for veiinfrastruktur er beregnet med livsløpsmetodikk i henhold til ISO 14040:2006 *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk*. Videre er beregningsfaktorer, antagelser og utslippsfaktorer i henhold til siste tilgjengelige oppdatering av VegLCA, versjon v3.01 (Statens vegvesens verktøy for livsløpsvurdering av veiprojekter, utviklet av Asplan Viak) samt metode i Klimamodulen i EFFEKT 6.6. Denne klimamodulen er en videreutvikling (gjennomført i 2014) av *Statens Vegvesens metode for beregning av energiforbruk og Klimagassregnskap* fra 2009, utviklet av J. Hammervold for Statens

Vegvesen). For oversikt over utslippsfaktorer vises det til dokumentasjon for EFFEKT<sup>2</sup> og VegLCA<sup>3</sup>.

40 års analyseperiode er lagt til grunn i beregningene. For elementer som har vesentlig lenger forventet levetid enn 40 år (tunnel og bru) er utslipp korrigert i henhold til forventet levetid.

I tillegg er det gjort vurderinger av klimagassutslipp fra arealbeslag, beskrevet i kapittel 2.4.

Klimamodulen i EFFEKT angir utslipp fra trafikk på veien i analyseperioden. Ettersom Nye Veier ikke har mulighet til å påvirke utslippene fra trafikk i driftsfasen, er dette imidlertid ikke inkludert i beregningene.

Andre aktiviteter som ikke er medregnet, av hensyn til usikkerhet rundt tall og erfaringsmessig små bidrag til totale utslipp, omfatter:

- Tiltak på lokalveier
- Vinterdrift
- Utskifting av komponenter utover slitelag
- Avhending av infrastrukturen ved endt levetid

### 1.3.1 Forutsetninger for analysen

Klimagassberegningene baserer seg på mengdeinformasjon fra utredninger i andre fag i konsekvensutredningen samt generiske data (nøkkeltall) for komponenter der mengder ikke er tilgjengelige på dette planstadiet. Tabell 2 angir en oversikt over datagrunnlag og beregningsfaktorer som er benyttet:

Tabell 2: Beregningsfaktorer benyttet i analysen

Element / prosess	
Mengder jord- og steinmasser (sprengning, graving, fylling, transport innad i og inn/ut av linja)	Masseberegningene er basert på beregninger i Novapoint
Vei i dagen	Mengder for de ulike lagene i veikroppen (filter-/frostsikringslag, forsterkningslag, bærelag, bindlag og slitelag) er hentet fra beregninger i Novapoint 4-feltsvei med 4 parallelle rekkverk
Bru	Generisk inventar basert på EFFEKT 6.6. 4-parallele rekkverk (doble ytterrekkverk). Bredde på bruene: Delstrekning 1: 22,5 m, Delstrekning 2: 24,5 m. Tykkelse på bindlag + slitelag antatt 0,08 m. Levetid 100 år (EFFEKT 6.6)
Tunnel	Generisk inventar basert på EFFEKT 6.6 og Håndbok N500 Veitunneler. For alle tunnelengder er det antatt tunnelprofil T9,5, doble løp Levetid 100 år (EFFEKT 6.6)
Kryss	Generisk inventar for hhv hele og halve kryss
Elektrisitetsmiks	Antagelser for utslippsfaktor for elektrisitet er basert på pågående arbeid med samkjøring av tidligfaseverktøy for infrastruktur <sup>4</sup> .

<sup>2</sup> <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/publikasjoner/Statens+vegvesens+rappporter>

<sup>3</sup> <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning+og+utvikling/Avsluttede+FoU-program/Lavere+Energiforbruk+i+Statens+vegvesen+%28LEIV%29/rappporter>

<sup>4</sup> Klimamodul i EFFEKT og Tidligfaseverktøy for bane skal samkjøres (Asplan Viak på oppdrag av transportetatens klimagruppe til NTP, des. 2018 – april 2019)

	Produksjon av materialer og bygging: Norsk miks (30 g CO <sub>2</sub> /kWh) Drift og vedlikehold: Europeisk snitt 220-2070 (135 g CO <sub>2</sub> /kwh) Utslippsfaktorer for elmiksene er i henhold til NS3720 <i>Norsk standard for klimagassregnskap for bygg</i>		
Klimagassutslipp som følge av arealbruksendring	Estimat basert på mengder arealkart og <i>Metode for beregning av CO<sub>2</sub>-utslipp knyttet til arealbeslag ved veibygging</i> (2015, av Asplan Viak og NIBIO for Statens vegvesen)		
	<b>Enhet</b>	<b>Verdi</b>	<b>Kilde</b>
Transportavstand for masser i linja	km	2	Grovt estimat for prosjektet
Transportavstand for masser ut/inn av linja	km	15	Grovt estimat for prosjektet
Dieselforbruk ved utgraving, opplasting og planering av jord-/steinmasser	l/lm <sup>3</sup>	1	EFFEKT 6.6 (kap 8)
Dieselforbruk ved legging og komprimering av bærelag, bindlag og slitelag	l/lm <sup>3</sup>	2	EFFEKT 6.6 (kap 8)
Dieselforbruk ved legging og komprimering av forsterknings-/frostsikringslag	l/lm <sup>3</sup>	2	EFFEKT 6.6 (kap 8)
El-forbruk driving av tunneler	kWh/m	450	VegLCA v3.01
Teoretisk sprengningsprofil (T9,5)	m <sup>2</sup>	71	Håndbok N500 Vegtunneler
Sprengstofforbruk, i fjell	kg	1,2	VegLCA v3.01
Sprengstofforbruk, i dagen	kg	2,2	VegLCA v3.01
Analyseperiode	år	40	VegLCA v3.01
Tetthet jordmasser	tonn/lm <sup>3</sup>	1,3	VegLCA v3.01
Tetthet steinmasser	tonn/lm <sup>3</sup>	1,7	VegLCA v3.01
Tykkelse bindlag + slitelag <sup>5</sup>	m	0,08	VegLCA v3.01
Rekkverk	kg/m	20	VegLCA v3.01
Antall langsgående rekkverk	stk	4	Vegprofil for prosjektet
Dekkelevetid	år	5	EFFEKT 6.6 (Kapittel 6.2.3: Tabell 31. Gjelder for ÅDT rundt 20 000)
Energibruk belysning	kWh/m*år	26,5	EFFEKT 6.6 (kap 8)
Energibruk ventilasjon tunneler	kWh/m*år	7,5	EFFEKT 6.6 (kap 8)

<sup>5</sup> Gjelder for dekke i tunneler og på bruer, samt som grunnlag for beregning av forbruk av asfalt i reasfaltering

## 2. RESULTATER

Klimabudsjett for bygging, drift og vedlikehold over 40 år, målt i tonn karbondioksid-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>-e), er beregnet for delstrekningene Dørdal–Tvedestrand og Arendal–Grimstad.

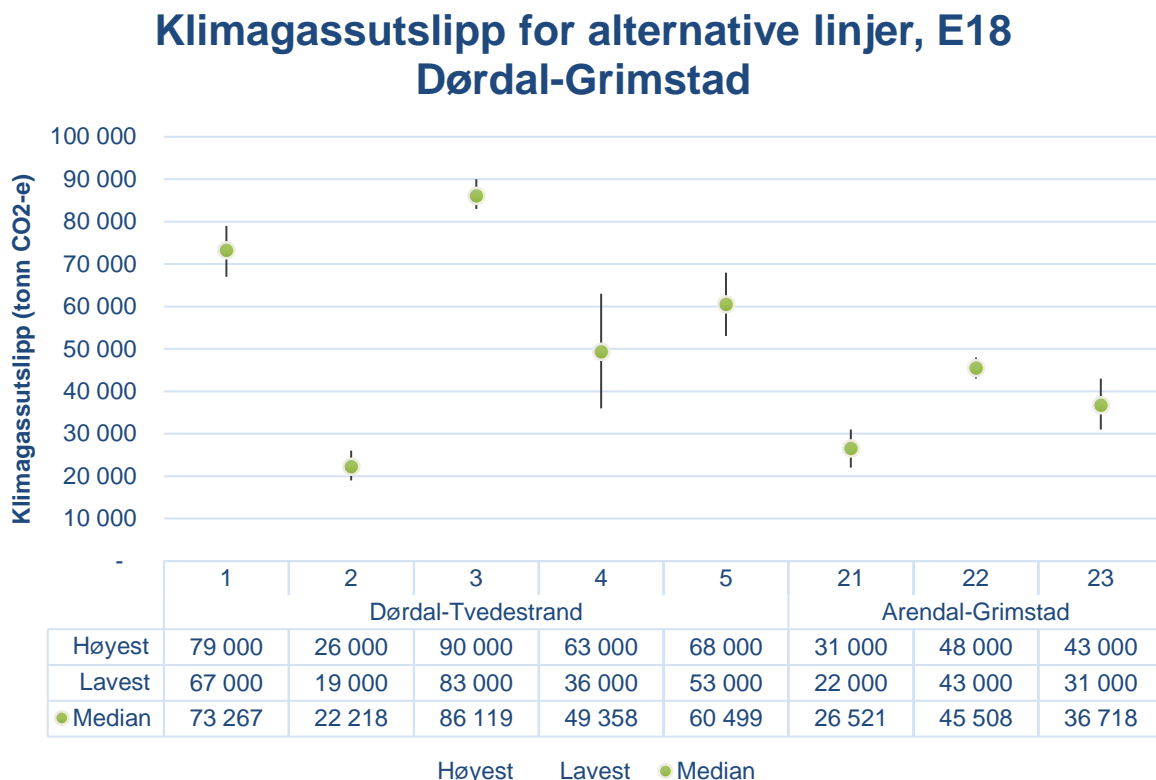
Delstrekningen Dørdal–Tvedestrand består av strekningene 1 til 5, mens delstrekningen Arendal–Grimstad består av strekningene 21 til 23. Vi presenterer først overordnede utslipp for de forskjellige strekningene i kapittel 2.1 og 2.2, før vi ser nærmere på hva som bidrar til utslipp for de ulike eksempellinjene i kapittel 2.3. Beregninger av klimagassutslipp fra arealbeslag presenteres i kapittel 2.4.

Alle utslippstall i teksten er avrundet til nærmeste 500 tonn CO<sub>2</sub>-e.

### 2.1 Resultater – oversikt over klimagassutslipp for samtlige strekninger

Beregningene viser at samlede klimagassutslipp vil ligge mellom 255 000 og 325 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for delstrekning Dørdal-Tvedestrand, og mellom 96 000 og 122 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for delstrekning Arendal-Grimstad. Samlet for begge delstrekninger gir dette et spenn på ca. 350 000 - 447 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter

Hvor store totalutslippene blir, kommer an på kombinasjonen av alternative eksempellinjer for de forskjellige strekningene. Figur 1 viser spennet i beregnede utslipp per strekning, samt medianverdi:



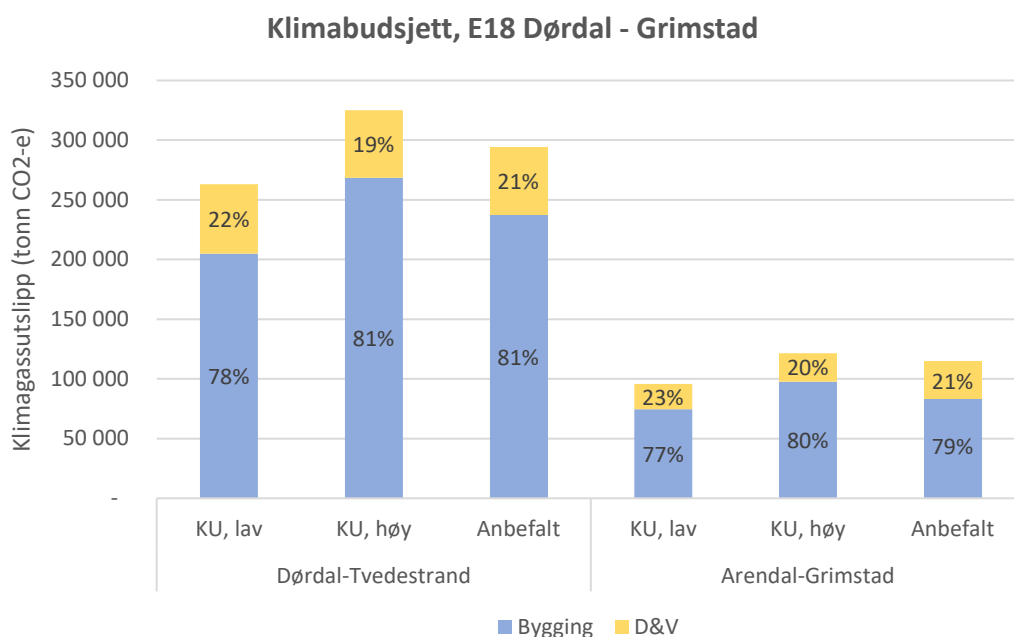
Figur 1 Sammenligning av utslipp fra de 8 vurderte strekningene. De vertikale linjene markerer spennet i utslipp mellom eksempellinjene for de forskjellige strekningene, og punktene angir median for hver strekning.

Når vi sammenligner utslippene for de forskjellige strekningene, ser vi at det er en god del variasjon. Generelt er det en positiv korrelasjon mellom størrelse på utslipp og

strekningens lengde. For eksempel er strekning 2, som har de laveste utslippene, også den korteste strekningen. Tilsvarende ser vi at strekning 3, som har de høyeste utslippene, også er den lengste strekningen.

Ettersom det er svært mange vurderte eksempellinjer, har vi angitt et høyt og et lavt estimat for totale klimagassutslipp fra de to delstrekningene. Dette er basert på høyeste og laveste verdi for summen av de 5 strekningene før Dørdal-Tvedestrand, og summen av de 3 strekningene for Arendal-Grimstad. I tillegg angir vi beregnede utslipp for linjen som anbefales i sammenstillingsrapport for konsekvensutredning (1B-2A-3A-4A-5B-21A-22C-23F). Denne vil gi et utslipp på ca. 404 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

Figur 2 viser en sammenstilling av de høye og lave estimatene for klimagassutslipp, samt anbefalt linje, per delstrekning, fordelt på byggefase og drift og vedlikehold:



Figur 2 Klimabudsjett for Dørdal-Tvedestrand og Arendal-Grimstad, høyt og lavt estimat, samt anbefalt linje i KU-sammenstillingsrapport, basert på eksempellinjealternativer.

Spennet i beregnede klimagassutslipp er stort – ca. 71 000 tonn CO<sub>2</sub>-e (24%) for Dørdal-Tvedestrand, og ca. 26 000 tonn CO<sub>2</sub>-e (22%) høyere utslipp for Arendal-Grimstad. Hvilken betydning dette har for vurdering av måloppnåelse er drøftet i kapittel 3.2.

Resultater per eksempellinje er gitt i Tabell 3. Tabellen er fargekodet i henhold til hvor høyt verdiene ligger i forhold til de vurderte eksempellinjene på samme strekning, fra rød (høyest) til grønn (lavest). Anbefaling til eksempellinjevalg er drøftet videre i kapittel 3.1.

Tabell 3 Beregnede klimagassutslipp for E18 Dørdal-Grimstad, per delstrekning, høyt og lavt estimat basert på eksempellinjealternativer

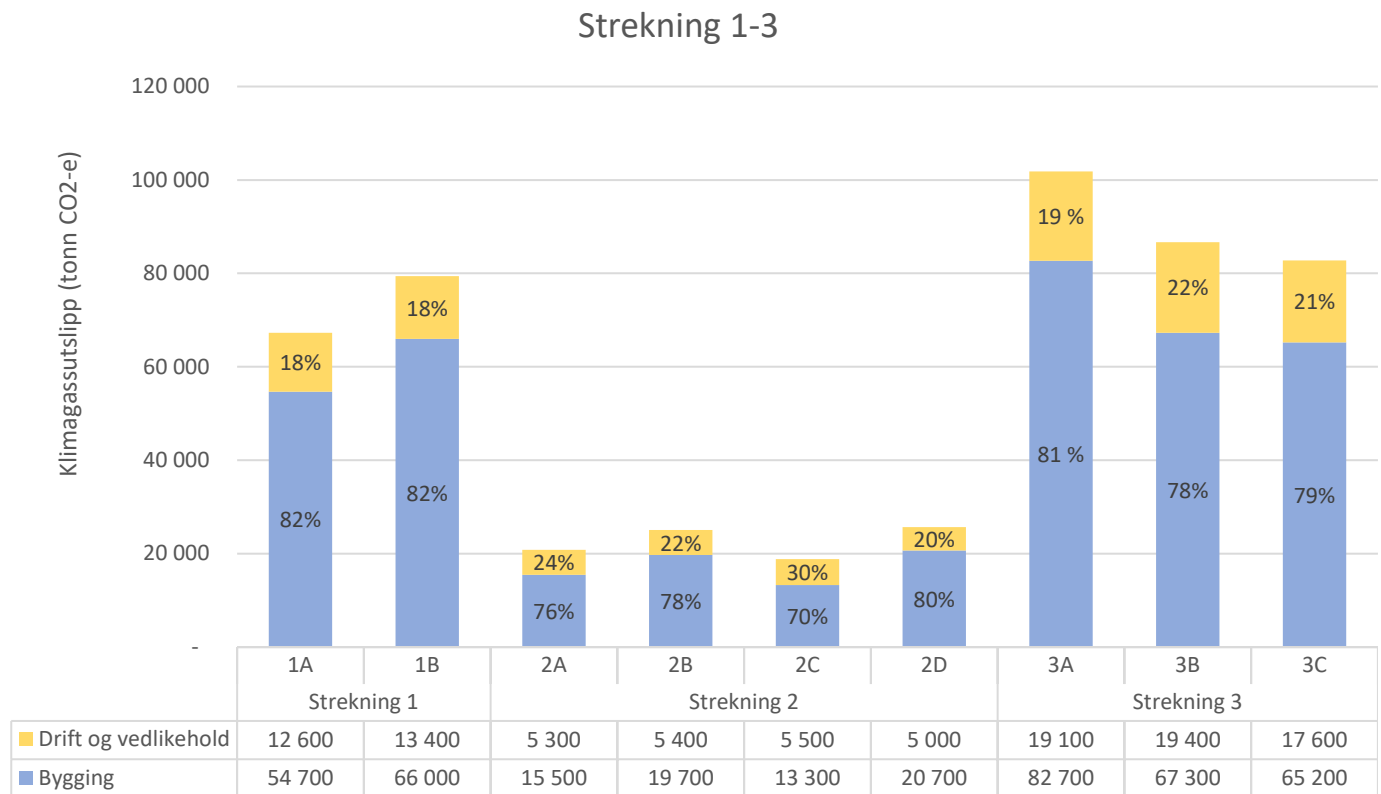
DELSTREKNING 1: Dørdal - Tvedestrand	EKSEMPELLINJE	KLIMAGASSUTSLIPP (TONN CO <sub>2</sub> -e)
Strekning 1: Dørdal - Grøtvann	1A	67 254
	1B	79 281
Strekning 2: Grøtvann – Tangen vest	2A	20 752
	2B	25 027
	2C	18 780
	2D	25 656
Strekning 3: Tangen vest – Skorstøl	3A	89 528
	3B	86 641
	3C	82 711
Strekning 4: Skorstøl - Lindland	4A	40 793
	4B	62 953
	4C	37 824
	4D	35 764
	4E	44 771
	4F	47 556
	4G	59 868
	4H	61 003
	4I	48 386
	4J	42 731
Strekning 5: Lindland - Tvedestrand	5A	67 704
	5B	63 766
	5C	58 493
	5D	63 958
	5E	58 910
	5F (C+E)	63 188
<b>DELSTREKNING 2: Arendal - Grimstad</b>		
Strekning 21: Arendal - Asdal	21A	30 697
	21B	22 345
Strekning 22: Asdal - Temse	22A	44 827
	22B	42 697
	22C	48 320
Strekning 23: Temse - Grimstad	23A	34 349
	23B	36 611
	23C	42 533
	23D	37 347
	23E	34 508
	23F	30 903
	23G (B+C)	32 325



## 2.2 Resultater – bygging og drift og vedlikehold

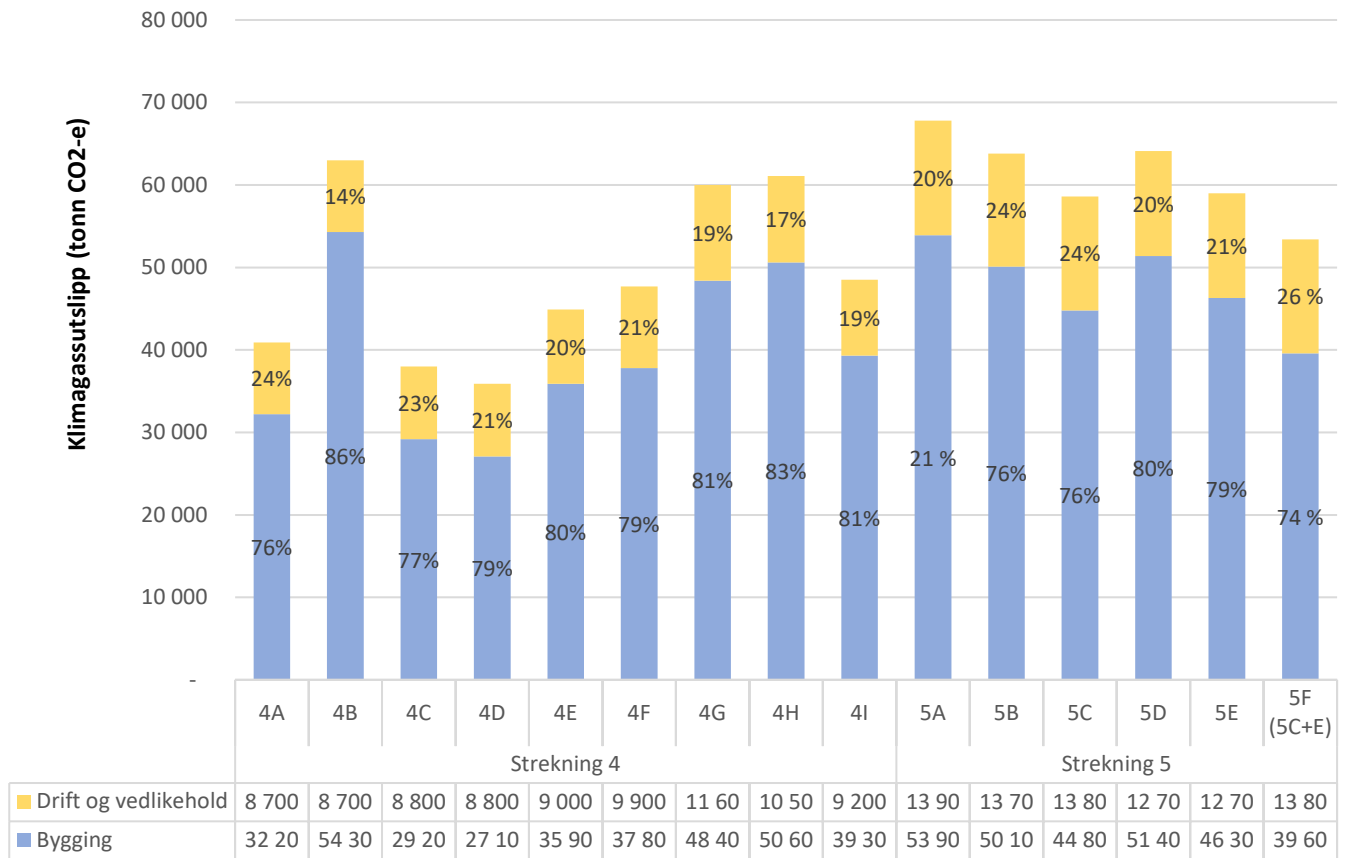
Her presenteres resultater for totale klimagassutslipp per strekningsalternativ, fordelt på bygging og drift vedlikehold. Figur 3 viser utslipp knyttet til strekning 1 – 3, Figur 4 viser utslipp for strekning 4 – 5 og Figur 5 viser resultater for strekning 21 – 23. Beregnede utslipp er gitt under hver graf.

Byggefasesen står for den største delen av klimagassutslipp for de ulike eksempelalternativene, mellom 70% og 86% av totalen. Den relativt store variasjonen utslippsfordeling skyldes hovedsakelig omfang av sprengning, massebearbeiding og –transport. Det vil si, for strekninger der disse prosessene utgjør en stor andel av utslippene får drift og vedlikehold relativt lavere betydning i totalen.

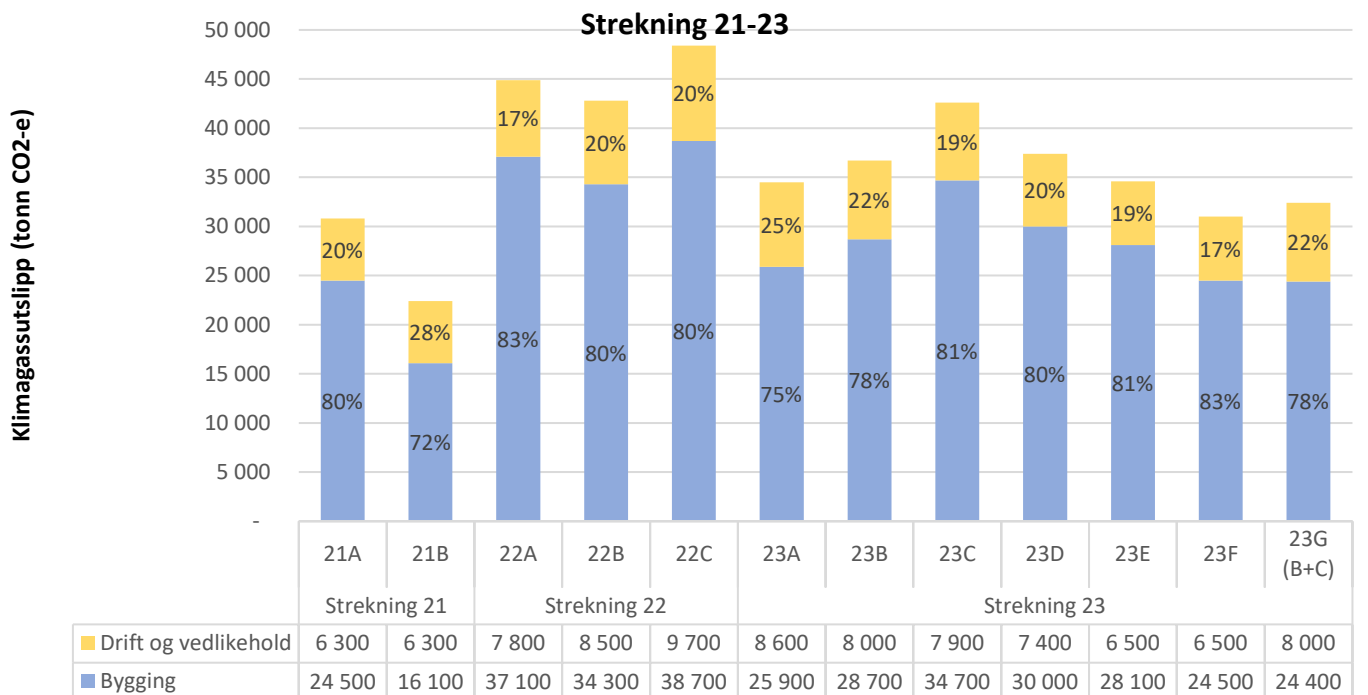


Figur 3 Resultater for bygging og drift og vedlikehold av strekningene 1 – 3

**Strekning 4-5**



Figur 4 Resultater for bygging og drift og vedlikehold av strekningene 4 – 5



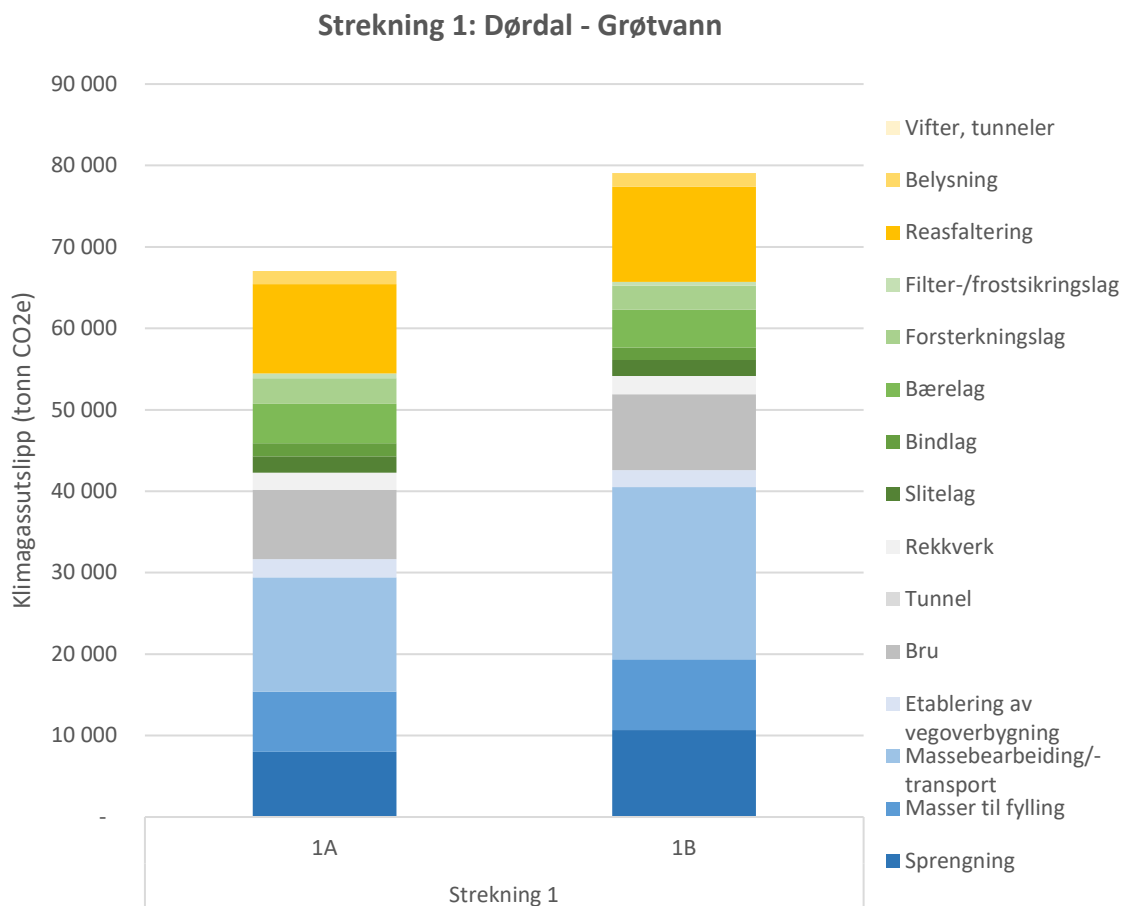
Figur 5 Resultater for bygging og drift og vedlikehold av strekningene 21 – 23

## 2.3 Resultater – sammenlikninger av eksempellinjealternativer

I teksten under går vi gjennom resultatene mer detaljerte resultater for de åtte strekningene og de ulike eksempellinjene. I figurene under er utslipp knyttet til etablering av planum (sprengning, masser til fylling, massebearbeiding/-transport, etablering av veioverbygning) farget i ulike nyanser av blå. Bru, tunnel, og rekkverk er farget ulike nyanser av grå. Overbygning (slitelag, bindlag, bærelag, forsterkningslag, og filter-/frostsikringslag) er i ulike nyanser av grønn. Drift og vedlikehold (reasfaltering, belysning, og vifter, tunneler) er i ulike nyanser av gul.

### 2.3.1 Strekning 1: Dørdal – Grøtvann

På strekningen 1 Dørdal – Grøtvann har to alternative eksempellinjer blitt evaluert: 1A og 1B. Klimagassberegningene viser at alternativ 1A gir utslipp på 67 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens eksempellinje 1B gir et utslipp på 79 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, dvs. 18% høyere utslipp enn 1A. Figur 6 viser totale utslipp per utslippskilde.



Figur 6 Klimabudsjett for strekning 1: Dørdal – Grøtvann

Til sammen utgjør utslipp knyttet til etablering av planum 47-54% av de totale utslippene, og er dermed viktige utslippsbidrag for denne strekningen.

Utslipp knyttet til sprengning er høyere for eksempellinje 1B, sammenliknet med 1A, fordi et større volum av fjell må sprenges ut i eksempellinje 1B. Derimot har alternativ 1B lavere utslipp enn 1A knyttet til masser til fylling, som følge av at mindre mengder fyllmasse er nødvendig for

1B. Den største forskjellen i utslipp mellom eksempel linje 1A og 1B finner vi for massebearbeiding/-transport, og skyldes større mengder overskuddsmasser som må transporteres bort for 1B enn for 1A. Ettersom det er utslipp knyttet både til selve overskuddsmassene og transporten, fører dette til at 1B får en god del høyere utslipp enn 1A totalt sett. Fordi eksempel linje 1A har større overbygningsvolumer enn 1B, har 1B imidlertid lavere utslipp knyttet til etablering av veioverbygning.

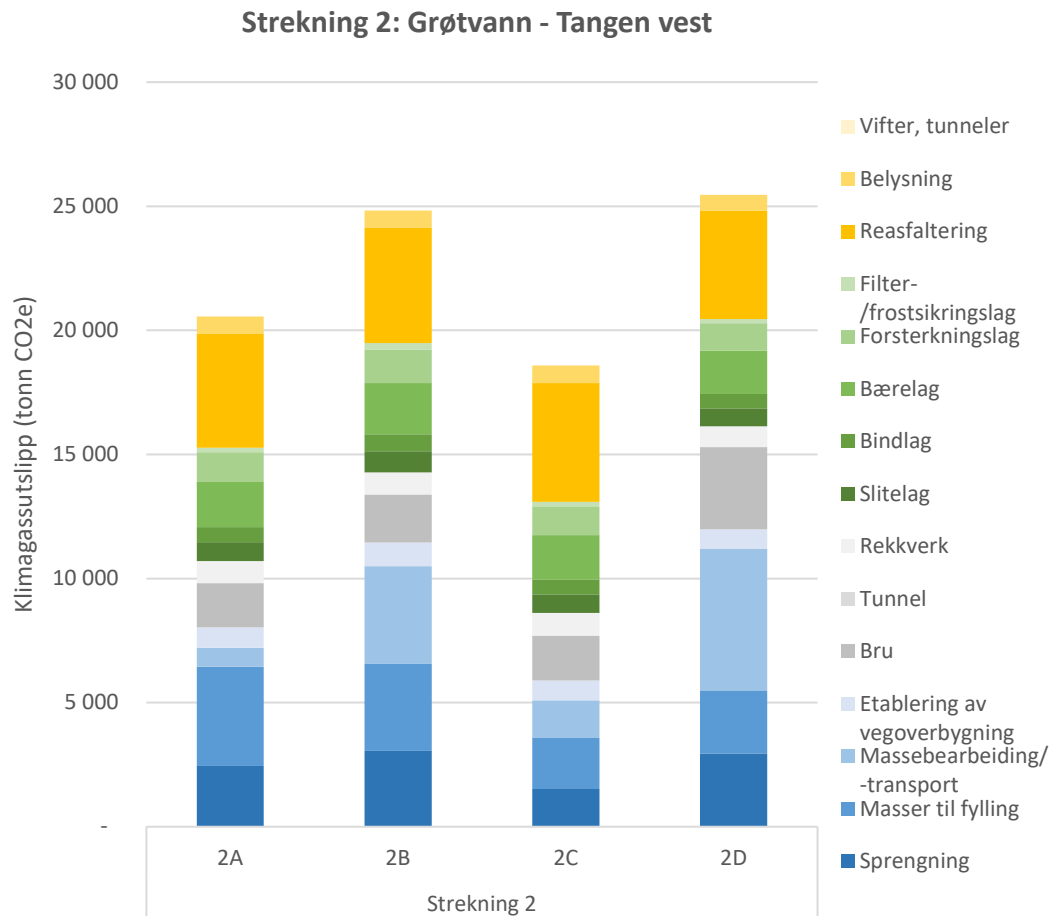
Utslipp knyttet til bru og rekkverk er relativt like for de to eksempel linjevalgene ettersom veilengdene og brulengdene er nesten like store.

Utslipp knyttet til overbygning er relativt lave, men fordi 1B krever mindre mengder, er utslippene noe lavere enn for 1A. Utslipp knyttet til filter-/frostsikringslag er lavere for 1B fordi denne linjen trenger et mindre areal dekket enn 1A.

Utslipp knyttet til drift og vedlikehold utgjør 18% av de totale utslippene for begge alternativer på strekning 1. 1B har noe høyere utslipp enn 1A som følge av større total veilengde.

### 2.3.2 Strekning 2: Grøtvann - Tangen vest

Strekningen Grøtvann – Tangen vest er referert til som strekning 2 og for denne strekningen har fire eksempel linjevalg blitt evaluert: 2A, 2B, 2C, og 2D. Alternativ 2D gir høyest utslipp med ca. 25 500 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens eksempel linje 2C gir lavest utslipp med ca. 19 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, dvs. 37% høyere utslipp enn 2D. Figur 7 viser totale utslipp for de forskjellige eksempel linjene, per utslippskilde:



Figur 7 Klimabudsjett for strekning 2: Grøtvann – Tangen vest

Også for denne strekningen ser vi at etablering av planum utgjør en relativt stor andel av de totale utslippene - 32-47%. Eksempellinje 2D har de største utslippene knyttet til etablering av planum, mens 2C har de laveste. Fordi mer fjell må sprenges ut, er utslipp knyttet til sprengning høyere for eksempellinje 2D og 2B enn for 2A og spesielt 2C. Utslipp knyttet til masser til fylling varierer en god del for de forskjellige eksempellinjene. Eksempellinje 2B trenger mest fylling etterfulgt av 2A. Når vi ser på utslipp knyttet til massebearbeiding/-transport finner vi at eksempellinje 2D har de høyeste utslippene. Dette skyldes at eksempellinje 2D har mer overskuddsmasse som må transporteres bort.

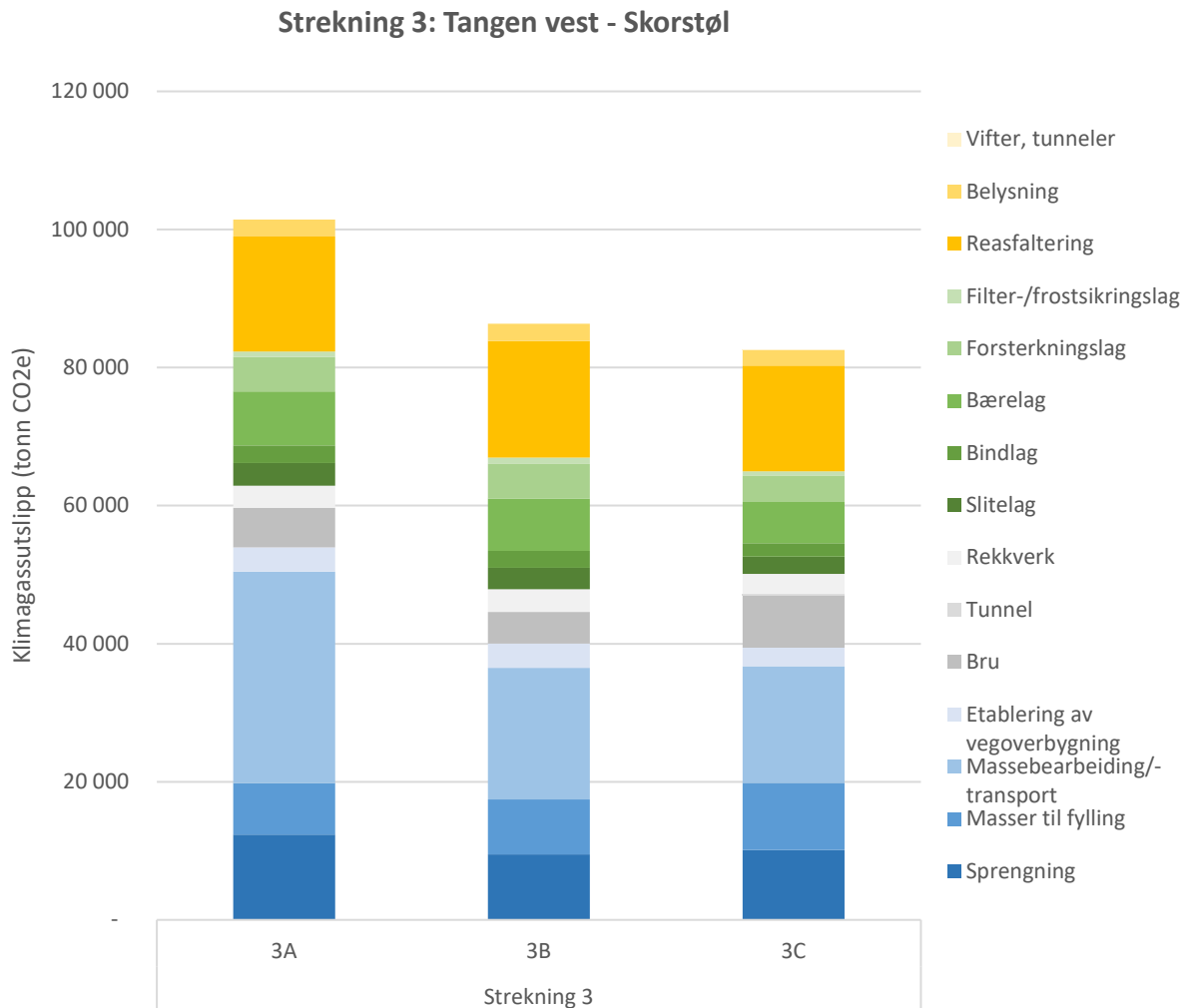
Fordi eksempellinje 2D har lengst brustrekning, er utslipp for bru og rekkverk høyest for denne eksempellinjen. Utslipp knyttet til overbygning utgjør 17-24% av de totale utslippene, og er temmelig like for de forskjellige eksempellinjevalgene.

Utslipp knyttet til drift og vedlikehold utgjør 20-30% av de totale utslippene. Reasfaltering og belysning er en funksjon av veilengde, og vi ser derfor at 2C, som er den lengste eksempellinjen, har de høyeste utslippene knyttet til dette.

### 2.3.3 Strekning 3: Tangen vest – Skorstøl

Strekningen Tangen vest – Skorstøl er referert til som strekning 3 og for denne strekningen har tre eksempellinjevalg blitt evaluert: 3A, 3B, og 3C. Klimagassberegningene viser at alternativ 3A

høyest utslipp med ca. 102 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens eksempellinje 3C har lavest utslipp med ca. 83 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, dvs. 23% lavere utslipp enn 3A. Figur 8 viser totale utslipp per utslippskilde:



Figur 8 Klimabudsjett for strekning 3: Tangen vest – Skorstøl

Etablering av planum utgjør en relativt stor andel av de totale utslippene. Utslipp knyttet til sprengning er temmelig like for alle eksempellinjene. 3C har høyere utslipp knyttet til masser til fylling enn 3B, som igjen har høyere utslipp enn 3A. Eksempellinje 3A har de høyeste utslippene knyttet til massebearbeiding/-transport, som følge av større volum av overskuddsmasser som må transporteres bort.

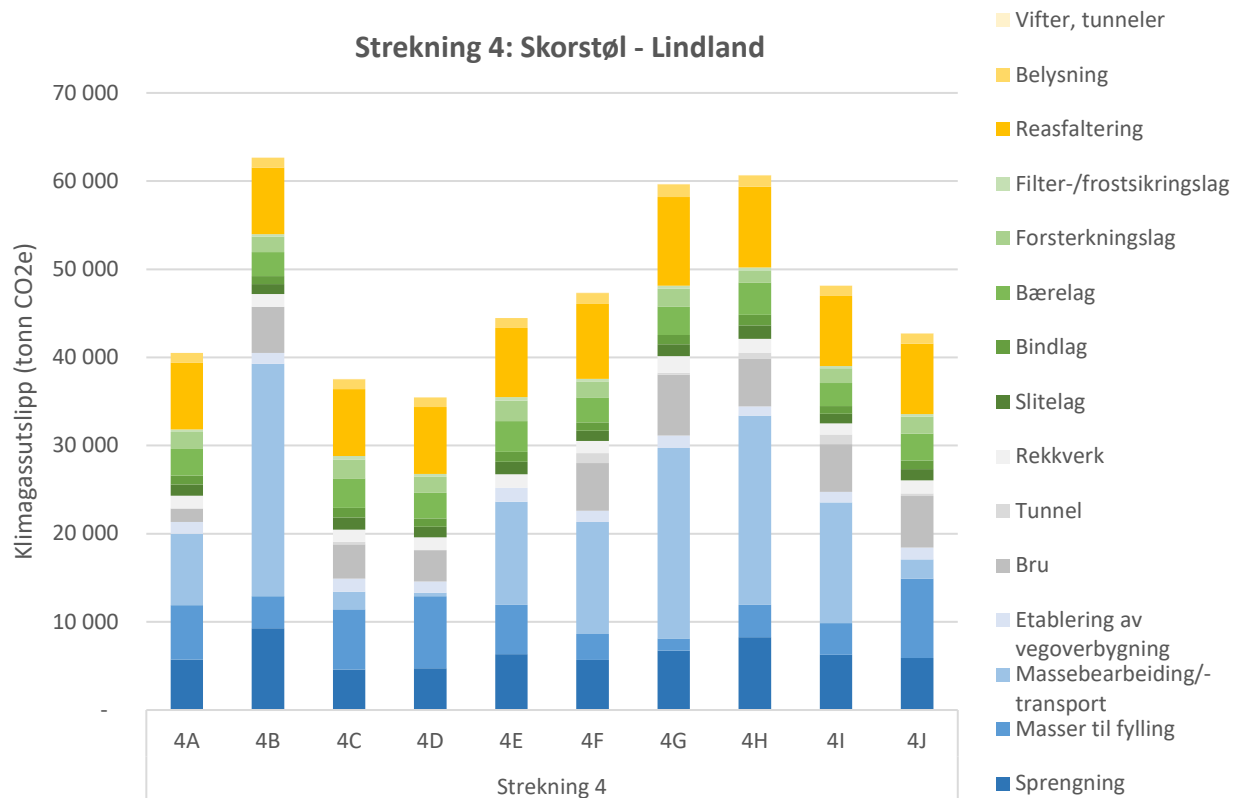
Eksempellinje 3C er planlagt med både bru og tunnel. Det er hovedsakelig utslipp knyttet til brua som gir utslag, mens utslipp knyttet til tunnelen er veldig lave. Utslipp knyttet til overbygning ligger relativt likt for alle alternativer. Utslipp knyttet til drift og vedlikehold utgjør rundt 20% av de totale utslippene for eksempellinje 2.

#### 2.3.4 Strekning 4: Skorstøl - Lindland

Strekningen Skorstøl – Lindland er referert til som strekning 4 og for denne strekningen har hele 9 ulike eksempellinjevalg blitt evaluert: 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H, og 4I. Beregnede klimagassutslipp er høyest for alternativ 4B, med ca. 63 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens eksempellinje



4A har lavest utslipp med ca. 41 000 tonn CO<sub>2</sub>-e. 4B gir altså 54% høyere utslipp enn 4A. Figur 9 viser totale utslipp for de forskjellige eksempelalternativene, per utslippskilde:



Figur 9 Klimabudsjett for strekning 4: Skorstøl - Lindland

Igjen ser vi at etablering av planum utgjør en relativt stor andel av de totale utslippene, 40-65%. Når vi ser på utslipp knyttet til sprengning, ser vi at det er relativt stor variasjon, og dette er som tidligere nevnt avhengig av hvor mye fjell som må sprenges ut. Når vi ser på utslipp knyttet til masser til fylling, ser vi også at det er relativt stor variasjon. Utslippene her er en funksjon av hvor mye masse som trengs til fylling. For denne strekningen er det enkelte utslipp knyttet til massebearbeiding/-transport som er veldig høye, spesielt for eksempelalternativ 4B. Disse utslippene er knyttet til hvor mye overskuddsmasse det er og at dette må transporteres bort.

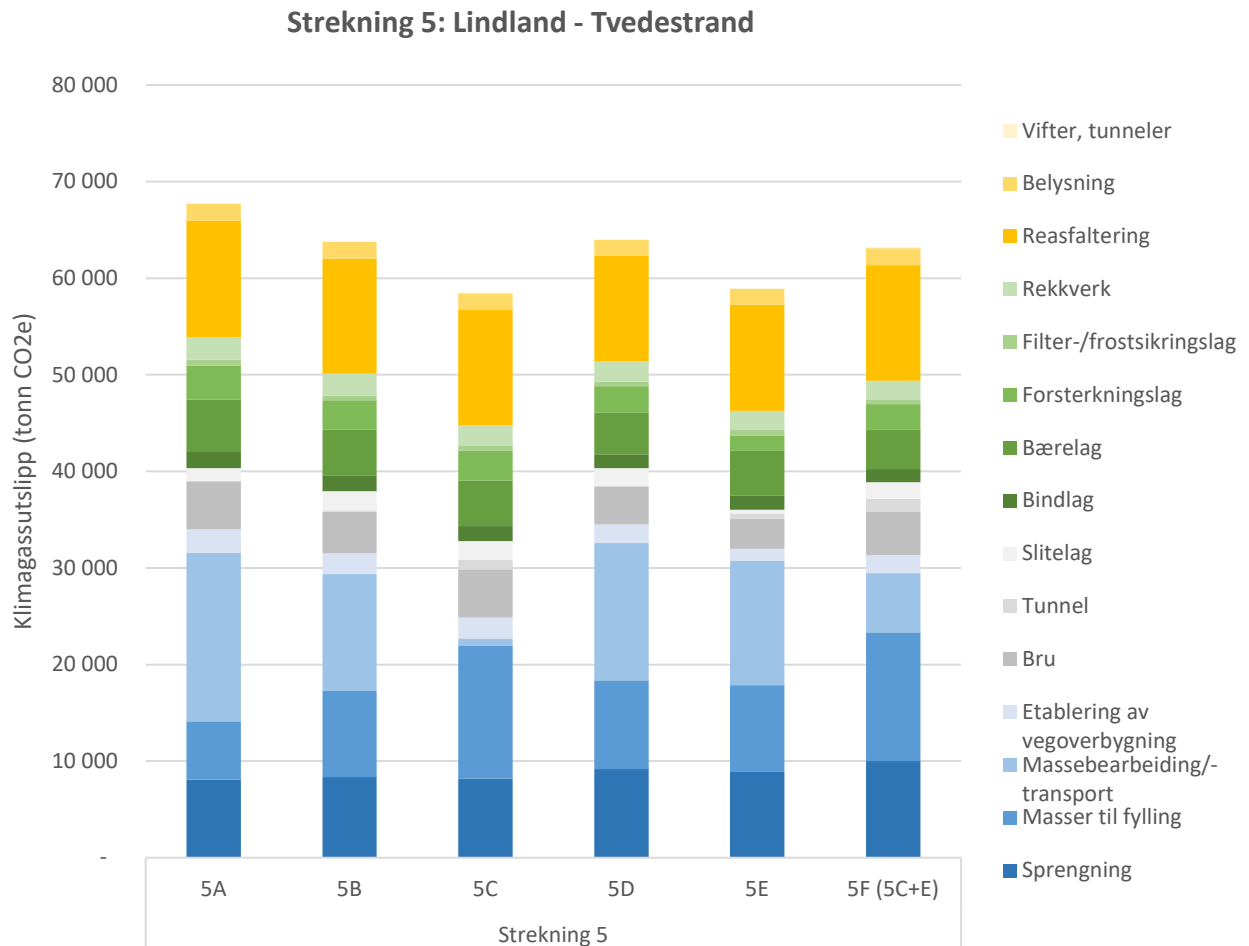
På denne strekningen er det veldig stor forskjell i størrelsen på utslipp knyttet til bru, tunnel, og rekkverk. Eksempelalternativ 4G, som både har bru og tunnel, har følgelig høyest utslipp innenfor denne posten. Det er hovedsakelig utslipp knyttet til brua som gjør at 4G har høyere utslipp, fordi den lengste brustrekningen er planlagt her, mens utslipp knyttet til tunnel er lave.

På denne veistrekningen ligger utslipp knyttet til overbygning på 11-23% av de totale utslippene. Selv om det er prosentvis stor forskjell i hvor mye utslippene til overbygning bidrar for de forskjellige eksempelalternativene, er det forholdsvis liten forskjell i hvor store de absolutte utslippene er.

Utslipp knyttet til vedlikehold utgjør 14-24% av de totale utslippene. Utslipp knyttet til reasfaltering og belysning er en funksjon av veilengde og er følgelig høyest for 4G, som er den lengste.

### 2.3.5 Strekning 5: Lindland – Tvedestrand

Strekningen Lindland – Tvedestrand er referert til som strekning 5 og for denne strekningen har 6 eksemplinjvalg blitt evaluert: 5A, 5B, 5C, 5D, 5E og 5F (C+E). Klimagassberegningene viser at alternativ 5A gir høyest utslipp med ca. 67 500 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens alternativ 5B har lavest utslipp med ca. 58 500 tonn CO<sub>2</sub>-e, dvs 16% lavere enn 5A. Figur 10 viser totale utslipp, per utslippsskilde:



Figur 10 Klimabudsjett for strekning 5: Lindland - Tvedestrand

Etablering av planum utgjør 43-54% av de totale utslippene, 43-54%. Utslippene knyttet til sprengning varierer noe, avhengig av hvor mye fjell som må sprenges ut. Når vi ser på utslipp knyttet til masser til fylling, ser vi at det er temmelig stor variasjon. For eksempel har eksemplinj 5C nesten tre ganger så store utslipp som 5B. Utslippene her er en funksjon av hvor mye masse som trengs til fylling. For eksemplinj 5C er det lite overskuddsmasse og det fører til at denne har veldig lave utslipp knyttet til massebearbeiding/-transport.

Utslipp knyttet til bru, tunnel, og rekkverk (grånyanser) utgjør til sammen 10-15% av de totale utslippene for strekning 5. Eksemplinj 5E har de laveste utslippene knyttet til bru og tunnel, mens 5C har de høyeste utslippene. For eksemplinj 5B er utslippene hovedsakelig knyttet til bru, mens det er veldig lave utslipp knyttet til tunnel. For 5C er det noe høyere utslipp knyttet til

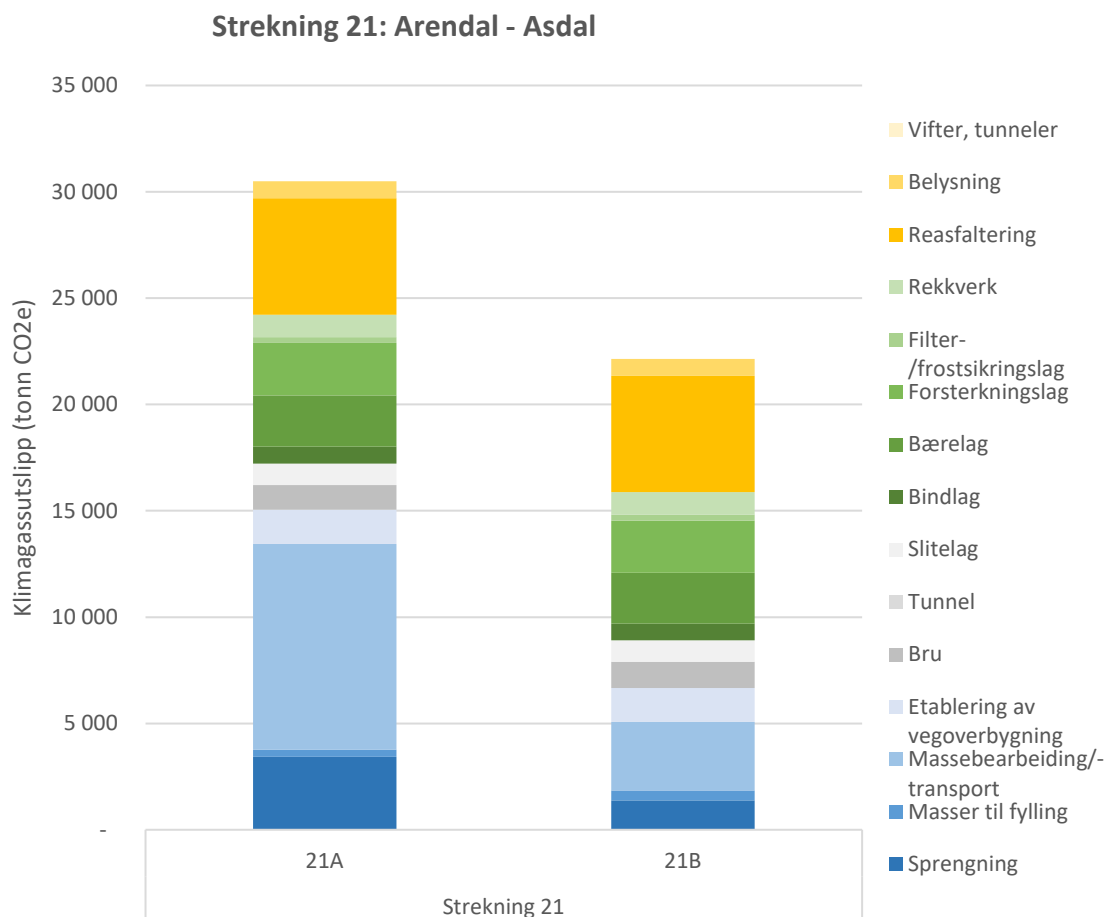
tunell, men størsteparten av utslippene er likevel knyttet til bru. Utslipp knyttet til rekkverk veldig like for de tre eksempellinjene ettersom veilengdene er temmelig like lange.

Utslipp knyttet til overbygning utgjør 15-20% av de totale utslippene. Disse utslippene er størst for eksempellinje 5A, mens 5B har de laveste utslippene.

Utslipp knyttet til drift og vedlikehold utgjør 20-24% av de totale utslippene. Fordi strekningslengden er relativt lik på tvers av strekningene, er utslipp knyttet til reasfaltering og belysning relativt like.

### 2.3.6 Strekning 21: Arendal – Asdal

På strekningen 21 Arendal – Asdal har to alternative eksempellinjer blitt evaluert: 21A og 21B. Beregnede klimagassutslipp for alternativ 21A er ca. 30 500 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens eksempellinje 1B gir utslipp på ca. 22 500 tonn CO<sub>2</sub>-e. 21A gir altså 37% høyere utslipp enn 1B. Figur 11 viser totale utslipp per utslippskilde:



Figur 11 Klimabudsjett for strekning 21: Arendal - Asdal

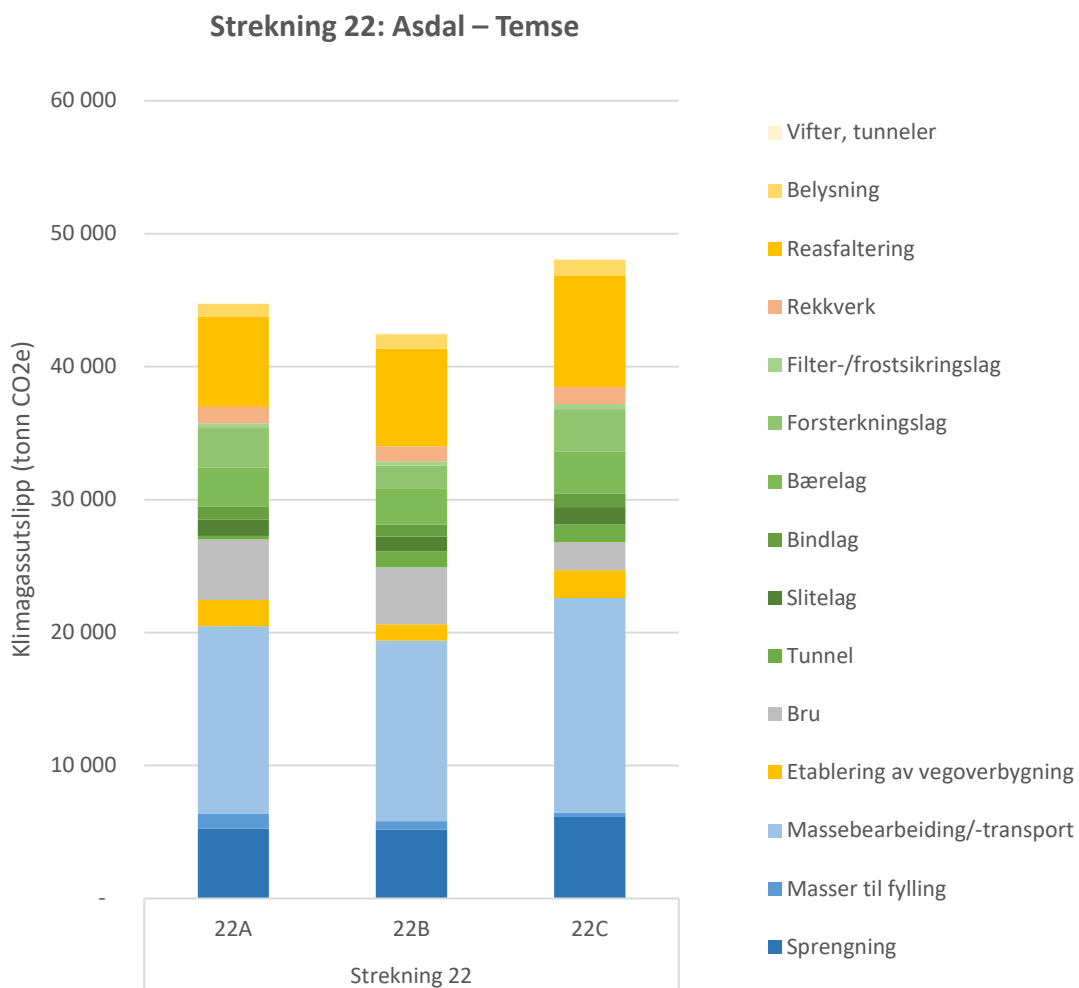
Utslipp knyttet til etablering av planum er veldig forskjellig for de to eksempellinjene. For eksempellinje 21A står planum for 49% av de totale utslippene, mens for 21B er andelen 30%. Utslipp knyttet til sprengning og massebearbeiding/-transport er en god del høyere for eksempellinje 21A, som følge av at det er mye mer fjell som må sprenges ut og senere transporteres bort. Derimot har 21A lavere utslipp knyttet til masser til fylling enn 21B.

Utslipp knyttet til bru, tunnel, og rekkverk utgjør 7-11% av de totale utslippene for strekning 21. Selv om det er noe forskjell i relative utslipp, er de absolutte utslippene temmelig like, ettersom eksemplinjene har den samme veilengden og nesten like lang bru.

Utslipp knyttet til overbygning utgjør 23-31% av de totale utslippene. Selv om det er noe forskjell i relative utslipp, er de absolutte utslippene nesten identiske. Ettersom eksemplinjene er like lange, er utslipp knyttet til drift og vedlikehold identiske.

### 2.3.7 Strekning 22: Asdal - Temse

På strekningen 22 Asdal – Temse har tre alternative eksemplinjjer blitt evaluert: 22A, 22B, og 22C. Klimagassberegningene viser at alternativ 22B gir lavest utslipp med ca. 42 500 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens eksemplinjje 22C har høyest utslipp med ca. 48 500 tonn CO<sub>2</sub>-e. Eksemplinjje 22B gir dermed 13% lavere utslipp enn 22C. Figur 12 viser totale utslipp per utslippskilde:



Figur 12 Klimabudsjett for strekning 22: Asdal - Temse

Utslipp knyttet til etablering av planum utgjør 49-51% av de totale utslippene for strekning 22. Alternativ 22C har de høyeste totale utslipp knyttet til etablering av planum, hovedsakelig grunnet større behov for massebearbeiding/-transport.

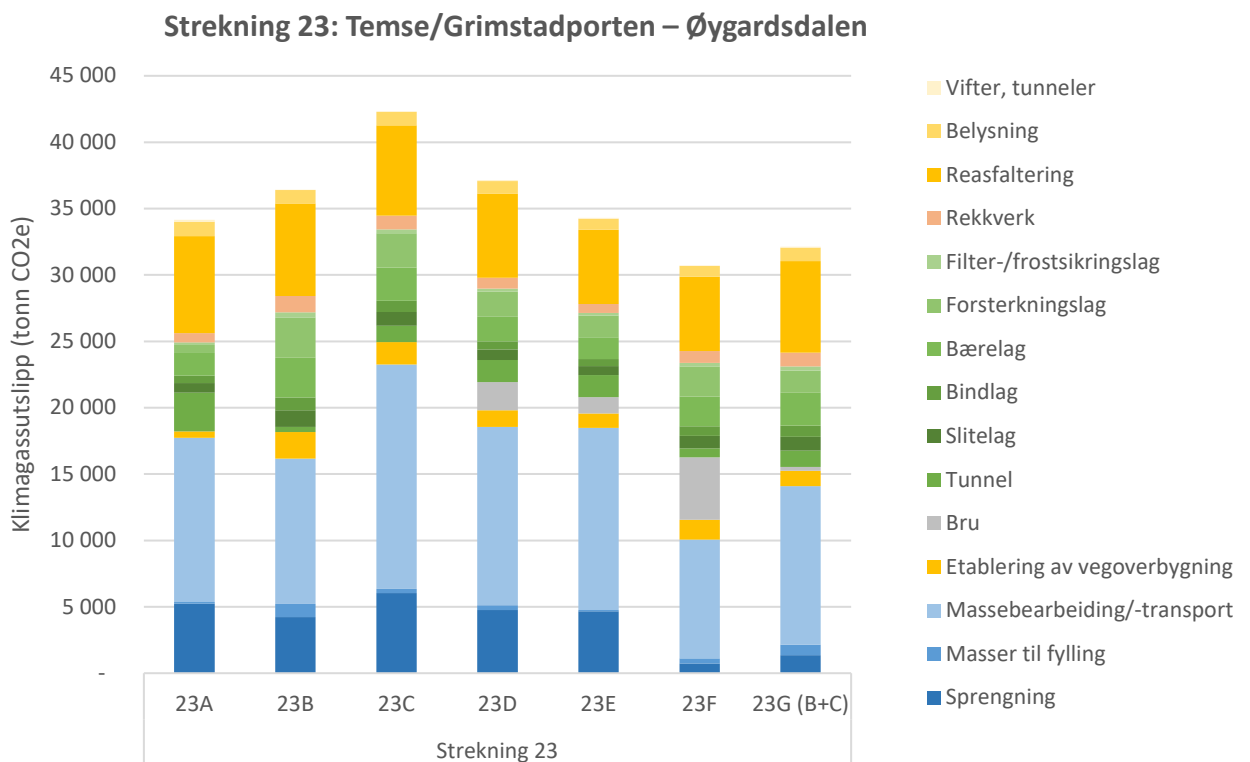
Utslipp knyttet til bru, tunnel, og rekkverk utgjør til sammen 10-16% av de totale utslippene for strekning 22. Her er det noe forskjeller i utslipp for de ulike alternativene, 22C har de laveste utslippene mens 22B har de høyeste utslippene. Det er spesielt på grunn av at 22B har den lengste tunnelen.

Utslipp knyttet til overbygning utgjør 16-19% av de totale utslippene. Her har alternativ 22C de høyeste utslippene ettersom den har den lengste veistrekningen.

Utslipp knyttet til drift og vedlikehold utgjør 17-20% av de totale utslippene. Alternativ 22C har høyere utslipp enn 22B, som igjen har høyere utslipp enn 22A. Størrelsen på utslippene er i hovedsak knyttet til lengde på veistrekningene.

### 2.3.8 Strekning 23: Temse - Grimstad

På strekningen 23 Temse – Grimstad har sju alternative eksempliner blitt evaluert: 23A, 23B, 23C, 23D, 23E, 23F, og 23G (B+C). Klimagassberegningene viser at alternativ 23C gir høyest utslipp med ca. 42 500 tonn CO<sub>2</sub>-e, mens alternativ 23F gir lavest utslipp med ca. 31 000 tonn CO<sub>2</sub>-e. Alternativ 23F gir 27% lavere utslipp enn 23C. Figur 13 viser totale utslipp for de alternativene, per utslippskilde:



Figur 13 Klimabudsjett for strekning 23: Temse - Grimstad

På denne strekningen bidrar utslippene knyttet til etablering av planum med 47-59% av de totale utslippene. Eksempliner 23C har de høyeste utslippene knyttet til etablering av planum, mens eksempliner 23F har de laveste. For alle alternativene ser vi at de største utslippene knyttet til etablering av planum skyldes massebearbeiding/-transport.

Utslipp knyttet til bru, tunnel, og rekkverk utgjør til sammen 4-16% av de totale utslippene for strekning 23. Her har eksempellinje 23B lavest utslipp, mens eksempellinje 23F har høyest utslipp. Dette skyldes i all hovedsak at eksempellinje 23F har høyere utslipp knyttet til tunnel.

Utslipp knyttet til overbygning utgjør 11-24% av de totale utslippene. Disse utslippene er høyest for eksempellinje 23B og lavest for 23A.

Utslipp knyttet til drift og vedlikehold utgjør 17-25% av de totale utslippene. Utslipp knyttet til reasfaltering og belysning er en funksjon av veilengde, mens utslipp knyttet til vifter er en funksjon av tunnallengde. Ettersom det er en del forskjeller rundt veilengde og tunnallengde, er det følgelig også forskjellig i utslipp for eksempellinjene. Eksempellinje 23F har de lavest utslippene knyttet til vedlikehold, mens eksempellinje 23B har de største utslippene.

## 2.4 Resultater - arealbeslag

Det er gjort overordnede beregninger av klimagassutslipp ved arealbeslag for de ulike strekningene. Beregningene er basert på *Metode for beregning av CO<sub>2</sub>-utslipp knyttet til arealbeslag ved veibygging* (2015, av Asplan Viak og NIBIO for Statens vegvesen)<sup>6</sup>.

Ved beregninger av beslaglagt areal i konsekvensutredninger benyttes GIS-verktøy med arealressurskartet (AR5) implementert. Dette er et detaljert, nasjonalt heldekkende datasett. Arealtyper i kartet kan ha 12 verdier. For E18 Dørdal-Grimstad er det hentet ut informasjon om arealbeslag for følgende naturtyper:

- Overflatedyrka jord
- Fulldyrka jord
- Innmarksbeite
- Åpen fastmark
- Myr
- Skog

Beregningsmetodikken for klimagassutslipp fra arealbruksendringer skiller på følgende arealtyper:

- Skog
- Myr
- Jordbruksareal

<sup>6</sup> <https://d21dbafykfdck9.cloudfront.net/1518099797/sluttrapport-co2-arealbruksendring-2017.pdf>



Følgende utslippsfaktorer er benyttet i klimagassberegningene for arealbeslag:

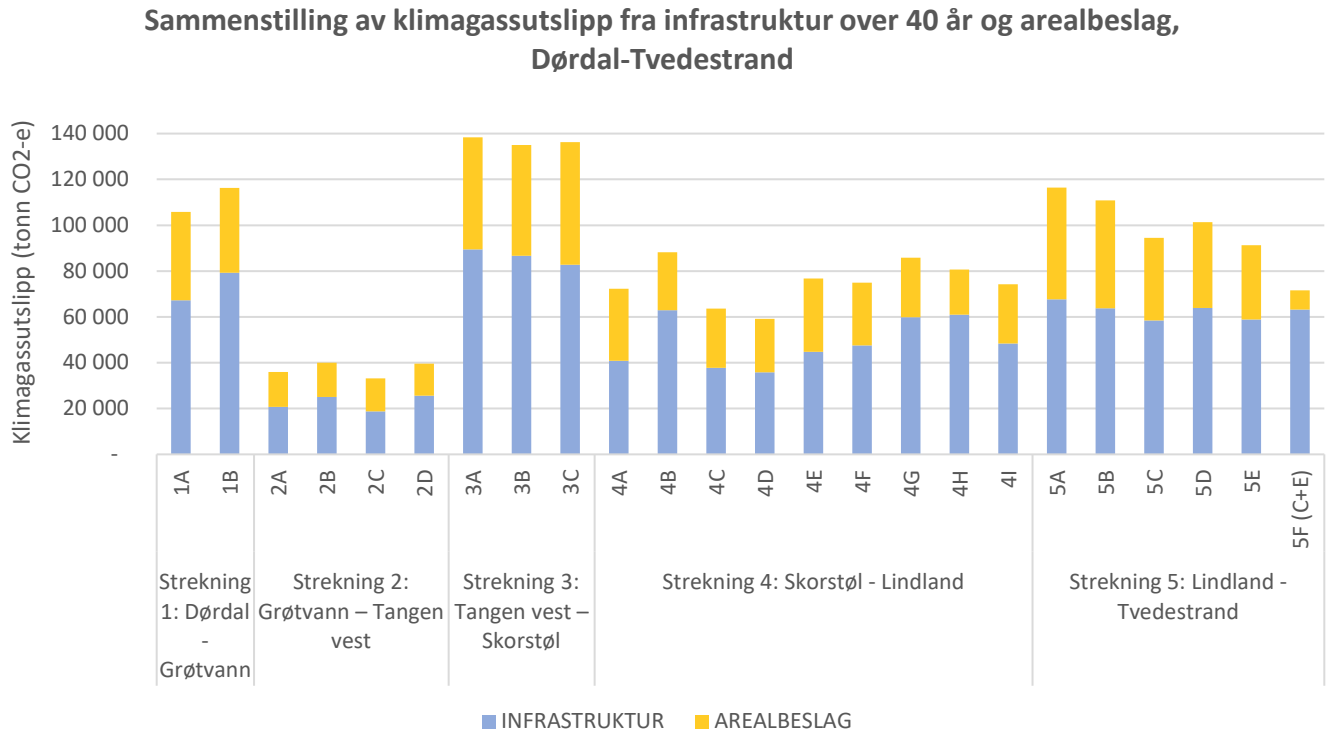
Tabell 4 Utslippsfaktorer for arealbeslag

Arealtype	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Fulldyrka jord	55,1
Innmarksbeite	55,1
Myr	112
Overflatedyrka jord	30
Skog	68,3
Åpen fastmark	30

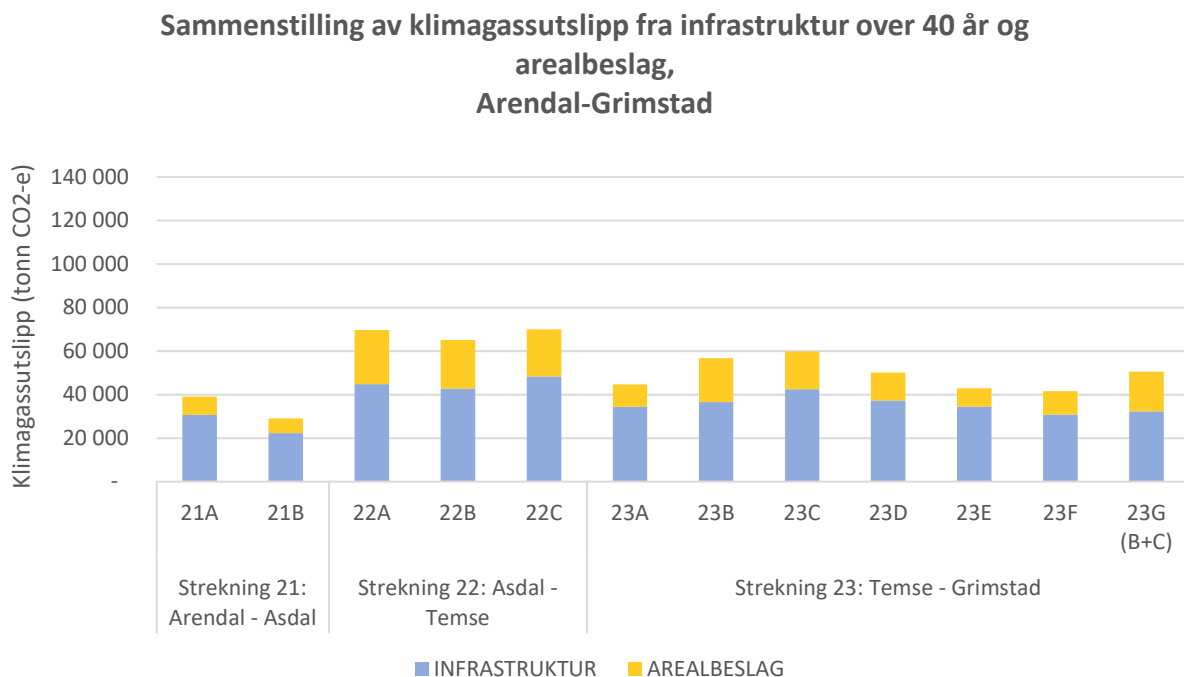
CO<sub>2</sub>-utslipp fra de ulike arealtypene kan beregnes på grunnlag av estimert lagret karbon i jord og biomasse for den gitte areal- eller naturtypen. For myr og jordbruksareal er karbonlageret kun basert på karbon i selve jorda. Dette er rimelig fordi karbon i biomassen som finnes i disse arealtypene 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.

I konsekvensutredning for naturressurser er en 100 meter bred buffersone (200 m bred korridor totalt) lagt til grunn. Dette vil ikke være realistisk for konsekvensutredning av klimagassberegninger, ettersom det innebærer en vesentlig overestimering av arealet som kan beslaglegges permanent i praksis. 25 m buffersone (50 m bred korridor) for permanent beslag av de nevnte arealtypene er i stedet lagt til grunn. I tillegg er myrareal som ligger innenfor buffersonen for midlertidig arealbeslag på 50 m (100 m bred korridor) inkludert i beregningene, på bakgrunn av at myr som beslaglegges midlertidig ikke vil kunne tilbakeføres til opprinnelig tilstand, og dermed går tapt.

Figur 14 og Figur 15 viser summen av beregnede klimagassutslipp, fordelt på utslipp fra utbygging og drift og vedlikehold av veiinfrastrukturen over 40 år og utslipp fra arealbeslag:



Figur 14 Sammenstilling av beregnede klimagassutslipp for utbygging og drift av E18 Dørdal-Tvedestrand over 40 år og utslipp fra arealbeslag

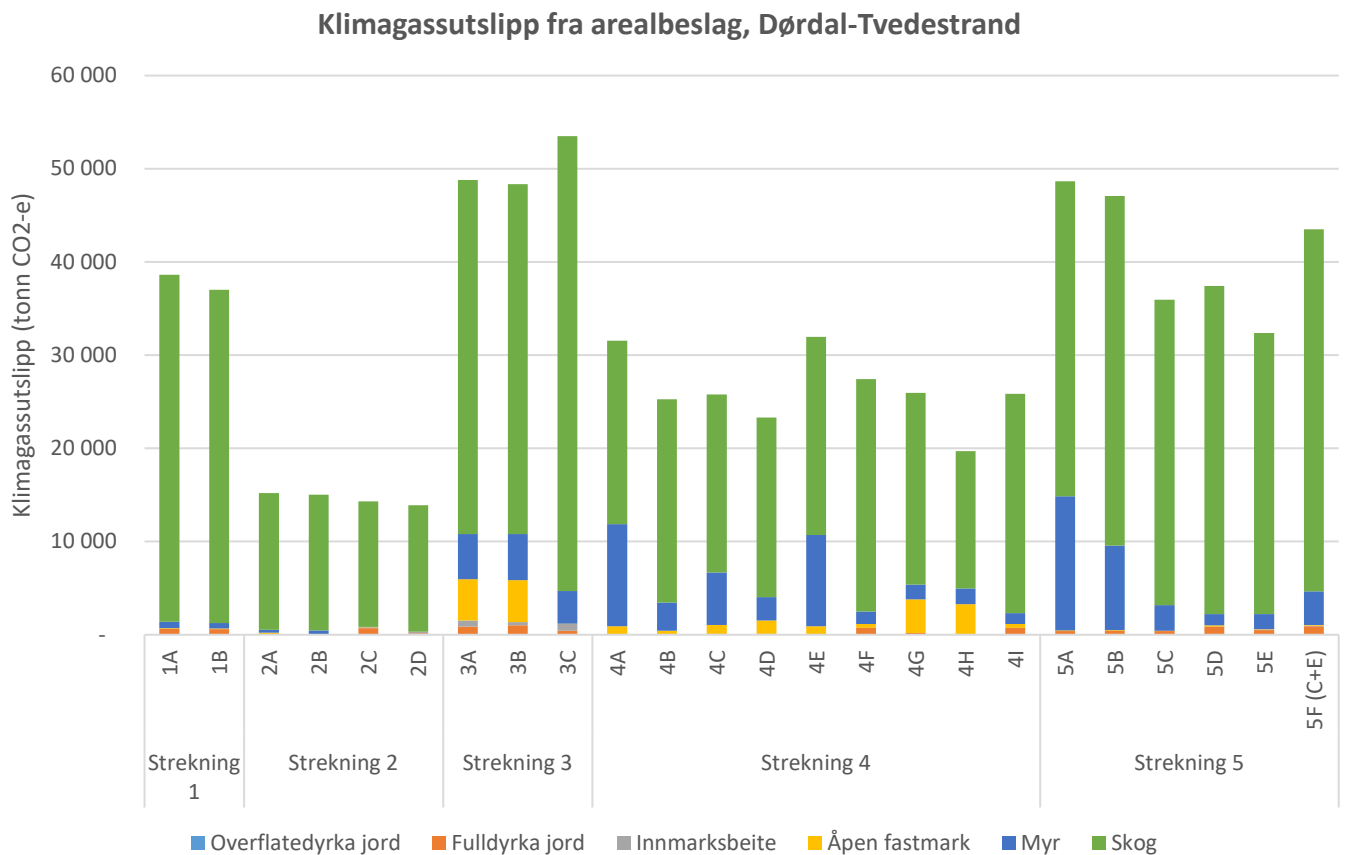


Figur 15 Sammenstilling av beregnede klimagassutslipp for utbygging og drift av E18 Arendal-Grimstad over 40 år og utslipp fra arealbeslag

Beregnete utslipp fra arealbeslag spenner fra ca. 6731 tonn CO<sub>2</sub>-e til ca. 53514 tonn CO<sub>2</sub>-e per eksempellinje. Dette er i størrelsesorden 20-40% av samlede utslipp fra infrastruktur og arealbeslag over 40 år. I tidligere analyser har utslipp knyttet til arealbeslag utgjort 10-20% av

totale utslipp knyttet til veiinfrastruktur. Resultatene her må betraktes som et utgangspunkt for sammenligning av eksempelalternativene samt en indikasjon på hvilken konsekvens det vil ha for prosjektets totale klimagassutslipp dersom det forutsatte arealet faktisk beslaglegges permanent. Det anbefales også at det foretas en mer nøyaktig og finmasket beregning for denne type arealbeslag i senere planfase.

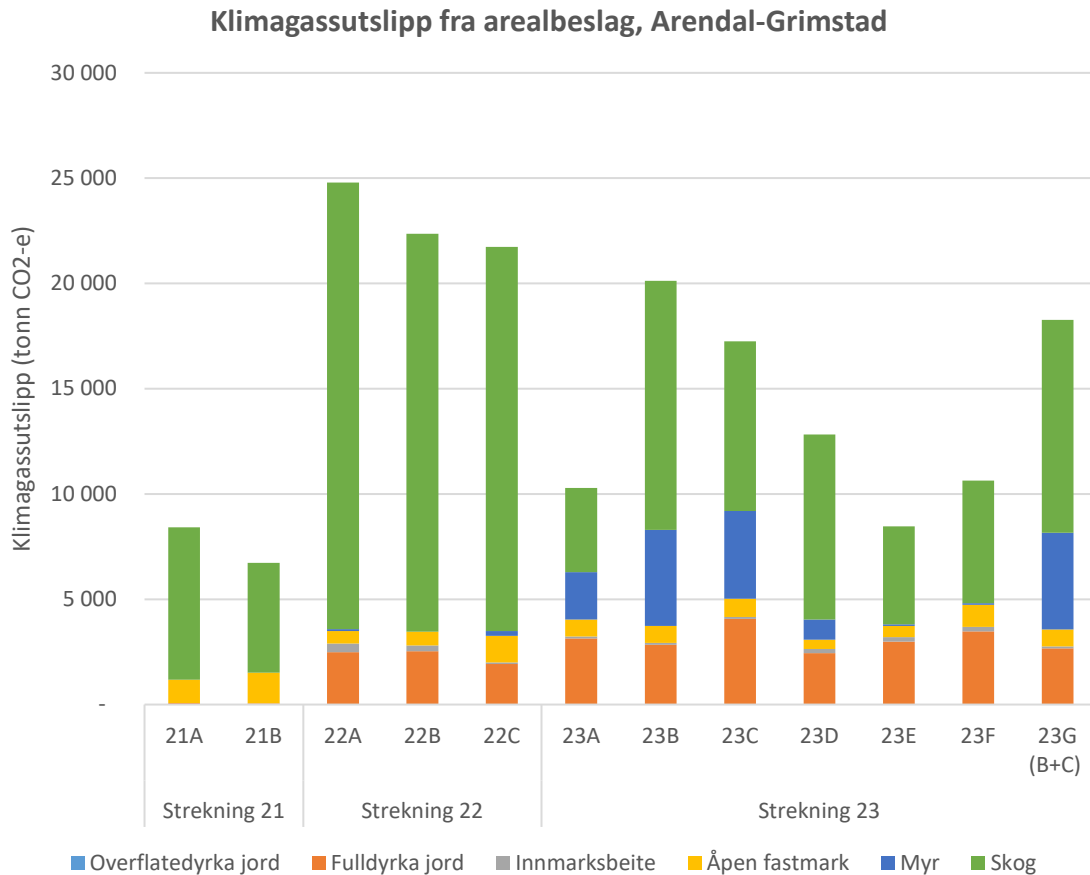
Figur 16 viser en sammenstilling av beregnede klimagassutslipp fra arealbeslag for eksempellinjene på delstrekning Dørdal – Tvedestrand:



Figur 16: Sammenstilling av klimagassutslipp ved arealbeslag for eksempelalternativer, Delstrekning 1: Dørdal - Tvedestrand

Fordi det er mest skogsareal som beslaglegges, gir forskjeller i beslaglagt skogareal størst utslag på resultatene. Utslipp fra beslagleggelse av skog står for i snitt 85% av utslipp fra arealbeslag for Dørdal-Tvedestrand. Myr har også relativt stor betydning, spesielt for strekning 5 og 4. Myr er en spesielt viktig arealtype når det gjelder klimagassutslipp, da myrområder er svært karbonholdige. For strekning 3 og 4 har også åpen fastmark innvirkning på forskjellene. De største variasjonene forekommer for strekning 4 og 5.

Figur 17 viser beregnede klimagassutslipp fra arealbeslag for eksempellinjene på delstrekning Arendal-Grimstad:



Figur 17 Sammenstilling av klimagassutslipp ved arealbeslag for eksempellinjealternativer, Delstrekning 2: Arendal - Grimstad

Det er mindre variasjon mellom klimagassutslipp fra arealbeslag for eksempelstrekningene på delstrekning Arendal-Grimstad enn Dørdal-Tvedestrand. Utslipp fra beslagleggelse av skogsarealer står for 66% av utslippene i snitt. Beslagleggelse av fulldyrka jord utgjør i snitt 17% av utslippene fra arealbeslag for Arendal-Grimstad. For strekning 23 er det stor variasjon i utslipp fra arealbeslag, i hovedsak som følge av ulik forekomst av myr.

### 3. DISKUSJON OG ANBEFALINGER FOR EKSEMPELLINJEVALG

Dette kapitlet presenterer hovedfunn og anbefalinger for linjevalg, basert på resultatene presentert i kapittel 2, og gir en vurdering av måloppnåelse iht. prosjektets klimamål, sammenliknet med referanseberegninger utført av Niras.

#### 3.1 Anbefalinger for linjevalg

Forskjellen fra den eksempellinjekombinasjonen som gir de laveste beregnede klimagassutslippene til den som gir de høyeste er ca. 84 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, dvs. en forskjell på 23%. Dette tilsvarer i størrelsesorden 80% av det samlede årlige klimafotavtrykket til alle kommunene strekningen passerer gjennom<sup>7</sup>. Hvilke eksempellinjer som velges har dermed stor betydning, både for prosjektets totale klimaavtrykk, og for klimagassutslipp fra regionen.

Basert på de høye og lave estimatene for klimagassutslipp per delstrekning, som presentert i kapittel 2.1, anbefales eksempellinjekombinasjoner angitt i Tabell 5. Som nevnt tidligere, er dette basert på høyeste og laveste mulige verdi for summen av de 5 strekningene før Dørdal-Tvedestrand, og de 3 strekningene for Arendal-Grimstad (ekskludert utslipp fra arealbeslag):

Tabell 5 Eksempellinjekombinasjoner med høyest og lavest beregnede klimagassutslipp, samt utslipp for anbefalt linje i konsekvensutredning for Dørdal-Tvedestrand og Arendal-Grimstad

	Dørdal-Tvedestrand		Arendal-Grimstad	
	Eksempellinje-kombinasjon	Klimagassutslipp (tonn CO <sub>2</sub> -e)	Eksempellinje-kombinasjon	Klimagassutslipp (tonn CO <sub>2</sub> -e)
<b>KU, lav</b>	1A-2C-3C-4D-5C	263 000	21B-22B-23G(B+C)	96 000
<b>KU, høy</b>	1B-2D-3A-4B-5A	325 000	21A-22C-23C	121 500
<b>KU, anbefalt</b>	1B-2A-3A-4A-5B	294 000	21A-22C-23F	110 000

<sup>7</sup> Klimafotavtrykk for kommuner i 2012, beregnet av Asplan Viak med Klimakost (<http://www.klimakost.no/>)

Hvorvidt utslipp fra arealbeslag medregnes har betydning for hvilken eksempellinje som gir høyest og lavest totalutslipp for linje 3 og 5 (for de øvrige linjene er konklusjonene like). Tabell 5 angir høyeste og laveste beregnede verdi for hver strekning, kun for utslipp fra infrastrukturen over 40 år, og medregnet utslipp fra arealbeslag:

Tabell 6 Eksempellinjer med laveste og høyeste beregnede klimagassutslipp for veiinfrastruktur over 40 år, med og uten utslipp fra arealbeslag

DELSTREKNING 1: Dørdal - Tvedestrand	INFRASTRUKTUR		INFRASTRUKTUR, INKL. AREALBESLAG	
	LAVESTE	HØYESTE	LAVESTE	HØYESTE
Strekning 1: Dørdal - Grøtvann	1A	1B	1A	1B
Strekning 2: Grøtvann – Tangen vest	2C	2D	2C	2D
Strekning 3: Tangen vest – Skorstøl	<b>3C</b>	3A	<b>3B</b>	3A
Strekning 4: Skorstøl - Lindland	4D	4B	4D	4B
Strekning 5: Lindland - Tvedestrand	<b>5C</b>	5A	<b>5F (C+E)</b>	5A
DELSTREKNING 2: Arendal - Grimstad				
Strekning 21: Arendal - Asdal	21B	21A	21B	21A
Strekning 22: Asdal - Temse	22B	22C	22B	22C
Strekning 23: Temse - Grimstad	23F	23C	23F	23C

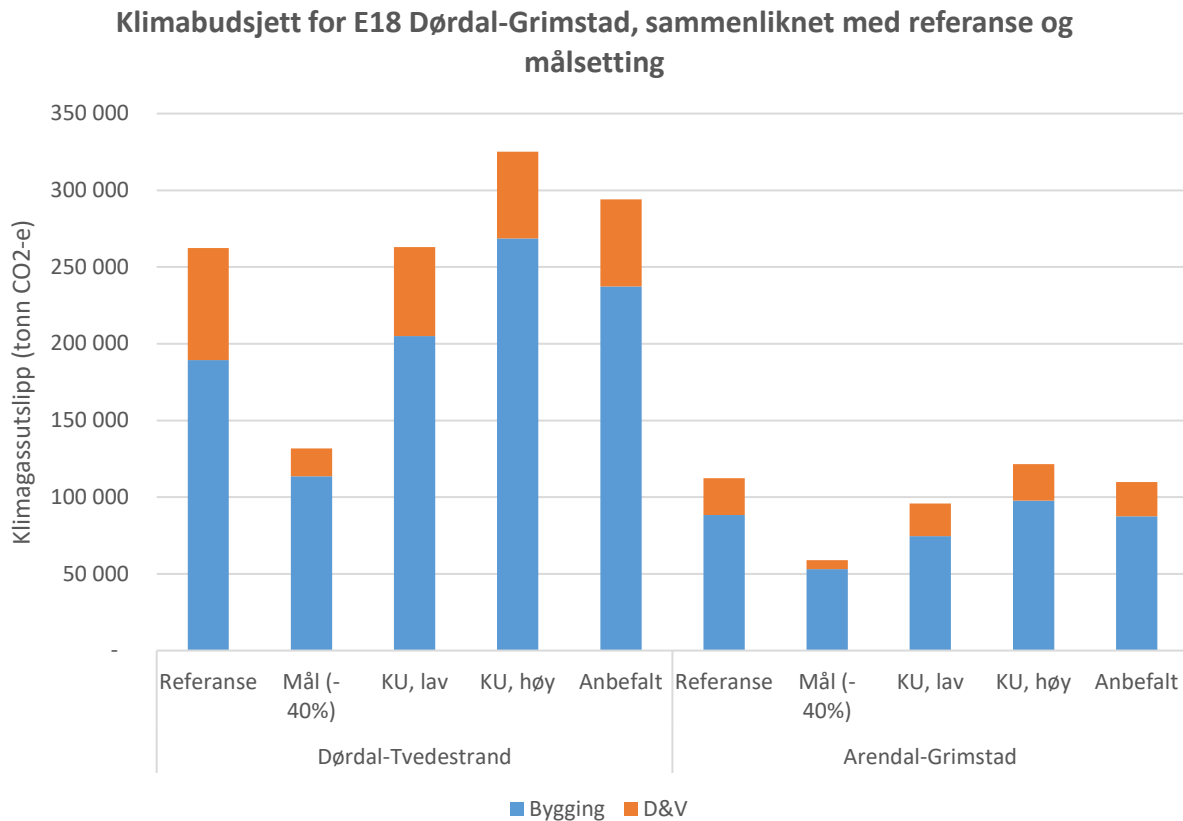
Hvis vi ser bort fra arealbeslag, viser resultatene for de vurderte eksempellinjene og strekningene, som presentert i kapittel 2.3, at forskjeller i klimagassutslipp mellom alternativene i hovedsak er knyttet til:

- Behov for massehåndtering
- Behov for sprengning
- Brulengde
- Strekningslengde

### 3.2 Vurdering av måloppnåelse for reduksjon av klimagassutslipp

Juli 2018 ble det beregnet klimabudsjett for hele strekningen E18 Dørdal – Grimstad, heretter kalt referanselinjen. Beregningen ble utført av Niras på oppdrag av Nye Veier. Referanselinjen starter nord for Dørdal og fortsetter nord for dagens E18 og krysser Bakkevannet ved Sæteren. Linjene som er utredet i denne KU'en ligger sør for eksisterende E18 i dette området. Videre går referanselinjen i relativt rett strekke ned til Ødegard hvor den krysser dagens E18, på samme sted som linjene utredet i KU. Fra dette punktet går referanselinjen i mer sørlig retning enn linjene utredet her; over Østerfoss ned til Tyvand. I dette området avviker referanselinjen relativt mye fra både eksisterende E18 og linjene som er omfattet i KU. Referanselinjen krysser igjen dagens E18 litt nord for Sannidal og fortsetter i om lag samme trasé som linjene utredet i KU helt ned til Bråtvann (hvis vi ser bort fra 2D og 3C). Herfra følger referanselinjen dagens E18 ned til Tvedestrand, i motsetning til så godt som alle linjene som er utredet her som alle går nord-vest for dagens E18. På strekningen Arendal – Grimstad følger referanselinjen dagens E18 (som kombinasjonen 21A-22C-23F i denne KU'en).

Det er gjort sammenlikning med referanselinjen og klimagassberegningene i KU for å måle klimaprestasjon i henhold til klimamålene (40% reduksjon av klimagassutslipp fra byggefasen, 75% reduksjon av klimagassutslipp fra driftsfasen). Vi bruker her det høye og lave estimatet, samt anbefalt linje fra KU sammenstillingsrapport for å vurdere måloppnåelse, ettersom det ikke er hensiktsmessig å se på alle mulige kombinasjoner av de vurderte eksempellinjene. Ettersom referansen ikke inkluderer utslipp fra arealbeslag, er dette ikke vurdert her. En sammenstilling av høye og lave estimater for klimagassutslipp per delstrekning, anbefalt linje, referanseberegninger for strekningen og beregnede utslipp for å nå klimamålene er gitt i Figur 18:



Figur 18 Sammenstilling av høye og lave estimater for klimagassutslipp for Dørdal-Tvedestrand og Arendal-Grimstad, samt anbefalt linje i KU, med referanseberegninger for strekningen og beregnede utslipp for å nå prosjektets klimamål

Tabell 7 og Tabell 8 viser beregnede utslipp for lave og høye estimater, samt anbefalt linje fra KU, for henholdsvis byggefase og driftsfasen. Prosentverdier angir differanse, sammenliknet med referansen.

Tabell 7 Lave og høye estimater for klimagassutslipp, per delstrekning, sammenliknet med referanseberegninger og mål for klimagassutslipp for strekningen, for byggefasen (verdier er avrundet til nærmeste 500)

Delstrekning	BYGGEFASE							
	Referanse	Mål (-40%)	KU, lav		KU, høy		Anbefalt	
Dørdal-Tvedestrand	189 295	113 577	204 922	8 %	268 536	42 %	237 422	25 %
Arendal-Grimstad	88 331	52 999	74 612	-16 %	97 748	11 %	87 566	-1 %
TOTAL	277 626	166 576	279 533	1 %	366 284	32 %	324 989	17 %

Tabell 8 Lave og høye estimater for klimagassutslipp, per delstrekning, sammenliknet med referanseberegninger og mål for klimagassutslipp for strekningen, for driftsfasen (verdier er avrundet til nærmeste 500)

Delstrekning	D&V							
	Referanse	Mål (-75%)	KU, lav		KU, høy		Anbefalt	
Dørdal-Tvedestrand	72 974	18 244	58 079	-20 %	56 586	-22 %	56 698	-22 %
Arendal-Grimstad	24 103	6 026	21 192	-12 %	23 802	-1 %	22 353	-7 %
TOTAL	97 077	24 269	79 272	-18 %	80 388	-17 %	79 050	-19 %

Samlet over 40 års beregningsperiode (sum for byggefase og D&V), ligger det lave estimatet for klimagassutslipp for Dørdal-Tvedestrand ca. 4% lavere enn referansen, mens det høye estimatet ligger ca. 19% høyere. Anbefalt linje ligger ca. 8% høyere enn referansen.

Dersom Niras' referanse legges til grunn, må prosjektet redusere beregnede utslipp med mellom 170 000 og 253 500 tonn CO<sub>2</sub>-e for å nå klimamålene, avhengig av hvilke eksempellinjer som velges. Dette tilsvarer en reduksjon av utslipp fra byggefasen på 40% hvis man legger det lave estimatet til grunn, men 54% hvis det høye estimatet brukes. For driftsfasen må utslipp reduseres med rundt 70% for både høyt og lavt estimat.

For den anbefalte linjen må utslippene reduseres med ca. 213 000 tonn CO<sub>2</sub>-e, tilsvarende 53% totalt for å nå klimamålet. Dette tilsvarer ca. 50% reduksjon for byggefasen og ca. 70% reduksjon i drift.

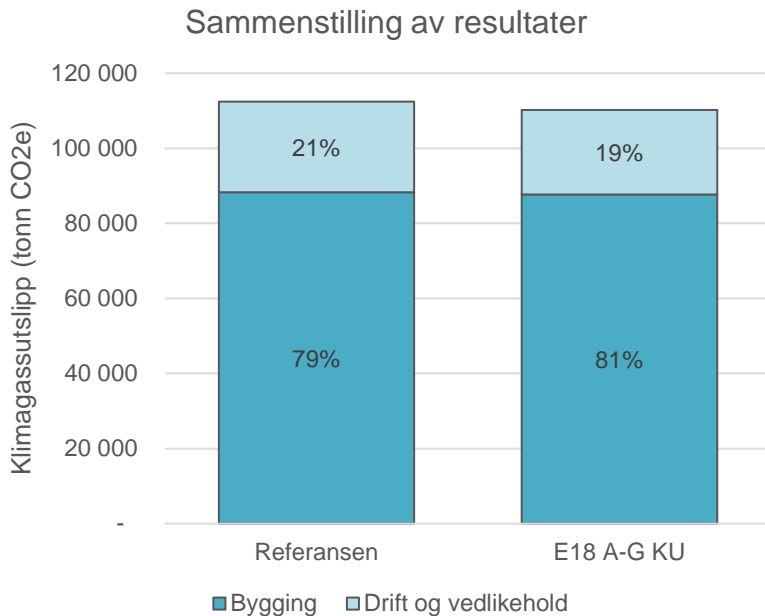
### 3.3 Følsomhetsvurdering av referanseberegninger

Forutsetninger som ligger til grunn for beregningene beskrevet i dette notatet representerer tradisjonelle løsninger som kan betraktes som standard praksis for utbygging av veiinfrastruktur i Norge i dag. Dette tilsvarer hensikten med beregningene Niras utarbeidet for strekningen i juli 2018, og således bør beregningene gjort her samsvare med referanseberegningene, dersom man ser bort fra ulikheter knyttet til sammensetning av eksempellinjer.

Beregningene presentert i dette notatet er imidlertid basert på en metodikk som avviker noe fra metodegrunnlaget benyttet av Niras for å sette opp referanseberegningene for strekningen i 2018. Det er derfor nødvendig å gjøre en vurdering av hvor sammenliknbare de to beregningene er, med hensyn til metodikk og utslippsfaktorer, for å kunne stadfeste hvorvidt referanseberegningen gir et godt sammenlikningsgrunnlag for å vurdere måloppnåelse i prosjektet. Vurderingen er gjort med utgangspunkt i delstrekning Arendal – Grimstad, ettersom det her var mulig å finne eksempellinjer der referansen og våre beregninger stemte relativt godt overens, det vil si kombinasjonen 21A-22C-23F.

Figur 19 viser resultater fra begge analysene, fordelt på drift og vedlikehold. Våre beregninger gir marginalt høyere utslipp totalt sett, og fordeling på bygging versus drift og vedlikehold er relativt lik (drift og vedlikehold utgjør 1/5 av totalen). På overordnet nivå synes dermed beregningene å samsvare i stor grad.





Figur 19: Sammenstilling av resultater mot referanseberegningene

Ser en litt nærmere på resultatene viser det seg imidlertid at det er store innbyrdes forskjeller knyttet til hva som bidrar mest til utslippene. For eksempel er det store forskjeller på hvor mye prosessene på byggeplass bidrar til de totale utslippene. I våre beregninger utgjør posten *massebehandling/-transport* 33%. Dette tilsvarer omtrent postene *massetransport*, *lasting av sprengstein* og *for og etterarbeid* i referansen, der disse bidrar under 2% til totalen.

De store forskjellene her henger sammen med flere variabler i hvordan mengder anslås i referanseberegningene: Beregnede mengder jord- og steinmasser, transportavstand og dieselforbruk ved graving, opplasting og utlegging av massene. Det er gjort en sjekk av innvirkning av valgte transportavstander. Antagelsene fra referanseberegningen ble lagt til grunn også i våre beregninger; dette medførte at bidragene fra posten *massebehandling/-transport* sank til 19% av totalen. Dette viser to ting; transportavstand for masser er en viktig parameter i beregningene, og masseberegningene i de to analysene er svært forskjellige. Masseberegningene fra Novapoint som ligger til grunn i våre beregninger gir et relativt uvanlig høyt masseoverskudd for de fleste eksempelalternativene på strekningen Dørdal – Grimstad, og det kan tenkes at dette ikke fanges opp av den generiske metodikk benyttet i referanseberegningen.

For bygging i referanseberegningene er det betong, frostsikring i tunnel, armering og sprengning<sup>8</sup> som bidrar mest til totalen. Dette er i hovedsak knyttet til bruer og tunneler på strekningen, og lengder på slike konstruksjoner er forskjellige i våre beregninger sammenlignet med referansen. Tabell 9 viser lengden for de analyserte strekningene fordelt på vei i dagen, bru, tunnel og løsmassetunnel.

<sup>8</sup> Her er det uklart hvorvidt denne posten inkluderer lasting av sprengstein

Tabell 9: Lengder per veielement for strekningene som er analysert

Veielement	Referanseberegninger	Klimabudsjett i konsekvensutredning
Vei i dagen	11 250	16 603
Bru	1 350	1 150
Tunnel	4 500	1 920
Løsmassetunnel	2 000	
<b>Total lengde</b>	<b>19 100</b>	<b>19 673</b>

Veilinja i referansen har altså en langt større andel av tunnel, hvilket forklarer at utslipp knyttet til materialbruk slår mer ut i disse beregningene. En del av grunnlaget for referanseberegningene er hentet fra en metode utviklet i 2009, og som delvis er utdatert. Den har blitt oppdatert og videreutviklet i flere trinn i ettertid, og gjennomgår for tiden nok en oppdatering for inkludering i EFFEKT 6.71. En av svakhetene ved metoden fra 2009 var at prosesser knyttet til anleggsfasen ble underestimert i relativt stor grad. Dette gjeldt spesielt masseberegninger og energibruk knyttet til massebearbeiding.

Avslutningsvis kan man konkludere med at ulikheter i metodegrunnlag og beregningsfaktorer gjør at beregningene i for liten grad er sammenliknbare til å kunne måle utslippsøkning/-reduksjon i dette planstadiet mot referanseberegningene. Det er imidlertid planlagt et arbeid for å harmonisere beregningsmetodikk og -faktorer på tvers av de verktøyene som er brukt i beregningene beskrevet her, og Niras' beregningsverktøy. Det anbefales derfor at prosjektet følger dette arbeidet, og vurderer behov for oppdatering av referansen når resultatene av harmoniseringsarbeidet foreligger, siden det da vil bli lagt til rette for konsekvens i beregningsmetodikk i de ulike stadiene i planprosessen.

#### 4. ANBEFALINGER FOR Å NÅ KLIMAMÅL

Forutsetningene som ligger til grunn for beregningene er gjort i henhold til valg som representerer tradisjonelle løsninger. Med dette menes det valg av løsninger som representerer standard praksis for veibygging i Norge, uten vekt på å redusere klimagassutslipp. Dermed ligger det et betydelig potensiale for å redusere utslippene i valg av løsninger, med hensyn til eksempellinjevalg og eksempellinjesammensetning, design, materialbruk og anleggsgjennomføring.

I dette kapitlet gir vi noen generelle anbefalinger for å redusere klimagassutslipp fra strekningen for å kunne nå miljømålene. Fordi mengdeunderlaget i stor grad er basert på nøkkeltall, er effekten av anbefalte tiltak er ikke kvantifisert. Dette bør gjøres i en senere planfase, etter hvert som ulike løsninger vurderes. Ettersom utslipp fra byggefasen står for den klart største andelen av totale klimagassutslipp over 40 år, bør tiltak for å redusere utslipp derfor først og fremst rettes mot denne fasen.

##### 4.1 Valg av trasé og overordnede grep

De største reduksjonene i klimagassutslipp oppnås ved å bruke klimagassberegninger som en del av beslutningsgrunnlaget i tidlige planfaser (slik som beregningene presentert i dette notatet). I dette veiprosjektet er det behov for store inngrep som medfører høyt forbruk av sprengstoff og store volum av masser som skal håndteres og transporteres. Det bør velges eksempellinjealternativer med lavest behov for inngrep. Videre gir de store konstruksjonene (bru og tunnel) stort utslag på klimagassutslipp fra utbygging. Derfor vil et godt utslippsminimerende tiltak være å velge de eksempellinjene som gjør at man unngår bru og tunnel i størst mulig grad. Dernest bør korteste eksempellinje velges. Bygging av konstruksjoner på områder med dårlige grunnforhold kan i tillegg føre til behov for store mengder materialer til grunnstabilisering, så dersom det er mulig å påvirke plassering av konstruksjoner eller eksempellinjeføring for å unngå dette, bør dette tas inn i vurderingen.

Som beskrevet i kapittel 2.4, har arealbruksendringer stor innvirkning på klimagassutslipp fra utbygging. Spesielt gir drenering av myrområder store klimagassutslipp. I valg av eksempellinje bør man derfor unngå å bygge ned områder med mye myr og skog.

##### 4.2 Anbefalinger, anleggsfase

Selve anleggsgjennomføringen påvirker klimagassutslipp både gjennom direkte utslipp på anleggsplass, og ved at måten anleggsfasen planlegges har innvirkning på hvilke løsninger som er mulige.

Planlegging av sprengning har stor betydning for hvor mye masser som må transporteres, og for betongforbruk. Begge disse har stor betydning for klimagassutslipp. Derfor bør det planlegges med tiltak som sikrer at sprengning optimaliseres, slik at man sprenger ut kun det som er nødvendig. Bruk av elektroniske tennere er et viktig hjelpemiddel for å få til dette.

Tiltak for å redusere utslipp fra transport av masser kan være:

- Helhetlig strategi for massehåndtering

- Unngå etablering av midlertidige deponier, fordi dette kan føre til dobbelt behandling av masser
- Bygge bruer og tunneler tidlig slik at det kan rasjonalisere massetransporten. Kryssing av vann, elver eller høye fjell kan fort føre til store omveier for massetransporten
- Transport med dumper i stedet for lastebil
- Bruk av jordmasser til skråningspuss lokalt
- Utnyttelse av god steinkvalitet i overbygningen (utnytte de stedene med best steinkvalitet)

Direkte utslipp fra anleggsfasen er i hovedsak knyttet til bruk av anleggsmaskiner og transportkjøretøy. Rask utvikling i markedet når det gjelder lavutslippsteknologi gjør at det vil være gode muligheter for å redusere disse utslippene allerede i nær framtid. Dette må imidlertid også planlegges for, da spesielt bruk av elektriske maskiner og kjøretøy krever mulighet for lading, og dermed infrastruktur for dette. Ellers er det også mye å spare på gode og effektive rutiner på anleggsplass.

#### 4.3 Anbefalinger, materialvalg

For å redusere utslipp fra materialbruk, gjelder det først og fremst å oppnå mest mulig effektiv materialbruk i konstruksjoner. Dernest bør det planlegges for bruk av materialer med lavere klimafotavtrykk. For betong er det mulig å oppnå store utslippsreduksjoner ved bruk av såkalt lavkarbonbetong, men ettersom denne kan ha lengre herdetid enn tradisjonell betong, må man ta dette inn i prosjektering av konstruksjoner og planlegging av anleggsgjennomføring, slik at det ikke skaper forsinkelser eller andre praktiske ulemper.

Øvrige anbefalinger for å minimere klimagassutslipp fra materialbruk (listen er ikke uttømmende):

- Bruke kalksement med lavere innhold av sement og brent kalk, samt sement med lavere klinkerinnhold
- Bruke kaldprodusert/lavtemperaturasfalt (gitt at dette ikke gir redusert dekkelevetid)
- Stål og stålelementer med høyest mulig skrapstålandel
- Stål og stålelementer med mest mulig ren produksjon og lav transportavstand

#### 4.4 Anbefalinger, drift og vedlikehold

Fordi reasfaltering er den største bidragsyteren til klimagassutslipp fra drift og vedlikehold, er lengst mulig dekkelevetid det viktigste tiltaket for å minimere utslipp fra denne fasen.

Valg av energibesparende LED-belysning gir store reduksjoner i energiforbruk til belysning, og dermed også reduserte klimagassutslipp.