



Hordaland Fylkeskommune
Klimabudsjett for Masfjordbrua

Utgave: 1

Dato: 10.11.2017

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Hordaland Fylkeskommune
Rapporttittel:	Klimabudsjett for Masfjordbrua
Utgave/dato:	1/ 10.11.2017
Filnavn:	Klimabudsjett for Masfjordbrua.docx
Arkiv ID	
Oppdrag:	606022-07–Klimabudsjett for Masfjordbrua
Oppdragsleder:	Håvard Bergsdal
Avdeling:	Plan og arkitektur
Fag	Energi og miljø
Skrevet av:	Håvard Bergsdal og Johanne Hammervold
Kvalitetskontroll:	Hogne N. Larsen
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av Hordaland Fylkeskommune for å utvikle et klimabudsjett for eventuell bygging av hengebru over Masfjorden som alternativ til videre ferjedrift av sambandet Masfjordnes – Duesund. Oppdraget inkluderer sammenligning av de to alternative krysningsalternativene med tanke på potensielle utslipp av klimagassutslipp fra bygging, drift og vedlikehold av løsningene. Matti Torgersen har vært hovedkontaktperson for oppdraget.

Håvard Bergsdal har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Trondheim, 10.11.2017

Håvard Bergsdal

Oppdragsleder

Hogne N. Larsen

Kvalitetssikrer

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	4
1.1	Bakgrunn og omfang	4
2	Forutsetninger for klimabudsjett	5
2.1	Scenario med bru over Masfjorden.....	5
2.2	Scenario med videre ferjedrift	8
3	Klimabudsjett for scenario med hengebru.....	9
3.1	Bygging av hengebru	9
3.2	Drift og vedlikehold av hengebru	10
3.3	Totale utslipp fra hengebruonstruksjonen	11
3.4	Tilkomstveger	11
3.5	Nyskapt trafikk	13
3.6	Totale resultater for scenario med hengebru	13
4	Klimabudsjett for scenario med videre ferjedrift.....	15
5	Diskusjon og sammenstilling av resultater.....	16
6	Konklusjon	18
7	Referanser	19

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn og omfang

I forbindelse med vurderinger knyttet til mulig ny hengebru over Masfjorden for erstatning av ferjesambandet Masfjordnes – Duesund ønsker Hordaland Fylkeskommune en vurdering av potensiell klimaeffekt av en overgang fra ferje til bru. Vurderingen skal omfatte bygging, drift og vedlikehold av infrastruktur, og resultere i et klimabudsjett for hengebru over Masfjorden. Tilsvarende skal det lages et klimabudsjett for alternativet med videre drift av ferjesambandet, men med elektrifisert kabelferje.

Denne rapporten beskriver resultatene fra klimabudsjett for:

- Scenario med bygging, drift og vedlikehold av ny hengebru mellom Masfjordnes og Duesund.
- Scenario med elektrifisering og videre drift av eksisterende kabelferje MS Fjon.

Klimabudsjettet er basert på livsløpsmetodikk for beregning av utslipp fra produksjon av innsatsfaktorer (materialer og energi) for bygging, vedlikehold og drift av infrastrukturen, samt direkteutslipp fra de samme aktivitetene. Formålet med klimabudsjettet er å estimere forventede utslipp fra et scenario med ny hengebru og et scenario med videre ferjedrift av ferjesambandet med elektrifisert kabelferje.

Klimabudsjettet skiller mellom ulike livsløpsfaser og deler av infrastrukturen. Klimabudsjettet baserer seg på mengdeanslag fra reguleringsplan med tilleggsopplysninger fra andre dokumenter og kilder som er referert underveis i den påfølgende teksten.

Beregningsperioden for klimabudsjettet er satt tilsvarende vanlig avskrivningstid for samferdselsprosjekter på 40 år.

2 FORUTSETNINGER FOR KLIMABUDSJETT

Konsistente systemgrenser er en forutsetning for sammenligning av alternativer. For scenarioet med hengebru inkluderes følgende:

- Bygging av bru
- Drift og vedlikehold av bru
- Bygging av tilkomstveier som er en direkte konsekvens av brubygging
- Drift og vedlikehold av tilkomstveier
- Utslipp fra nyskapt trafikk som følge av brubygging

For scenario med videre ferjedrift inkluderes følgende:

- Produksjon av batterier til ombygd ferje
- Drift, vedlikehold og slitasje av ferje og batterier
- Tilrettelegging av lading fra land
- Utslipp fra elektrisitetsforbruk for ferjedriften

I henhold til konkurransegrunnlag skal det beregnes 40 år med drift og vedlikehold for hengebru. For å gjøre scenarioene sammenlignbare er det benyttet en beregningsperiode på 40 for begge scenarioene. Forventet ferdigstilling av eventuell hengebru er 2023, og beregningsperiodens begynnelse er satt lik dette årstallet.

Elektrisitetsproduksjon er antatt med nordisk miks for alle prosesser som inkluderer elektrisitetsforbruk. Dette er gjort ut fra en antagelse om en tettere knytting mot det nordiske kraftmarkedet over tid. Utslippsintensiteten er basert på et gjennomsnitt av markedsmiksen for perioden 2012-2016, og har et utslipp på 102 g/kWh. I diskusjonskapittelet vises det derimot resultater basert på en alternativ kraftproduksjon med norsk vannkraft og utslippsintensitet på 5 g CO₂/kWh.

2.1 Scenario med bru over Masfjorden

Klimabudsjettet for bygging av hengebru over Masfjorden baserer seg i hovedsak på mengdeoverslag fra reguleringsplanen og forprosjektet. Der ulike dokumenter refererer til ulike mengder for samme komponent eller aktivitet er det nyeste datagrunnlaget benyttet.

Tilkomstveier for Fv. 570 som bygges som en direkte følge av eventuell brubygging er inkludert i scenarioet med bru over Masfjorden. Likeledes er nyskapt trafikk som følge av bygging av bru inkludert for hele beregningsperioden.

2.1.1 Hengebru

Klimabudsjettet for hengebru er i hovedsak basert på følgende kilder:

- Reguleringsplanens kostnadsoverslag etter Anslagmetoden (2017) [1].
- Kryssing av Masfjorden – Forprosjekt hengebru (2016) [2].
- Kryssing av Masfjorden – oppdaterte beregninger og tegninger av hengebru (2017) [3].

I tillegg er enkeltdetaljer videre spesifisert gjennom personlig kommunikasjon med Bruseksjonen i Statens Vegvesen [4], og Sentralt styringsdokument [5]. En mengdeoversikt for hengebrua, inkludert viadukter, er presentert nedenfor i Tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over materialmengder for hengebru.

Element	Delelement	Material/prosess	Mengde	Enhet
Kabelsystem	Bærekabler	Stål	1 830	tonn
	Øvre hengestangsfester	Stål	90	tonn
	Hengestenger	-	86,4	tonn
	<i>Hengestenger</i>	<i>Stål</i>	<i>67,2</i>	<i>tonn</i>
	<i>Kabelhoder</i>	<i>Stål</i>	<i>19,2</i>	<i>tonn</i>
Tårn	Fundament	Armert betong	2 000	m3
	Bein og rigler	Armert betong	5 300	m3
	Sadler	Stål	60	tonn
	Planering av berg under fundamenter	-	-	-
	<i>Sprengning</i>	<i>Slurry</i>	<i>252</i>	<i>fm3</i>
	<i>Masseflytting</i>	<i>Maskinbruk</i>	<i>454</i>	<i>lm3</i>
Bærekabelforankringer	Masfjordnes	Armert betong	2 000	m3
	Skarvetangen	Armert betong	700	m3
	Forankringsplater og stag	-	85	tonn
	<i>Stag</i>	<i>Stål</i>	<i>34</i>	<i>tonn</i>
	<i>Forankringsplate</i>	<i>Stål</i>	<i>51</i>	<i>tonn</i>
	Spennarmering	Stål	52,1	tonn
	Utsprengning	Slurry	4 320	fm3
	<i>Masseflytting</i>	<i>Maskinbruk</i>	<i>7 776</i>	<i>lm3</i>
	<i>Boring for spennarmering</i>	<i>Boring</i>	<i>960</i>	<i>m</i>
	Avstivningsbærer	Avstivningsbærer	Stål	3 800
Viadukter	Overbygning	Armert betong	1 700	m3
	Søyler	Armert betong	185	m3
	Fundament	Armert betong	120	m3
	Landkar	Armert betong	200	m3
Utstyr	Rekkverk	Stål	153,2	tonn
	Lysmaster	Stål	4,2	tonn
	Belegning	-	-	-
	<i>Asfalt</i>	<i>Asfalt</i>	<i>1 562</i>	<i>tonn</i>
	<i>Membran</i>	<i>Topeka</i>	<i>325,5</i>	<i>tonn</i>

Tabelloversikten viser hovedmengdene til brukonstruksjonen fordelt på kabelsystem, tårn, bærekabelforankringer, avstivningsbærer, viadukter og diverse utstyr. I hovedsak er det store mengder med stål og armert betong som dominerer materialinnsatsen. Det er i tillegg noe sprengning og masseflytting i forbindelse med forankringer og fundamenter. Masser fra dette er forutsatt dumpet i fjorden.

Enkelte elementer er utelatt fra beregningene av hensyn til arbeidsomfang og liten forventet betydning for totalutslipp og konklusjoner. Dette inkluderer bl.a. fuger og brulagre, inspeksjonsvogn, trapper/leidere og avfuktingsanlegg.

2.1.2 Tilkomsveier

Tilkomsveier for Fv. 570 som må bygges som en direkte konsekvens av en eventuell bruforbindelse er inkludert i klimabudsjettet. Tabell 2 viser en oversikt over disse. Mengdene er basert på reguleringsplanen og tilhørende mengdeoversikt til Anslagberegninger [6].

Tabell 2: Oversikt over inkluderte veglelementer.

Element	Lengde [m]
Fv 570 Masfjordnes, vegklasse H1	287
Fv 570 Masfjordnes, vegklasse Sa2	656
Fv 570 Duesund, vegklasse H1	335

Fv 570 Masfjordnes, vegklasse Sa2 Rundkjøring	50
Totalt	1 328

Total lengde på vegelementene utgjør 1,3 km. Mengder for gang- og sykkelveg er inkludert. Mengdeberegningene inkluderer slitelag, bindelag, ulike bærelag, forsterkningslag og fiberduk, samt innsats av sprengning, massetransport, maskinbruk, rekkverk, sikringsgjerder og betongmur i forbindelse med skjæring.

2.1.3 Drift og vedlikehold av infrastrukturen

For hengebru og tilkomstveier er det beregnet forventede klimagassutslipp fra drift og vedlikehold av infrastrukturen for beregningsperioden på 40 år. Følgende poster er inkludert i beregningene.

Tabell 3 viser en oversikt over inkluderte poster for drift, vedlikehold og slitasje for hengebru og tilkomstveger.

Tabell 3: Oversikt over inkluderte poster for drift, vedlikehold og slitasje av hengebru og tilkomstveger.

Element	Material	Levetid [år]
Slitelag, reasfaltering	Asfalt	10
Belysning	Elektrisitet	Forbruk
Lysmaster	Stål	30
Rekkverk	Stål	50

2.1.4 Nyskapt trafikk

Som en del av beregningene for klimabudsjettet skal forventet nyskapt trafikk som følge av en eventuell bygging av bru over Masfjorden inkluderes. I henhold til estimater i bompengesøknad for Masfjorden er det lagt til grunn et trafikknivå etter bruåpning på 550 ÅDT, mot 158 før bruåpning [7]. Av dette er det lagt til grunn at 150 av de estimerte 550 ÅDT etter bruåpning representerer nyskapt trafikk, og at gjennomsnittlig reiselengde for den nyskapte trafikken er 70 km [8].

Trafikkvekst for beregningsperioden er beregnet i henhold til framskrivninger for Hordaland i Nasjonal Transportplan 2018-2029 [7]. Disse er gjengitt i Tabell 4 nedenfor.

Tabell 4: Forventet trafikkvekst [7].

Periode	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
2014 - 2020	1,2 %	1,8 %
2020 - 2030	1,6%	1,8 %
2030 - 2040	0,6%	1,0 %

I perioden etter 2040 er det ikke lagt til grunn ytterligere trafikkvekst og verdien er beholdt konstant.

Endringer i kjøretøyparkens sammensetning er presentert i Tabell 5 og er basert på framskrivninger fra Transportøkonomisk Institutt [9]. For perioden etter 2050 er sammensetningen antatt som konstant og tilsvarende som i 2050. Det er ikke antatt noen endringer i kjøretøyparken for tunge kjøretøy, dvs. at tungtransporten er forutsatt å være dieseldrevet i hele beregningsperioden.

Tabell 5: Framskrivning av kjøretøyparkens sammensetning [9].

År	Bensin	Diesel	Elektrisk	Ladbar hybrid	Total
2010	65 %	35 %	0 %	0 %	2 294 293
2015	49 %	48 %	3 %	0 %	2 539 169
2020	33 %	48 %	13 %	7 %	2 566 537

2025	22 %	38 %	27 %	14 %	2 567 720
2030	12 %	23 %	40 %	24 %	2 645 549
2035	6 %	11 %	50 %	33 %	2 829 757
2040	2 %	6 %	55 %	36 %	3 084 424
2045	1 %	4 %	60 %	35 %	3 332 061
2050	0 %	3 %	67 %	30 %	3 525 593

Utslippsfaktorer for ulike kjøretøyteknologi er utarbeidet for bruk i EFFEKT-metodikken til Statens Vegvesen. Asplan Viak har utviklet oppdaterte utslippsfaktorer for ulike kjøretøyteknologi for bruk i Statens Vegvesens EFFEKT-metode [10]. Disse er ikke endelig publisert i en referanse, men er lagt til grunn for beregningene i klimabudsjettet for den nyskapte trafikken.

2.2 Scenario med videre ferjedrift

Klimabudsjettet for videre drift av ferjeforbindelse over Masfjorden legger til grunn at eksisterende kabelferje (MS Fjon) elektrifiseres og går over fra diesel-elektrisk drift til batteridrift. Forhold knyttet til ombygging og anlegg for batteridrift er basert på personlig kommunikasjon [11]. Ombygging til batteridrift er forventet å ha lite omfang siden ferjen allerede har diesel-elektrisk drift. Videre forventes det ingen store investeringer knyttet til infrastruktur for lading av batterier, og at lading kan foregå via vanlig strømpunkt. Ombyggingsprosessen er representert ved installasjon av batteripakke siden andre bidrag anses å ha liten betydning for totalutslippene og konklusjonene. Tilsvarende bemerkes det at også for scenarioet for bru er poster av mindre størrelse og betydning utelatt, som beskrevet i kapittel 2.1.1.

2.2.1 Batterier

Batteripakken som er planlagt installert i MS Fjon er forventet å basere seg på samme teknologi som i kabelferjen KS Hisarøy fra samme operatør [11]. Batteripakken er utviklet av batteriproduzenten Electrovaya og basert på lithium-ion-teknologi. Batteripakken er utviklet med selskapets SuperPolymer2.0-teknologi [12]. Denne teknologien er antatt å ha en energitetthet på 170-210 Wh/kg.

For beregning av utslipp av batteriproduksjon er det benyttet et livsløpsinventar med en energitetthet på 174 Wh/kg. Inventaret er basert på en nyere vitenskapelig studie fra NTNU av Li-ion-batterier og anses å ha god kvalitet [13].

Batteripakken i KS Hisarøy er på 100 kWh. Kapasitet på batteripakke til MS Fjon er ikke bestemt ennå, men dette er et større fartøy og forventes å ha en kapasitet på 150 – 250 kWh [11].

2.2.2 Drift, vedlikehold og slitasje av ferje

Batteripakken er forventet å ha en levetid på 10 år [14], og er antatt skiftet ut i henhold til dette intervallet. Videre er det inkludert slitasje av selve ferja i henhold til en avskrivningstid på 30 år for ferjemateriell. Inventar for kabelferje er hentet fra Statens Vegvesens EFFEKT-dokumentasjon [15] og samsvarer med vekt på eksisterende ferje, og slitasje beregnes i henhold til dette [11].

Energiforbruket til drift av ferje er oppgitt direkte fra oppdragsgiver som et årlig forventet forbruk tilsvarende 1 950 000 kWh.

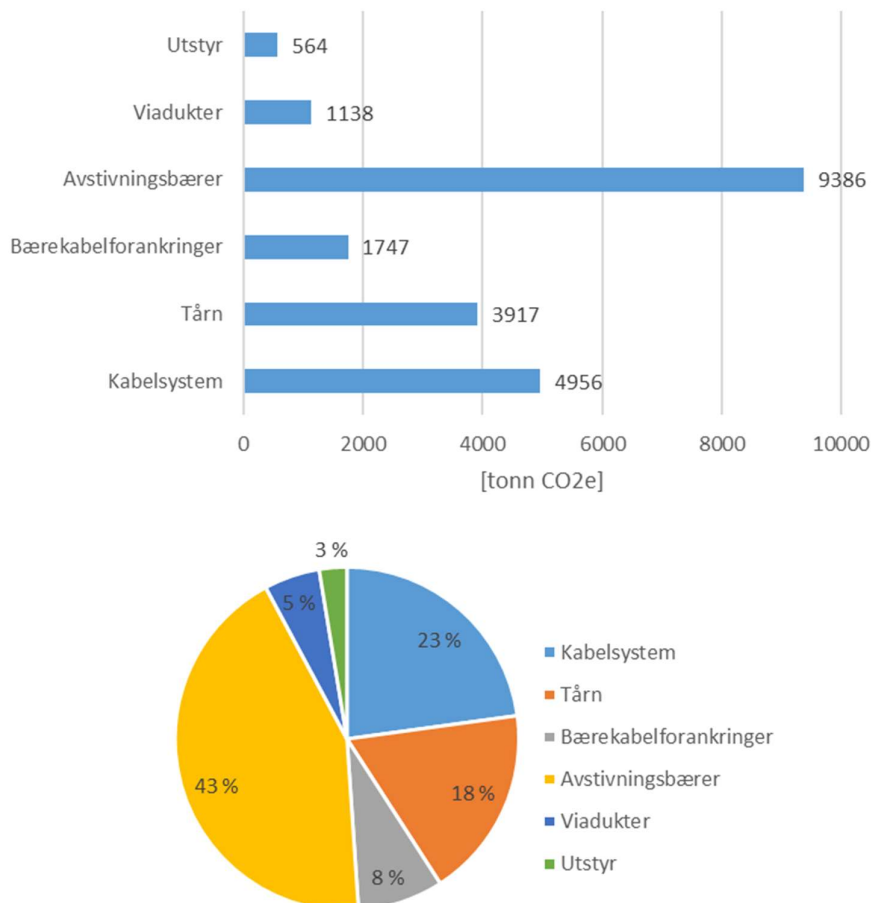
3 KLIMABUDSJETT FOR SCENARIO MED HENGEBRU

De påfølgende delkapitlene presenterer resultater fra beregninger av estimerte klimagassutslipp fra scenario med hengebru. Resultatene skiller mellom byggefase og drift og vedlikehold. Videre diskuteres hvilke delkomponenter og forhold som er sentrale for totale utslipp.

3.1 Bygging av hengebru

Basert på mengdene beskrevet i Tabell 1 og delkapittel 2.1.1 er det laget et klimabudsjett for bygging av ny hengebru over Masfjorden. Vitale mål for brukonstruksjonen er et hovedspenn på 710 meter og en total lengde med viadukter på 830 meter. Seilingsløp er 80 x 30 meter, og høyden på de to tårnene er 110 meter. Vegen over brua er planlagt med dimensjoneringsklasse H1 for en trafikkmengde < 4 000 ÅDT, og med fartsgrense 60 km/t. Normalprofilen har 7,5 meter bredde og en gang- og sykkelveg på 3,5 meter. Det er rekkverk på utsiden av kjørebanelen og mot gang- og sykkelveg [16].

Figur 1 presenterer forventede utslipp og fordeling av disse på ulike elementer for bygging av hengebru.



Figur 1: Utslipp og utslippsfordeling for bygging av hengebru.

Resultatene viser at de største estimerte utslippene er forbundet med avstivningsbæreren med en vekt på 3 800 tonn med stål. Denne utgjør alene 43 % av totalutslippene fra brukonstruksjonen.

Videre er det store stålmengder forbundet med kabelsystemet, og i hovedsak bærekablene som utgjør i overkant av 90 % av utslippene fra kabelsystemet. Hengestenger og fester for disse utgjør de resterende utslippene fra kabelsystemet, og fordeler seg omtrent likeverdig mellom de to delene av hengestangsystemet. Totalt utgjør kabelsystemet omtrent 23 % av totalutslippene fra brukonstruksjonen.

Tårnkonstruksjonene utgjør i underkant av en femtedel av totale utslipp fra brukonstruksjonen. Bein og rigler utgjør 70 % av utslippene forbundet med tårnkonstruksjonene, mens fundamentene står for over en fjerdedel. Resterende utgjøres i hovedsak av sadelsett, mens planering for tårnfundamenter har neglisjerbar betydning.

Bærekabelforankringer utgjør omtrent 8 % av totalutslippene fra brukonstruksjonen. Dette er i hovedsak forbundet med forankringer i armert betong på begge sider. De største mengdene er knyttet til forankring på Masfjordnes, og disse utgjør i underkant 60 % av utslippene, mens forankringen på Skarvetangen utgjør i overkant av 20 %. Videre er forankringsplater og stag ansvarlig for 12 % og spennarmeringen for 7,5 %. Utsprengning utgjør mindre enn 1 %.

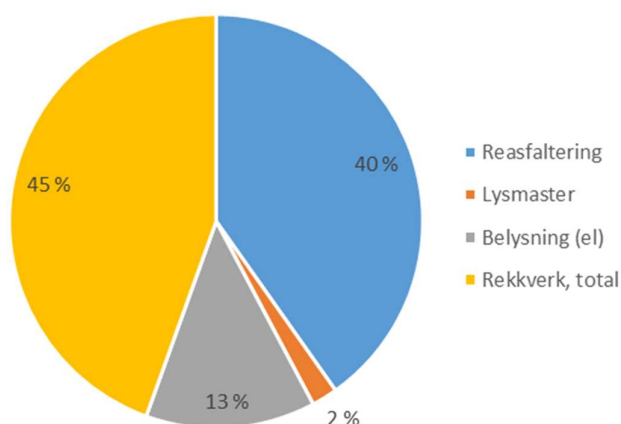
Viaduktene står for en mindre andel av totale utslipp med sine omtrent 5 %. I hovedsak er dette knyttet til overbygning som har de største mengdene av armert betong. Overbygningen utgjør 77 % av utslippene, mens landkar, søyler og fundament utgjør henholdsvis 9 %, 8 % og 5 %.

For kategorien "Utstyr" som bidrar med 3 % av totalutslippene, er 2/3 forbundet med rekkverk, i overkant av 30 % med belegningen og en liten andel med lysmaster.

Totale utslipp fra bygging av brukonstruksjonen er beregnet til 21 700 tonn CO₂-ekv.

3.2 Drift og vedlikehold av hengebru

Figur 2 viser fordelingen av estimerte utslipp fra drift, vedlikehold og slitasje av hengebru.



Figur 2: Fordeling av estimerte utslipp fra drift, vedlikehold og slitasje av hengebru.

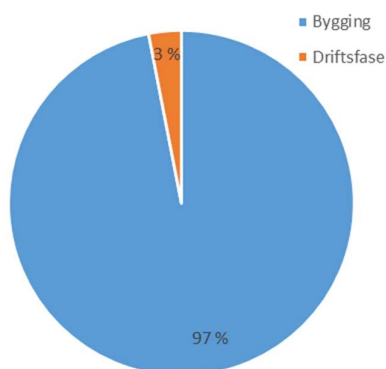
Resultatene viser at de største estimerte utslippene er knyttet til reasfaltering og slitasje på rekkverk. Slitasje på rekkverk utgjør den største posten med 45 %, mot 40 % for reasfaltering. For rekkverk er det benyttet en levetid på 50 år [17]. Det vil derfor ikke byttes ut i løpet av beregningsperioden, men slitasjen for beregningsperioden er ansvarliggjort sin andel av levetiden.

Elektrisitetsforbruk til belysning utgjør 13 %, og slitasje og utskifting av lysmaster utgjør omtrent 2 %.

Totale utslipp fra drift, vedlikehold og slitasje i beregningsperiodens 40 år er beregnet til 683 tonn CO₂-ekv.

3.3 Totale utslipp fra hengebruonstruksjonen

Totale utslipp og fordeling mellom bygging og driftsfase er presentert i Figur 3.



Figur 3: Totale utslipp fra bygging, drift og vedlikehold av hengebru i 40 år.

Fordelingen presentert ovenfor viser at byggefasen dominerer samlede estimerte utslipp for hele beregningsperioden på 40 år.

3.4 Tilkomstveger

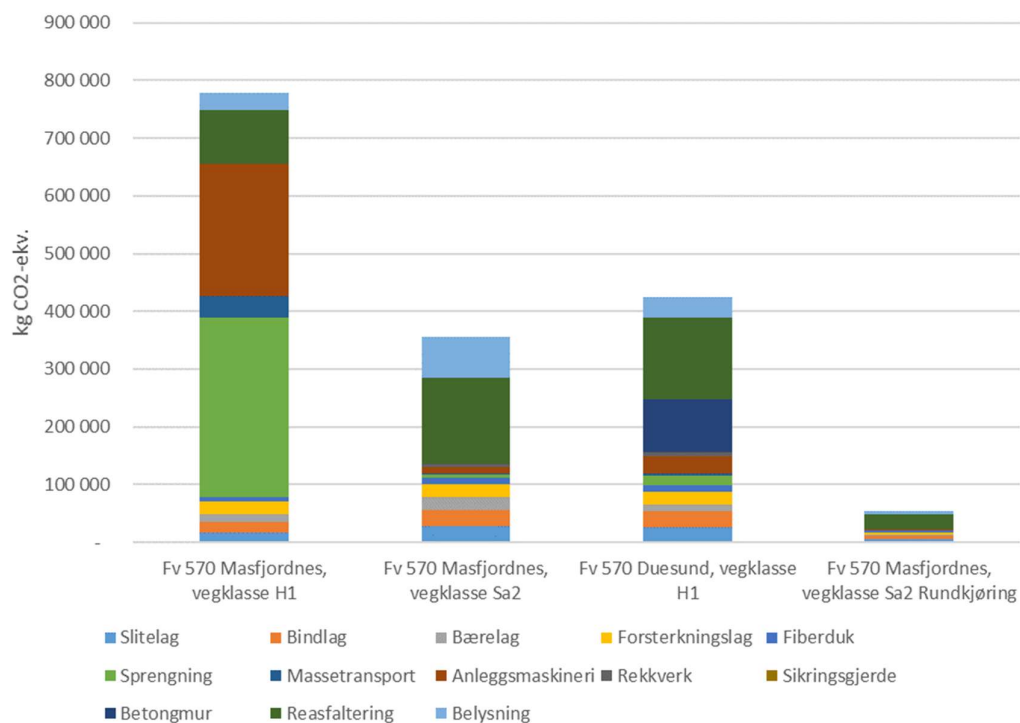
Tabell 6 viser lengde og totale estimerte livsløpsutslipp for de enkelte delene av tilkomstveiene.

Tabell 6: Livsløpsutslipp for ulike vegelementer av tilkomstveger.

Vegelement	Lengde [m]	Totalt [tonn CO ₂ -ekv.]	Per meter [kg CO ₂ -ekv.]
Fv 570 Masfjordnes, vegklasse H1	287	779	2 716
Fv 570 Masfjordnes, vegklasse Sa2	656	356	542
Fv 570 Duesund, vegklasse H1	335	425	1 270
Fv 570 Masfjordnes, vegklasse Sa2 Rundkjøring	50	54	1 089
Totalt	1 328	1 616	1 216

Oversikten per vegelement viser stor forskjell mellom de ulike delene av tilkomstvegene. Den viktigste forskjellen utgjøres av vegelement med vegklasse H1 på Masfjordnessiden. Årsaken til det betydelig høyere klimagassutslippet for dette vegelementet skyldes en stor skjæring som gir et stort utsprengt volum og tilhørende massetransport og masseflytting med anleggsmaskin.

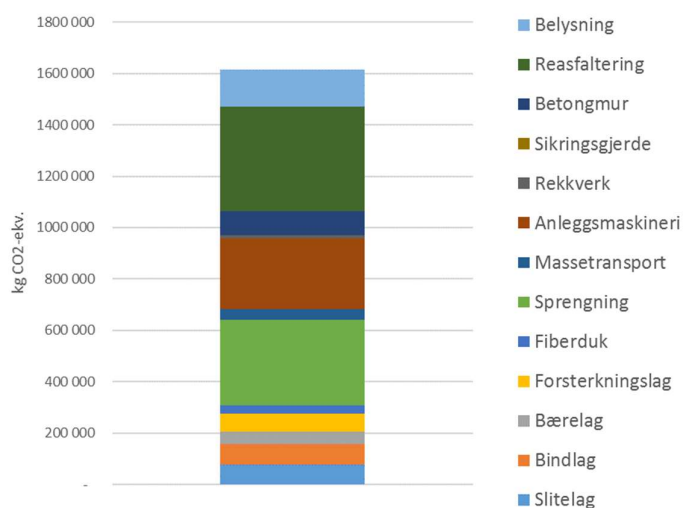
Fordeling av totale estimerte utslipp på ulike innsatsfaktorer er presentert i Figur 4. Figuren viser utbygging og drift og vedlikehold samlet.



Figur 4: Utslippsfordeling for utbygging, drift og vedlikehold av tilkomstveger.

Sammenstillingen i Figur 4 viser at reasfaltering har et stort bidrag for alle vegelementer. Som diskutert ovenfor har vegelementet som inneholder en stor skjæring betydelig høyere klimafotavtrykk enn de andre vegelementene. De høye utslippene er i hovedsak knyttet til utsprengning og maskinbruk.

Figur 5 viser en sammenstilling over hvilke innsatsfaktorer som bidrar mest totalt til utslippene fra tilkomstveger.



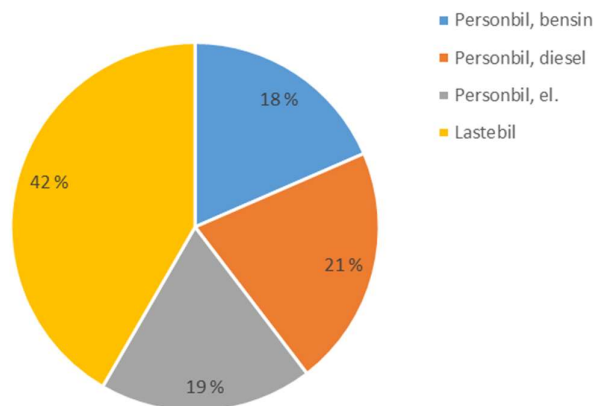
Figur 5: Oversikt over ulike innsatsfaktorerens totale bidrag til utslipp fra tilkomstveger.

Resultatene viser at skjæring på Masfjordnessiden har stor betydning også for totale utslipp forbundet med tilkomstvegene. Reasfaltering utgjør en fjerdedel av samlede utslipp, sprengning i overkant av en femtedel, og bruk av anleggsmaskiner omtrent 17 %.

Totale estimerte utslipp fra utbygging, drift og vedlikehold av tilkomstveger er 1 615 tonn CO₂-ekv.

3.5 Nyskapt trafikk

Resultater for nyskapt trafikk er presentert i Figur 6 for hele beregningsperioden på 40 år.



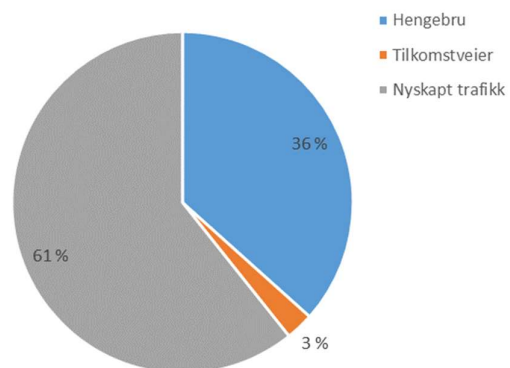
Figur 6: Utslippsfordeling på kjøretøytyper for nyskapt trafikk.

Utslippsestimatene for nyskapt trafikk viser at i overkant av 40 % av samlede utslipp for beregningsperioden er forbundet med godstransport, mens personbiler utgjør de resterende utslippene, og med en relativt jevn fordeling mellom bensin-, diesel- og elbiler. Ladbare hybrider er inkludert i tallene, men fordelt på andelen av kjøring med eldrift og fossildrift, samt fordelt på hybrid med bensin eller diesel.

Totale utslipp estimerte utslipp er 37 129 tonn CO₂-ekv. Det bemerkes at det er relativt stor usikkerhet knyttet til utslippsberegningene for kjøretøyparken såpass langt fremover i tid. Beregningene tar hensyn til forventet trafikkvekst og sammensetning av kjøretøyparken, men inkluderer ikke teknologiforbedring og utslippsreduksjon for de ulike drivstoffalternativene. Dvs. at forbedringer er knyttet til sammensetningen av kjøretøyparken og ikke til f.eks. reduserte utslipp per km for bensinbiler. For perioden etter 2040 er det ikke antatt trafikkvekst.

3.6 Totale resultater for scenario med hengebru

Figur 7 presenterer samlet utslippsfordeling for scenario med hengebru, fordelt på brukonstruksjon, tilkomstveier og nyskapt trafikk.



Figur 7: Total utslippsfordeling for scenario med bygging av hengebru.

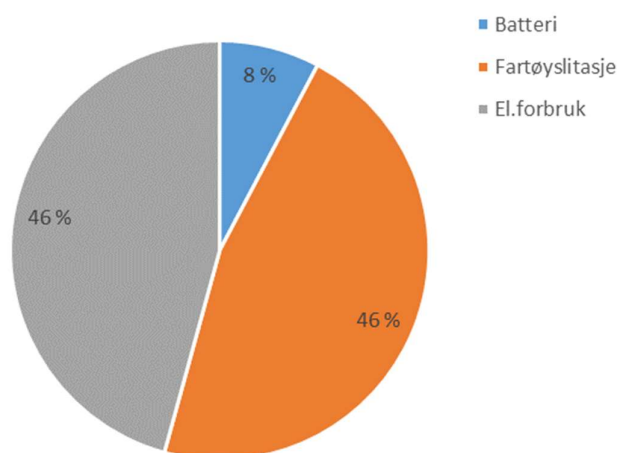
Resultatene for hele scenarioet med ny hengebru over Masfjorden viser et utslippsestimat på totalt 61 136 tonn CO₂-ekv for beregningsperioden på 40 år. I overkant av 60 % av disse utslippene kommer fra forventet nyskapt trafikk, mens 36 % er knyttet til brukonstruksjonen, og i hovedsak til bygging av brua. Nødvendige tilkomstveier utgjør ytterligere 3 % av totalutslippene.

Som nevnt i foregående delkapittel om nyskapt trafikk, er det betydelig usikkerhet knyttet til framskrivninger av trafikkvolum, kjøretøyparkens sammensetning, teknologiutvikling og utslippsfaktorer, samt hvor stor ÅDT som vil komme som en økt trafikkmengde og hvor lang en gjennomsnittlig nyskapt reise vil være.

4 KLIMABUDSJETT FOR SCENARIO MED VIDERE FERJEDRIFT

Dette kapittelet presenterer resultater fra beregninger av estimerte klimagassutslipp fra scenario med elektrifisert ferjedrift.

Forutsetninger for inventaret og beregningene er presentert i delkapittel 2.2. Siden ombyggingsbehovet for MS Fjon utover produksjon av batteripakke er vurdert å være neglisjerbart relativt til driftsfasen, presenteres alle resultatene samlet. I Figur 8 presenteres resultater for scenarioet med elektrifisert ferjedrift fordelt på batterier, fartøyslitasje og energiforbruk til fremdrift. Utslippene knyttet til produksjon av batteripakker inkluderer både batteripakken fra den opprinnelige ombyggingen samt videre utskifting i henhold til levetid.



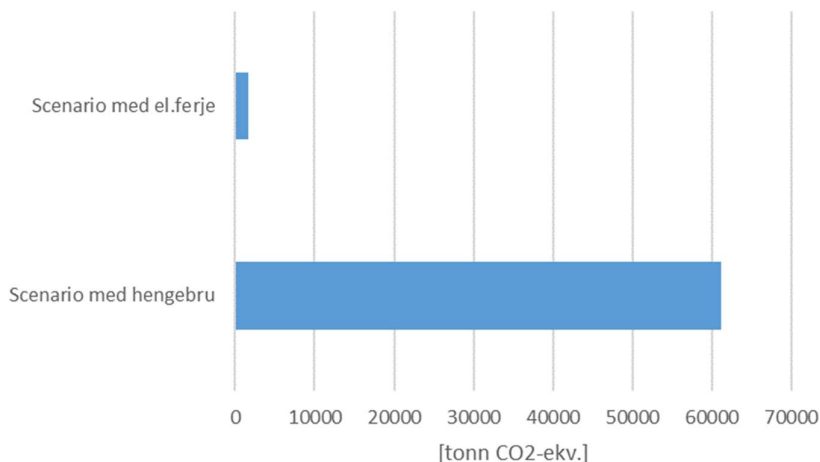
Figur 8: Utslippsfordeling for scenario med elektrifisert ferjedrift.

Utslippsfordelingen viser like store bidrag fra fartøyslitasje og elektrisitetsforbruk for ferjedriften. Til sammen utgjør dette 92 % av samlede utslipp, mens produksjon av batteripakke og utskifting av denne gjennom beregningsperioden utgjør de resterende 8 % av utslippene.

Totale utslipp fra scenarioet med elektrifisert ferje er beregnet til 1 735 tonn CO₂-ekv.

5 DISKUSJON OG SAMMENSTILLING AV RESULTATER

Figur 9 presenterer totale resultater for beregningsperioden på 40 år for scenario med hengebru og med elektrifisert ferjedrift.

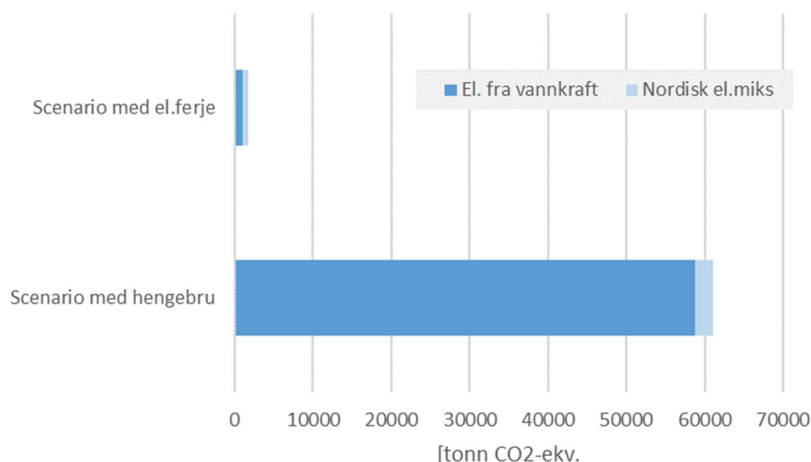


Figur 9: Totale resultater for scenario med hengebru vs. scenario med elektrifisert ferjedrift.

Totalt utslippsestimater viser meget stor forskjell mellom scenarioene for hengebru vs. elektrifisert ferjedrift. Forskjellen er i favør elektrifisert ferjedrift som er beregnet til et samlet utslipp på under 3 % av scenarioet med hengebru. Dette er i samme størrelsesorden som utbygging, drift og vedlikehold av tilkomstveier i scenarioet med hengebru.

Scenarioet med videre ferjedrift med elektrifisert kabelferje er et relativt enkelt system som krever lite materialinnsats utover vedlikehold av fartøy og batterier, samt energi til fremdrift. Til sammenligning er materialinnsatsen, og tilhørende indirekte utslipp fra produksjon av disse, ved bygging av en hengebru med hovedspenn på over 700 meter betydelig høyere. I tillegg kommer nødvendige tilkomstveier for tilkobling av brukonstruksjonen til vegnettet, og ikke minst forventet nyskapt trafikk som følge av eventuell brubygging.

Det viktigste bidraget til totalutslippene for scenarioet med ferjedrift er energiproduksjonen. Dersom det legges til grunn en strømmiks basert på ren vannkraft med utslippsintensitet på 5 g CO₂/kWh (som spesifisert i utlysningsteksten [14]), vil utslippene fra elektrisk ferjedrift reduseres betydelig. Dersom det samtidig antas samme utslippsintensitet for scenarioet med hengebru, blir resultatene som vist i Figur 10. En antagelse om vannkraft for elektrisitetsproduksjon vil også påvirke utslippene fra elbiler og ladbare hybrider for den nyskapte trafikken, samt utslipp fra belysning av tilkomstveger og bru.



Figur 10: Totale resultater med antakelse om norsk vannkraft for kraftproduksjon.

Den mørkeblå delen av søylene i figuren viser utslippene med norsk vannkraft som basis, og den lyseblå delen viser de ekstra utslippene forbundet med en antakelse om nordisk kraftproduksjon. Resultater med norsk vannkraft som antakelse for kraftproduksjonen gir ingen endring i konklusjonen mellom scenarioene. Tvert imot blir forskjellen mellom scenarioene enda større siden alternativet med ferje har en større andel av utslippene knyttet til energibruken.

I analysen og sammenligningen av de to scenarioene er beregningsperioden satt til 40 år. Det er verdt å merke seg at levetiden til en eventuell bru kan forventes å være betydelig lengre enn 40 år. Det vil i praksis si at utslippene fra selve byggingen vil kunne fordeles på en lengre periode. Samtidig vil en lengre beregningsperiode også medføre en lengre periode med nyskapt trafikk.

I klimabudsjettberegningene for hengebru er det benyttet utslippsfaktorer for gjennomsnittlig/typisk norske materialbruk. Ved en eventuell bygging av hengebru anbefales det å se på muligheter for utslippsreduksjon ved f.eks. å stille miljøkrav til innkjøp for sentrale materialposter som betong og stål, samt ulike andre tiltak som vil kunne bidra til å redusere totalutslippene.

I livsløpsvurderinger av miljøprestasjon benyttes det et begrep som heter "funksjonell enhet". For å gjøre en korrekt og rettferdig sammenligning av to alternativer skal begge oppfylle de samme funksjonelle krav. Resultatene i dette klimabudsjettet er basert på to alternativer som begge vil fylle funksjonen å tilby veginfrastruktur og forbindelse over Masfjorden. Derimot er det betydelige forskjeller i hvordan dette oppfylles for de to alternativene. Klimabudsjettet tar ikke hensyn til forskjeller i reisetid, tilgjengelighet (antall avganger vs. døgnåpen bru), økonomi og andre faktorer som vil være en del av et fullstendig beslutningsgrunnlag. Ved vurdering av de to alternativene i klimabudsjettet må både usikkerhet i datagrunnlaget samt forskjellen i funksjon tas med i vurderingen.

6 KONKLUSJON

Et scenario med bygging av hengebru er vurdert mot et scenario med videre drift av ferjeforbindelsen over Masfjorden med elektrifisert kabelferje. Totale estimerte utslipp er betydelig lavere for alternativet med elektrifisert ferjedrift. Kabelferjen er en enkel konstruksjon med relativt lite energibehov sammenlignet med brualternativet. I tillegg til at selve hengebrua er en materialintensiv konstruksjon med høye indirekte utslipp fra materialproduksjon til bygging, skapes det også en økt trafikkmengde som gir et betydelig utslippsbidrag, samt at det må bygges tilkomstveier for brukonstruksjonen.

Til tross for usikkerhet i ulike faktorer i klimabudsjettet er forskjellen mellom de to alternativene så stor at det skal svært mye til for å endre hovedkonklusjonen om at elektrifisert ferjedrift har et lavere klimafotavtrykk enn alternativet med hengebru.

7 REFERANSER

- [1] S. Vegvesen, "Reguleringsplan, Fv 570 Masfjordnes - Skarvetangen, Kostnadsoverslag etter Anslagmetoden," 2017.
- [2] B. Vegdirektoratet, "Kryssing av Masfjorden - forprosjekt hengebru," 2016.
- [3] B. Statens Vegvesen, "Kryssing av Masfjorden - oppdaterte beregninger og tegninger av hengebru," 2017.
- [4] "Personlig kommunikasjon, Kristian Berntsen (Statens Vegvesen), 26. nov. 2017." .
- [5] R. V. Statens Vegvesen, "Fv. 570 Masfjordsambandet, Sentralt styringsdokument/Prosjektstyringsplan," 2017.
- [6] "Fv 570 Bru over Masfjorden - Mengder til ANSLAG." 2017.
- [7] Statens Vegvesen Region Vest, "Fv. 570 Masfjordnes – Duesund Masfjordsambandet, Forslag til delfinansiering med bompenger," 2017.
- [8] "Personlig kommunikasjon Sigmund Solberg, 6. nov. 2017." .
- [9] L. Fridstrøm and V. Østlie, "Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp - Framskrivninger med modellen BIG," 2016.
- [10] J. Hammervold, "Klimamodulen i EFFEKT - Oppdatering av koeffisienter 2017 for drivstofforbruk," 2017.
- [11] "Personlig kommunikasjon Hugo Sleire, daglig leder Repparfjord Eiendom, Wergelandgruppen, 7. nov. 2017." .
- [12] Solund Verft, "Skandinavias første batteri elektriske bilferge er i drift," 2013. [Online]. Available: https://m.facebook.com/permalink.php?id=358787531945&story_fbid=10151652152341946.
- [13] L. A. W. Ellingsen, G. M. Bettez, B. Singh, A. K. Srivastava, L. O. Valøen, and A. H. Strømman, "Life cycle assessment of a lithium-ion battery vehicle pack," *J. Ind. Ecol.*, vol. 18, no. 1, pp. 113–124, 2014.
- [14] Hordaland Fylkeskommune, "Minikonkurranse 'Klimabudsjet for Masfjordbrua' - Utlysningstekst," 2017.
- [15] Statens Vegvesen, "Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6., Rapport nr. 358," 2015.
- [16] O. K. Dalland and Å. Blomdal, "Reguleringsplan for bru over Msfjorden i Masfjorden kommune - Konsekvensutgreiing," 2017.
- [17] "VegLCA v1.02 - Verktøy for klimavurdering av veginfrastruktur." 2017.