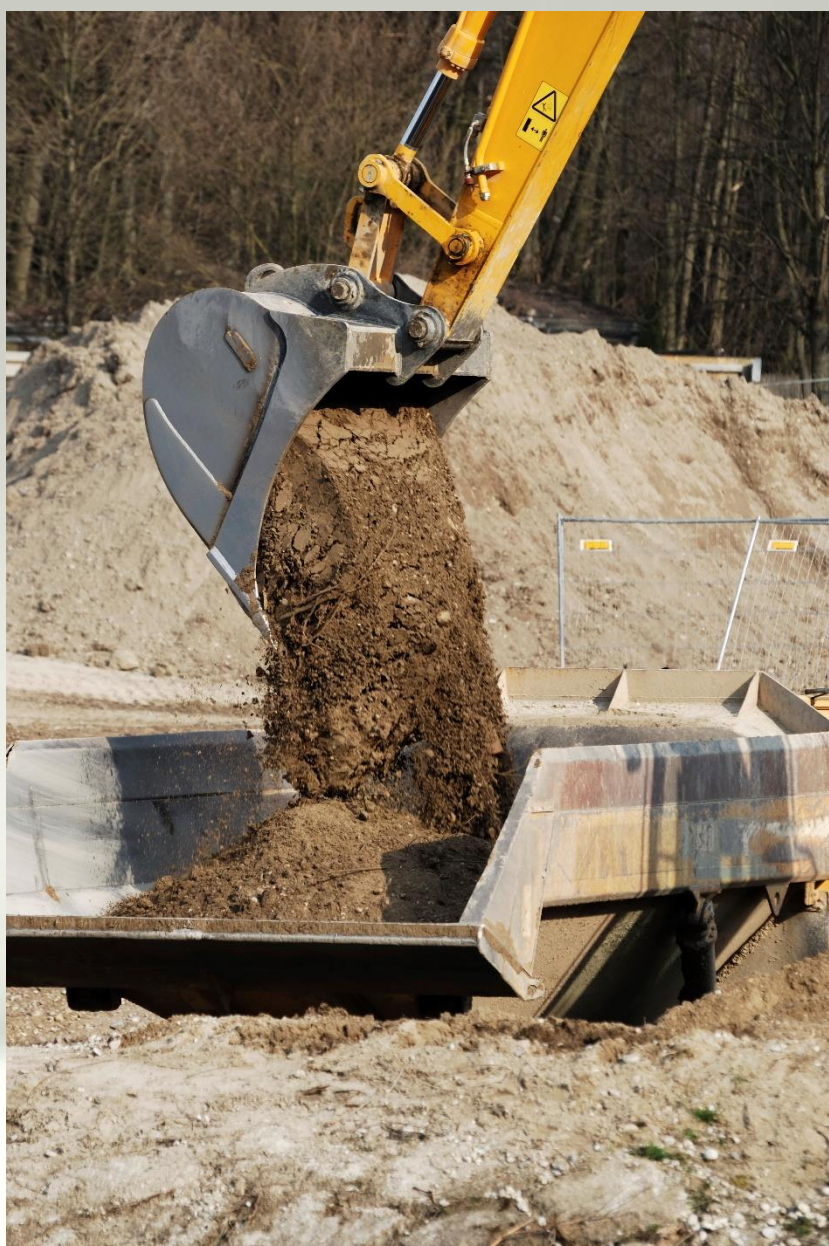


Vurdering av endringer i klimagassutslipp ved infrastrukturbygging siden 2005



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Nye Veier, Bane NOR

Tittel på rapport: Vurdering av endringer i klimagassutslipp ved infrastrukturbygging siden 2005

Oppdragsnavn: Klimagassutslipp ved infrastrukturbygging siden 2005

Oppdragsnummer: 633120-01

Utarbeidet av: Oddbjørn Dahlstrøm Andvik, John Sverre Rønnevik, Mie Fuglseth

Oppdragsleder: Oddbjørn Dahlstrøm Andvik

Tilgjengelighet: Åpen

Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS
03	10. des. 2021	For publisering	ODA, JSR, MF	ODA, JSR, MF
02	19. nov. 2021	Opprettet etter ekstern øring	ODA, JSR, MF	ODA, JSR, MF
01	30. aug. 2021	Høringsutkast	ODA, JSR, MF	ODA, JSR, MF

Sammendrag

Bane NOR, Nye Veier og Statens vegvesen har som mål om å redusere klimagassutslipp i tråd med nasjonale forpliktelser. Nasjonale klimamål tar utgangspunkt i året 2005 som referanseår. De nevnte transportvirksomhetene ønsker å undersøke i hvilken grad klimafotavtrykket ved bygging av infrastruktur har endret seg fra 2005 til i dag. Hensikten er å bedre kunne fremstille virksomhetenes måloppnåelse på klimafeltet med utgangspunkt i samme referanseår som gjelder for Norge under klimaavtalen med EU.

Verktøyene for beregning av klimagassutslipp som er i bruk hos de nevnte transportvirksomhetene er fra ca. 2016. De første versjonene inneholdte utslippsfaktorer og beregningsfaktorer fra det året, og utslippsberegninger gjenspeiler situasjonen i 2016. Det betyr at utslippsreduksjoner i dagens anleggsprosjekter kan relateres til referanseår 2016.

Det er derimot ukjent hvor mye utslipp fra bygging av infrastruktur har endret seg mellom 2005 og 2016 som følge av utvikling innen materialer, arbeidsmåter og drivstofforbruk. For å kunne beregne dette, har Bane NOR, Nye Veier og Statens Vegvesen hatt et behov for et sjablonmessig estimat av utslippsendringer i anleggsbransjen mellom 2005 og 2016. Denne rapporten inneholder slike sjablonmessige estimater av utslippsendringer i anleggsbransjen (innen materialer, arbeidsmetoder og drivstofforbruk) mellom 2005 og 2016.

Hensikten med rapporten har ikke vært å lage beregninger for de totale samlede utslippene fra virksomhetene eller sektoren som sådan i årene 2005 eller 2016. Vi har ønsket å undersøke hvordan klimagassutslippene fra sentrale utslippskilder i infrastrukturprosjekter har endret seg fra 2005 og frem til 2016.

Klimagassutslipp 2005 - 2016

Studien har undersøkt endring i utslipp av klimagasser fra bygging av infrastruktur fra 2005 og 2016 som følge av utvikling innenfor:

- materialer
- arbeidsmåter

- drivstofforbruk.

Total endring i klimagassutslipp fra 2005 til 2016 er en kombinasjon av endringer innenfor materialer, drivstofforbruk og arbeidsmetoder samlet.

Det har i studien vært mulig å kvantifisere endringer i utslippsfaktorer for produksjon av materialer, strøm og drivstoff fra 2005 til 2016, men det har ikke vært mulig å kvantifisere endring i drivstofforbruk og arbeidsmetoder. Endringer for drivstofforbruk og arbeidsmetoder er omtalt kvalitativt.

Det har i studien derfor ikke vært mulig å estimere en totalendring i klimagassutslipp fra 2005 til 2016 basert på endring innenfor materialer, drivstofforbruk og arbeidsmetoder samlet.

Endringer fra 2005 til 2016: basert på endret utslippsfaktorer for materialer strøm og drivstoff

Det er utfordrende å fastslå representative utslippsfaktorer for året 2005 (eller noe enkeltår). Det er mulig å se en trend over tid, men her er det også nødvendig å skille på endringer som skyldes metodeutvikling-/forbedring, og endringer i beregnede utslipp som skyldes faktiske endringer i produksjon

Vi vet mye mer om hva utslippene er i dag enn tidligere, har bedre metoder og et langt større datagrunnlag som gjør det mulig å bruke mer presise data som representerer nasjonal/regional eller prosjektspesifikk praksis

VegLCA ble først lansert 2015. Fra oppdateringer 2015-2021 vet vi at det har skjedd en betydelig i utvikling i retning mer representative utslippsfaktorer. Dette sikrer at klimagassberegninger som er utført med senere versjoner av VegLCA har er mer nøyaktig resultat sammenliknet med tidligere versjoner.

Våre funn av endret utslippsfaktorer fra 2005 til 2016, basert på mengdedata for Fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen (2021), gir følgende sjablongverdier for redusert utslipp i perioden 2005 - 2016:

For et vegprosjekt, ved kun å endre utslippsfaktorer fra hva som er vurdert til standard i 2005 til 2016, medfører endringene en samlet reduksjon av utslipp på 13%. Reduksjonen er størst for materialproduksjon (16%), og relativt lav for utbyggingsfasen (1%). Endringene for dagsone, tunnel og bru er på hhv -9%, -16% og -16%.

For et baneprosjekt, ved kun å endre utslippsfaktorer fra hva som er vurdert til standard i 2005 til 2016, medfører endringene en samlet reduksjon av utslipp på 10%. Reduksjonen er størst for materialproduksjon (12%), og relativt lav for utbyggingsfasen (1%). Endringene for dagsone, tunnel og bru er på hhv -4%, -12% og -17%.

Generelt for utbygging av infrastruktur kan det på grunn av redusert utslipp fra materialproduksjon konkluderes med en reduksjon på mellom 4% og 17% fra 2005 til 2016. Dette vil selvfølgelig være avhengig av andel dagsone, tunnel og bru i prosjektet.

Endringer fra 2005 til 2016: basert på endret drivstofforbruk og arbeidsmetoder

For sportype jernbane er det kvantifisert en økning ved å benytte ballastfritt spor istedenfor ballastspor. Dette medfører en økning for jernbane i tunnel og bru på hhv 3% og 2%.

Det har i stor grad ikke vært mulig å beskrive andre endringer i arbeidsmetoder kvantitativt grunnet kompleksitet i omfang ved arbeidsmetoder. Det har derfor ikke vært mulig å anbefale generelle sjablongverdier på endret arbeidsmetoder fra 2005 til 2016.

Generelt er det vurdert at:

- materialproduksjon og drivstofforbruk har lavere utslipp nå, noe som kan tallfestes noenlunde
- økt kompleksitet og nye krav fører til utslippsøkning, noe som ikke lar seg tallfeste

Balansen mellom første og andre punkt er ukjent. Lesere må derfor være forsiktige med å anta en tallfestet endring fra et «standard» infrastrukturanlegg fra 2005 til 2016.

Sandvika, 10.12.2021

Oddbjørn Dahlstrøm Andvik
Oppdragsleder

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
1. Formål med rapporten og metodisk tilnærming	7
1.1. Bakgrunn og historikk	7
1.2. Metodisk tilnærming	10
1.3. Datagrunnlag	12
1.4. Avgrensninger	13
1.4.1. Avgrensning av vurderte materialtyper	14
1.4.2. Avgrensning av vurderte arbeidsmetoder og endringer i regelverk	17
2. Utslippsfaktorer materialer	19
2.1. Sement	20
2.1.1. Sement til betong og injeksjon	20
2.1.2. Bindemidler til grunnforsterkning/grunnstabilisering	24
2.2. Betong	27
2.2.1. Plasstøpt betong og betong til prefabrikerte betongelementer	30
2.2.2. Sprøytebetong	32
2.3. Stål	33
2.3.1. Armeringsstål (slakkarmering) og spunt	34
2.3.2. Armeringsstål (spennarmering)	36
2.3.3. Konstruksjonsstål, peler og skinnestål	36
2.4. Asfalt	38
2.4.1. Dekkelevetid og bruk av PMB	42
2.4.2. Oppsummering asfaltutslipp	43
2.5. Sprengstoff	44
2.6. Grus/pukk	47
2.7. Lettklinker/ekspandert leire	48
2.8. EPS og XPS	48
2.9. Plast 50	

2.9.1. Polyetylen (PE), til rør	50
2.9.2. Polypropylen (PP), til rør	50
2.9.3. Polyvinylklorid (PVC), til rør	51
3. Drivstofforbruk og energibruk	52
3.1. Produksjon av energi	52
3.1.1. Diesel	52
3.1.2. Elektrisitet	55
3.2. Drivstofforbruk / energibruk	57
3.2.1. Drivstofforbruk på aktiviteter	57
3.2.2. Drivstofforbruk lastebiler og massetransport	58
3.2.3. Effektforkbruk fra lyskilder	59
4. Arbeidsmetoder	61
4.1. Generelt	61
4.2. Stabilisering av grunn	62
4.3. Vegoverbygning	63
4.4. Tunneler	64
4.5. Bru og konstruksjoner	66
4.6. Sportype jernbane	66
4.7. Anleggseffektivitet	68
5. Endringer i materialer, arbeidsmetoder og prosjekt 2005-2016	69
5.1. Materialer og energi	69
5.2. Basert på endret drivstofforbruk og arbeidsmetoder	75
5.3. Basert på endret utslippsfaktorer for materialer og energi	75
5.3.1. Vegprosjekt	76
5.3.2. Baneprosjekt	77
6. Konklusjoner	79
6.1. Bruk av resultater	80
Vedlegg 1 - Bidrag til klimagassutslipp	81

1. Formål med rapporten og metodisk tilnærming

1.1. Bakgrunn og historikk

Hovedformålet med oppdraget har vært å etablere et referansenivå for veg- og baneutbygging som er representativt for året 2005, og vurdere utvikling i utslipp frem mot 2016. Dette skal videre benyttes for å estimere differansen i klimagassutslipp fra anleggsbransjen mellom 2016 og 2005, som grunnlag for at Bane NOR, Nye Veier og Statens Vegvesen skal kunne vurdere hvordan de ligger an til å nå sine mål om reduksjon av klimagassutslipp, i tråd med nasjonale forpliktelser.

Bakgrunnen for at 2005 er valgt som utgangspunkt er at 2005 er valgt som referanseår i Nasjonal Transportplan (NTP)¹, på bakgrunn av Norges klimaavtale med EU om reduksjon for ikke-kvotepliktige utslipp:

Gjennom klimaavtalen vi har inngått med EU har Norge fått et mål om å redusere de ikke-kvotepliktige utslippene med 40 prosent innen 2030 sammenliknet med 2005-nivå.

2016 er valgt som referanseår for sammenlikning mot dagens anleggsprosjekter på bakgrunn av at verktøyene for beregning av klimagassutslipp som har vært i bruk hos Bane NOR, Statens Vegvesen og Nye Veier ble utviklet rundt 2016.

Asplan Viak gjennomførte i 2018 en litteraturstudie² av livsløpsanalyser for transportmidler og transportinfrastruktur, med fokus på Norge og Norden, for perioden 2010-2018. Oppdraget ble gjennomført på bestilling fra transportetatene og Avinor, som en del av arbeidet med NTP 2022-2033. I

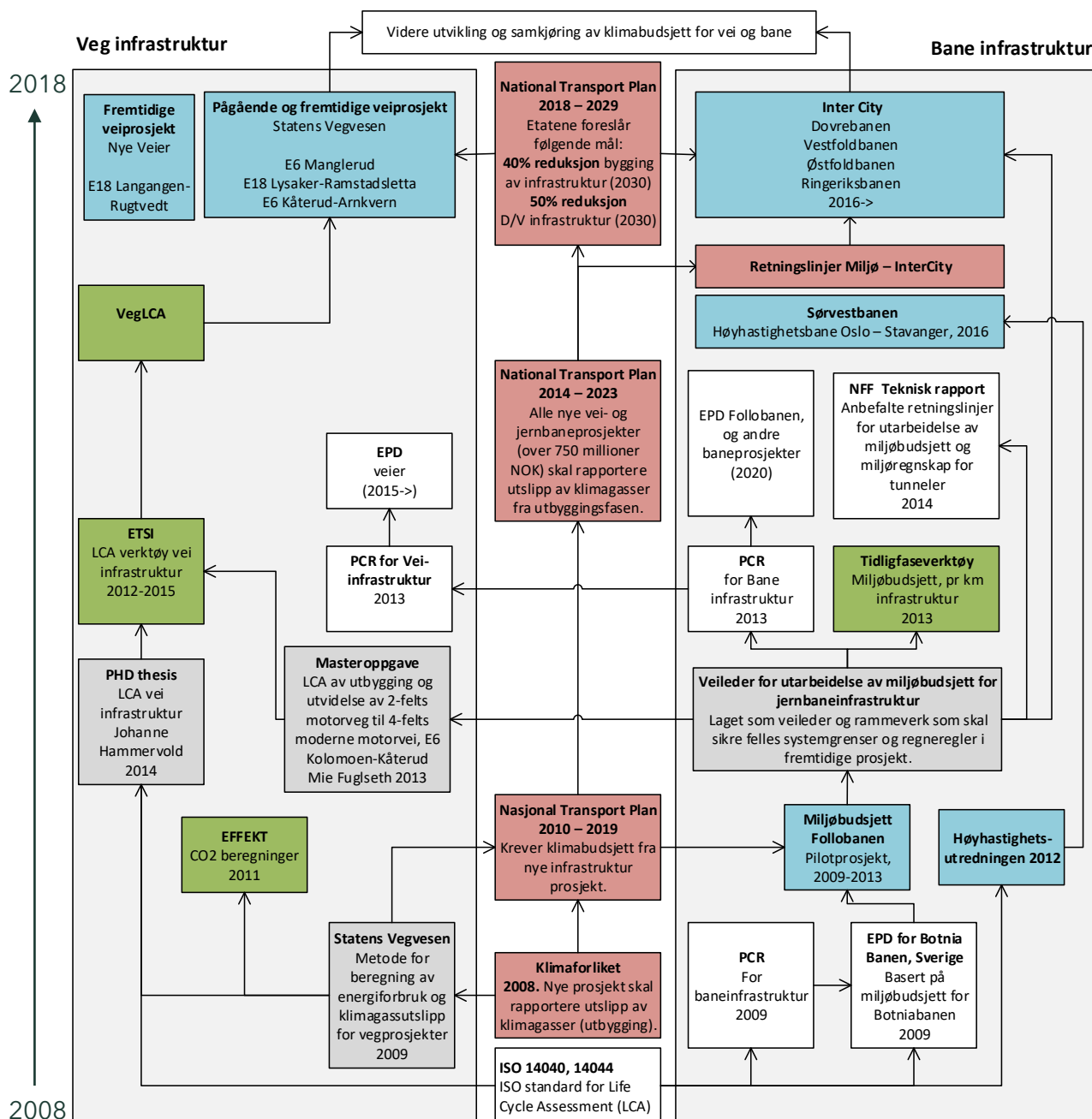
1

<https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf>

2

<https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/b67e526f127d42fdb985ce6ea6550ea3/klima/lca-transport-litteraturstudie-asplan-viak-20.09.18.pdf>

forbindelse med litteraturstudien ble det også utarbeidet en oversikt som følger utviklingen i arbeid med LCA- og klimagassberegninger for transportinfrastruktur i Norge og Norden fra 2008 til 2018, se Figur 1.



Figur 1 Historisk oversikt over arbeid med LCA- og klimagassberegninger for samferdselsinfrastruktur i Norge og Norden for årene 2008-2018. 2008 (start) er vist nederst i figuren, og 2018 og videre utvikling øverst i figuren.

Den første livsløpsstudien for veginfrastruktur i Norge ble gjennomført i 2000 av Veritas på oppdrag for Bruseksjonen i Vegdirektoratet; *Miljøsammenligning av bro, tunnel og ferge*³. Denne omhandlet fire alternativer for fjordkrysning; betongbru, undersjøisk tunnel, ferge og kjøring rundt fjorden. Vegdirektoratet var partner i det nordiske forskningsprosjektet ETSI (oppstart 2006), som omhandlet livsløpsoptimalisering av bruer med hensyn på miljø, økonomi og estetikk. Fase II (2007-2009) av prosjektet⁴ omfattet utvikling av verktøy for livsløpsvurdering innen alle de tre aspekter. Verktøyet som omfattet miljøvurderinger, *BridgeLCA* (også kalt ETSI-bru) versjon 2.1 ble ferdigstilt i 2013.

Det ble i Klimaforliket i 2008 presisert at nye infrastrukturprosjekter skal rapportere på utslipp av klimagasser fra utbygging. Dette ble videre fulgt opp i NTP for 2010-2019, hvor det er definert at klimabudsjett skal utarbeides for alle nye infrastrukturprosjekter. I Norge var det ikke standardisert eller definert hva som skulle inkluderes i et slikt klimabudsjett. I Sverige ble det i 2009-2010 utarbeidet et miljøbudsjett og EPD⁵ for Botniabanen. Dette arbeidet, sammen med utvikling av *Produktkategoriregler (PCR) for infrastruktur (2009)* og *Statens Vegvesens metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter (2009)* la grunnlaget for metodeutvikling i Norge fra 2009 og fremover.

Jernbaneverket⁶ begynte i 2009 med *Miljøbudsjett Follobanen*, som var et pilotprosjekt for LCA (livsløpsvurdering) og klimagassberegninger for jernbane i Norge. Hovedmålet med arbeidet med *Miljøbudsjett Follobanen*

³ T. Johnsen, A. S. Estensen, and I. Nestaas, "Miljøsammenligning av bro, tunnel og ferge : livsløpsanalyse som grunnlag for sammenligning av alternative fjordkrysninger," Statens vegvesen. Vegdirektoratet, 2000.

⁴ S. Aitta, H. Bohman, H. Brattebø, J. Hammervold, E. Høysæter, A. Jutila, R. Karoumi, O. Kleppe, P. Larsen, J. Nygård, M. Piispanen, M. Reenaas, L. Salokangas, H. Sundquist, M.-K. Söderqvist, and T. Tirkkonen, "ETSI PROJECT (Stage II) Bridge Life Cycle Optimisation," 2009.

⁵ Environmental Product Declaration for the railway infrastructure on the Bothnia Line, S-P-00196

⁶ Jernbaneverket (JBV) ble avviklet 31. desember 2016 og oppgavene overført til Jernbanedirektoratet og Bane NOR

var å beregne utslipp av klimagasser ved å bygge jernbaneinfrastruktur for Follobanen, samt å etablere og fastsette LCA metodikk for utbygging av jernbaneinfrastruktur. Resultater og erfaringer fra dette pilotprosjektet ble sammenstilt i en veileder, *Veileder for utarbeidelse av miljøbudsjett for jernbaneinfrastruktur i 2012*⁷. Det ble også lansert et Tidligfaseverktøy for å beregne klimagassutslipp pr m jernbanetrasé (dagsone, bru og tunnel) i 2013.

Parallelt med arbeidet med miljøbudsjett Follobanen ble Høyhastighetsutredningen utarbeidet i 2012, som omfattet utslipp av klimagasser ved utbygging av høyhastighets jernbane på ulike strekninger i Norge.

Første versjon av Statens Vegvesens verktøy for klimagassberegninger av veginfrastruktur, VegLCA, ble lansert i 2015, og var basert på ETSI-bru. VegLCA har senere gjennomgått oppdateringer og utvidelser i 2018, 2020 og 2021. Gjennom de to siste oppdateringene har verktøyet blitt utvidet med en mellomfasemodul, modul for anleggsarbeid og modul for jernbaneinfrastruktur. Bane NOR har utviklet en modul for prosesser som er spesifikke for jernbane, slik at VegLCA kan brukes til å beregne klimagassutslipp fra å bygge og vedlikeholde veg, og jernbaneinfrastruktur. I 2019 ble det dessuten gjennomført en harmonisering av utslipps- og beregningsfaktorer mellom VegLCA og Nye Veiers LCA-verktøy NV-GHG utviklet av NIRAS.

1.2. Metodisk tilnærming

LCA er et relativt ungt fagfelt, som har vært i rask utvikling de siste 10-15 årene. Basert på vår erfaring med LCA- og klimagassberegninger for bygge- anleggsprosjekter i Norge, ser vi at det fra rundt 2010 til i dag har skjedd store endringer i bruk av regneregler, metoder og standarder. Frem til 2010 var fagfeltet i større grad preget av å være i en utviklingsfase, der det i mindre grad var vanlig å gjennomføre fullstendige LCA- og/eller klimagassberegninger på prosjektnivå. Usikkerheten knyttet til metodebruk

⁷ <https://www.banenor.no/globalassets/documents/prosjekter/follobanen/veileder-for-utarbeidelse-av-miljobudsjett-for-jernbaneinfrastruktur.pdf>

i klimagassberegninger er derfor betydelig når man sammenlikner dagens tall med eldre beregninger og verdier.

Utslippsdata vil alltid være retrospektive, dvs. at et utslippstall publisert i et gitt år vil gjenspeile situasjonen i en gitt tid frem til beregningstidspunktet. Avhengig av når datagrunnlaget for beregningene er innsamlet, kan utslippsdata representere et bestemt år, eller en lengre periode. I EPD-systemet (Environmental Product Declaration - miljødeklarasjon) skal det alltid angis hvilket år produksjonsdata gjelder for, og en EPD har en gyldighetsperiode på 5 år fra publiseringsdato. I dag er det vanlig å stille krav til at klimagassregnskap for et anleggsprosjekt skal benytte gyldige EPDer for de faktiske produktene som er benyttet, i alle fall for de viktigste materialtypene. Tidligere, da tilgangen på EPDer var mer begrenset, måtte man imidlertid i større grad støtte seg på de datakildene som fantes, og EPDer ble benyttet i større grad som generiske data, dvs. at utslippsdata i mindre grad var produktspesifikke, men heller representerte typiske tall per produktgruppe. Dermed er det mer utfordrende å si noe om hvor representative eldre klimagassberegninger og utslippstall er for det enkelte prosjekt, desto lenger tilbake i tid man går, og spesielt før ca. 2010.

På bakgrunn av dette, kan det være utfordrende å finne ut om endringer i utslippsdata for produksjon av materialer fra 2005 til 2016 skyldes faktiske endring i produksjonspraksis, eller forbedringer/metodiske endringer i LCA-metodikk og -praksis.

En hoveddel av oppgaven består i å vurdere endring i utslippsfaktorer fra 2005 til 2016. På bakgrunn av usikkerhetene beskrevet over, kan det være utfordrende å finne data som med rimelig sikkerhet er representative for akkurat årene 2005 og 2016 (antakelig mest utfordrende for det første av de to). Dersom man har representative utslippstall for et annet år enn det man ønsker, kan man benytte andre data for å lineært fremskrive eller tilbakeskrive verdier til det året man ønsker data for. Dersom vi for eksempel vet utslippet fra produksjon av stål i 2009, kan vi benytte endringen i utslipp for elektrisitetsproduksjon i perioden 2005-2009 til å tilnærme utslipp for stål i 2005, ettersom stålproduksjon krever mye elektrisitet, og dermed kan antas å ha en betydelig sammenheng med elektrisitetsutslippet. Vi kunne også benytte observert endring i utslippstall for materialer i ecoinvent-databasen, som har blitt oppdatert jevnlig de siste

ca. 20 årene og representerer gjennomsnittlig europeisk produksjon, til å tilbakeskrive utslippsverdier for materialer produsert i Norge, på bakgrunn av nyere EPD-verdier. Denne typen beregninger introduserer imidlertid ytterligere usikkerhet, fordi man forutsetter at utviklingen observert andre steder, eller for andre produksjonssystemer, også er representativ for materialet man undersøker, uten å kjenne til om de samme mekanismene faktisk har vært i spill.

For å søke å introdusere minst mulig ekstra usikkerhet i analysen, har vi derfor valgt å ikke gjøre slike frem-/tilbakeskrivninger, med mindre det finnes kildegrunnlag som viser en klar årsakssammenheng. I hovedsak har vi valgt å gjengi verdiene vi har funnet og hvilke(t) år verdiene vurderes å være representative for. Dette gjør det mer utfordrende å anslå utslippsverdier for akkurat årene 2005 og 2016, men gir et bedre helhetsbilde på datagrunnlaget som finnes, og faktisk utvikling i beregnede utslipp, der det er mulig å observere dette.

Ved å vise verdier i denne rapporten direkte uten å benytte frem-/tilbakeskrivninger blir det i rapporten også dokumentert hvilke verdier og utslippsfaktorer som faktisk ble benyttet i LCA/klimagassberegninger i de ulike årene, uavhengig om verdien har høy eller lav usikkerhet.

1.3. Datagrunnlag

Hovedformålet, som nevnt i foregående kapittel, er å finne verdier som er representative for 2005, og sammenlikne med verdier som kan benyttes som en referanse for dagens praksis.

Vi har i hovedsak basert oss på utslippsdata fra tidligere klimagassberegninger og LCA-analyser utført i Norge og Norden i perioden fra 2003 til 2007 for å finne utslippsfaktorer for kartlagte materialer og aktiviteter i denne perioden.

I tillegg har vi sett på utslippsdata fra tidligere versjoner av ecoinvent-databasen (ecoinvent 2.2 ferdigstilt mai 2010), og sammenliknet verdier med nyere versjoner av databasen. Vi har ikke sett på andre LCA-databaser enn ecoinvent, av hensyn til omfang, og at ecoinvent er den klart mest brukte databasen for byggevarer, samt at den er representativ for europeiske forhold.

For betong, asfalt og sement m.v. har vi dessuten forsøkt å kartlegge hvorvidt materialsammensetningen/reseptene har endret seg siden 2005, og om dette gir grunnlag for å forutsette tilsvarende endringer i klimagassutslipp.

For å få innspill på utvikling innen produksjon av de undersøkte materialtypene, har vi utover kompetansen i Asplan Viak vært i dialog med ulike bransjeaktører:

- EBA (Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg)
- Fabeko
- Ølen betong
- Norcem
- Ansatte i Statens Vegvesen
- Maskingrossistenes landsforening (MGF)
- World Steel Association (forespørsel om tilgang til datagrunnlag)

Prosjektgruppen har i tillegg fått tilgang til notatet NIRAS utarbeidet høsten 2020 «Klimagassutslipp i vegbygging i 2005 og 2016», på oppdrag for Nye Veier. Vi har benyttet funnene til NIRAS der det har vært hensiktsmessig.

Som Figur 1 viser ble klimaberegninger for Botniabanan i Sverige ferdigstilt i 2009. Klimaberegninger for Botniabanan vil derfor danne et godt grunnlag for beregninger i perioden 2005-2008. Klimaberegninger for Botniabanan er studert, og utgangspunktet for beregningene er Klimatkalkyl 2.0 fra Trafikverket i Sverige. Relevante utslippsfaktorer er benyttet og referert til i kapittel 2.

1.4. Avgrensninger

Veg- og baneprosjekter er komplekse og omfatter store mengder materialer av mange ulike typer. Det vil være svært omfattende å vurdere endring i utslipp for alle komponenter som inngår i utbyggingen. Basert på tidligere erfaring med klimagassberegninger for veg- og baneprosjekter ser vi imidlertid at de viktigste bidragsyterne til klimagassutslipp er de samme for ulike prosjekter. For å avgrense oppgaven til et hensiktsmessig detaljeringsnivå, har vi gjennomført en innledende kartlegging av hvilke

materialtyper og prosesser som typisk har størst betydning for totale klimagassutslipp. Vi har benyttet tallgrunnlag for følgende prosjekter:

- Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16
- E6 Oslo Øst

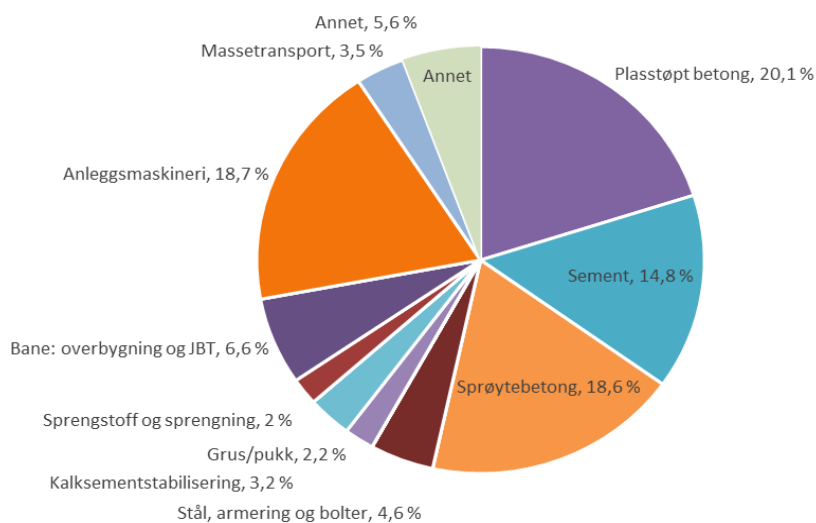
Resultatene fra gjennomgangen av disse 2 prosjektene var sammenfallende med våre tidligere erfaringer, og vurderes derfor å gi et godt grunnlag for avgrensning. Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 omfatter utbygging av både veg og jernbane, med tunneler, bruer, dagsone med og uten dårlige grunnforhold slik at dette prosjektet anses som et solid grunnlag for videre vurdering. Prosjektet E6 Oslo Øst er inkludert som en dobbeltsjekk av verdier fra prosjektet Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16.

Endring i arealutslipp siden 2005 er ikke omfattet av studien.

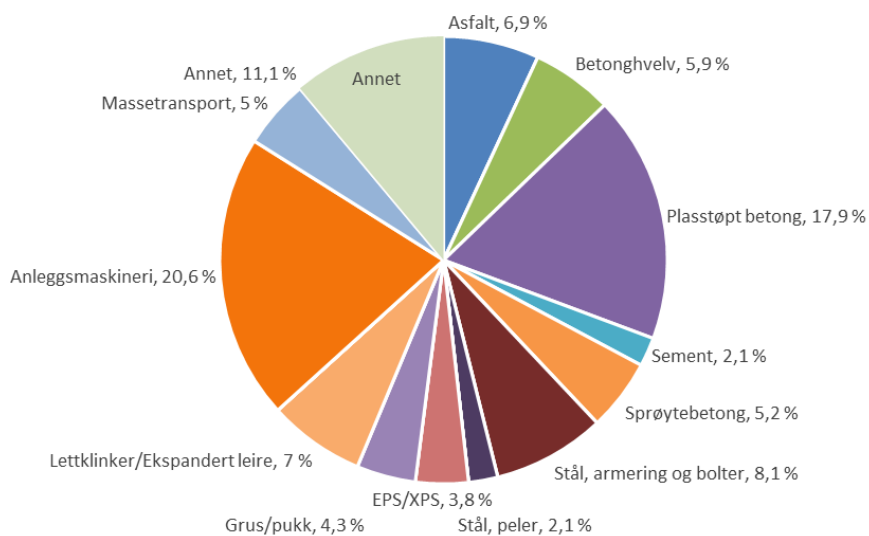
1.4.1. Avgrensning av vurderte materialtyper

Klimabudsjett for Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 er utført i VegLCA, og gjennomført i 2018, 2019 og 2021. Klimabudsjett E6 Oslo Øst er utført i VegLCA, og gjennomført i 2020.

Ved å ta utgangspunkt i tilgjengelige klimagassbudsjett for veg og bane har vi valgt ut de viktigste materialtypene som gir bidrag til totale klimagassutslipp. Figur 2 og Figur 3 viser klimagassutslipp ved utbygging av Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16, fordelt på bane og veg, fra materialproduksjon (A1-A4) og utbygging (A5), med fordeling som viser hva som bidrar til utslippene (FRE-00-A-30113 - 30.06.21 - Klimabudsjett for infrastruktur oppdatert etter KS2).



Figur 2: Klimagassutslipp, for bane, fra materialproduksjon (A1-A4) og utbygging (A5), med fordeling som viser hva som bidrar til utslippene,⁸.



Figur 3: Klimagassutslipp, for veg, fra materialproduksjon (A1-A4) og utbygging (A5), med fordeling som viser hva som bidrar til utslippene,⁶.

⁸ <https://www.banenor.no/globalassets/documents/prosjekter/ringeriksbanen-og-e16/banenor-fellesprosjektet-ringeriksbanen-og-e16-klimabudsjett-for-infrastruktur-oppdatert-etter-ks2.pdf>

Vi har lagt hovedvekt på materialer som benyttes i utbyggingsfasen, fremfor materialer som inngår i drift og vedlikehold. Dette fordi beregnede klimagassutslipp fra drift og vedlikeholdsfasen i stor grad avhenger av hvilken levetid som legges til grunn for benyttede produkter, samt analyseperiode. Ettersom levetider er forbundet med betydelig høyere usikkerhet enn materialmengder og produksjonsutslipp, har vi vurdert det som mest hensiktsmessig å konsentrere oss om utbyggingsfasen.

Vi har dessuten valgt å avgrense analysen av utslippsdata for materialer til å kun omfatte produksjonsfasen, dvs. A1-A3. Dette fordi det vil introdusere betydelig usikkerhet å inkludere utslipp knyttet til transport fra produksjonssted til anlegget, og at vi ikke finner grunnlag for å forutsette at det vil være noen entydig endring knyttet til transportdistanser eller opprinnelsessteder for materialer som benyttes i anleggsprosjekter i perioden 2005-2016.

Ved å se på bidrag til totale klimagassutslipp fra materialer som inngår i hver av dagsone, bru og tunnel, fant vi at følgende materialtyper står for 93-99 % av de totale klimagassutslippene, fordelt på bane og veg, se vedlegg 1 for detaljerte tabeller:

- Sement
 - Sement til betong og injeksjon
 - Kalksement til grunnstabilisering
- Betong
 - Plasstøpt betong og prefabrikerte betongelementer
 - Sprøytebetong
- Stål
 - Armeringsstål (slakkarmering) og spunt
 - Armeringsstål (spennarmering)
 - Konstruksjonsstål, peler, skinnestål
- Asfalt
- Sprengstoff
- Grus/pukk
- Lettklinker/ekspandert leire
- EPS/XPS
- Plast

Vi har derfor valgt å avgrense kartleggingen av utslippsfaktorer for materialer til å omfatte disse hovedgruppene.

Gjennomgangen viste at materialer som inngår i jernbaneteknikk (kontakledningsanlegg og lavspenningsanlegg) også kan gi betydelige bidrag til totale utslipp. På grunn av den høye kompleksiteten til slike komponenter og mangel på pålitelige utslippsdata, har vi valgt å utelate jernbaneteknikk fra den videre vurderingen.

Regionale forskjeller

Det antas at fordeling av materialer som bidrar til utlippene (Figur 2 og Figur 3) ville gitt tilnærmet samme omfang uavhengig av hvor i Norge prosjektet er. Den største forskjellen i utbygging på ulike steder er nok fordeling av dagsone, tunnel og bru som bygges. Det kan nok også antas større behov for stabilisering av grunn på Østlandet, da det generelt er dårlige grunnforhold mange steder på Østlandet.

1.4.2. Avgrensning av vurderte arbeidsmetoder og endringer i regelverk

Utover endringer knyttet til utslipp fra produksjon av materialer kan bransjemessige endringer i arbeidsmetoder, samt regelverk ha betydelig innvirkning på hvordan anleggsprosjekter har vært gjennomført, og dermed også for beregnede klimagassutslipp. Det er derfor relevant å undersøke hvilke overordnede endringer i arbeidsmetoder og regelverk som har funnet sted i perioden 2005-2016.

Under vurdering av arbeidsmetoder inngår også vurdering av drivstofforbruk i anleggsmaskiner, som typisk står for 15-20 % av klimagassutslipp for et prosjekt, se Figur 2 og Figur 3.

Vi har valgt å gjennomføre dette gjennom samtaler med ressurspersoner hos SVV og internt i Asplan Viak. Vi har avgrenset gjennomgang av lovverk og teknisk regelverk til en gjennomgang av tidligere revisjoner av vegnormal N200 Vegbygging (tidligere håndbok 018), samt håndbok R761 Prosesskode 1 (tidligere håndbok 025), samt tunnelsikkerhetsforskriften. Vi mener denne avgrensingen er nødvendig og hensiktsmessig. Nødvendig med hensyn til omfanget av relevant regelverk, håndbøker, retningslinjer og normaler. Avgrensingen er hensiktsmessig da de endringene som påvirker

utslipp i et vegbyggingsprosjekt i utgangspunktet vil være dekket i N200 og R761. For tunneler har vi tatt utgangspunkt i selve tunnelsikkerhetsforskriften i stedet for N500 vegtunneler. Dette valget er gjort for å isolere endringer som er direkte knyttet til innføring av tunnelsikkerhetsforskriften.

Basert på den innledende kartleggingen har vi avgrenset oppgaven til å omfatte kartlegging av endring og regelverk og arbeidsmetoder for følgende hovedtema:

- Vann- og frostsikring i tunnel
- Utstøping vs. bruk av betongelementer i tunnel
- Brutyper
- Materialbruk i grunnstabilisering
- Sportype jernbane
- Asfalttyper, lag og oppbygning (veg)
- Oppbygning av underbygning
- Energibruk i vegbelysning (veg)

2. Utslippsfaktorer materialer

Virkeligheten var den samme i 2005 som i dag, men forståelsen av virkeligheten var annerledes, i form av at vi hadde et mye mer aggregert datagrunnlag i 2005. Eksempel på dette er omfang av utslippsfaktorer i VegLCA:

- VegLCA v1: 131 utslippsfaktorer
- VegLCA v5: 188 utslippsfaktorer (ikke medregnet faktorer for arealbruk og bane overbygning og jernbaneteknikk)

I vurderingen av hvorfor utslippsfaktorer har endret seg, skiller vi mellom fire hovedtyper av årsakssammenhenger:

- Endring i gjennomsnittlig produksjon
- Endring i standard produkttype benyttet
- Endring i beregningsmetodikk
- Forbedret datagrunnlag

For en del materialer har vi begrenset datagrunnlag for 2005 utover gamle versjoner av ecoinvent-databasen (v 2.2 ferdigstilt mai 2010). Dersom en sammenlikning av eldre og nyere verdier for samme prosess i ecoinvent viser en nedgang i klimapåvirkning, kan det være rimelig å anta at det har skjedd en reell endring i gjennomsnittlig produksjon.

Ecoinvent 2.2 ble ferdigstilt og lansert mai 2010. Dette betyr ikke at alle databasetall i ecoinvent 2.2 er fra 2010. For eksempel er tall for stål fra 2007, sement fra 2004 og brent kalk fra 2003. Det er dato for datasett på de spesifikke materialene som er relevant for studien og ikke når databasen (ecoinvent 2.2) ble lansert.

Det kan forekomme at materialtyper som ble benyttet som standard i 2005 er erstattet med helt andre materialtyper i 2016. For de materialene hvor dette er tilfellet blir det beskrevet som en endring av standard produkttype benyttet.

Dersom gamle og nye verdier fra ecoinvent er tilsvarende, men nyere norske EPDer viser lavere verdier, er det nærliggende å anta at forskjellen skyldes at EPD-verdiene er mer representative for norske forhold (for

eksempel knyttet til utslipp fra elektrisitetsproduksjon), og at forskjellen derfor skyldes forbedret datagrunnlag, heller enn endringer i gjennomsnittlig produksjonsteknologi eller -praksis.

Der vi ser en økning fra eldre til nyere verdier, uten av vi finner noen øvrig forklaring, har vi antatt at endringen skyldes bedre datagrunnlag og/eller beregningsmetodikk, der flere faktorer er inkludert.

Rapporten tar utgangspunkt i gjennomsnittlige verdier og bransjestandarder. Det presiseres at nye produkter og materialer kontinuerlig utvikles og testes i større og mindre skala. Det vil derfor være mulig å finne enkelte materialer med lavere utslippsfaktorer enn det som er vist i følgende kapitler, både i 2005 og 2016.

2.1. Sement

2.1.1. Sement til betong og injeksjon

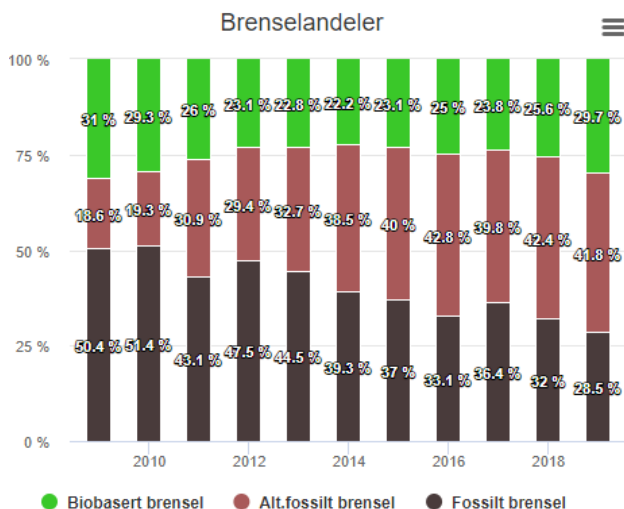
CO₂-utslipp fra produksjon av sement kommer i hovedsak fra prosessen som skjer når kalksteinen varmes opp, da skilles CO₂ ut fra mineralene. Ca. 2/3 av utslippet kommer fra denne prosessen. Den resterende 1/3 skyldes i hovedsak bruk av energi/brensler⁹.

En sammenlikning av verdier for standard sement produsert i Europa fra ecoinvent v2.2 (770 kg CO₂-ekv/tonn) og v3.5 (742 kg CO₂-ekv/tonn) viser liten reduksjon i klimapåvirkning i Europa.

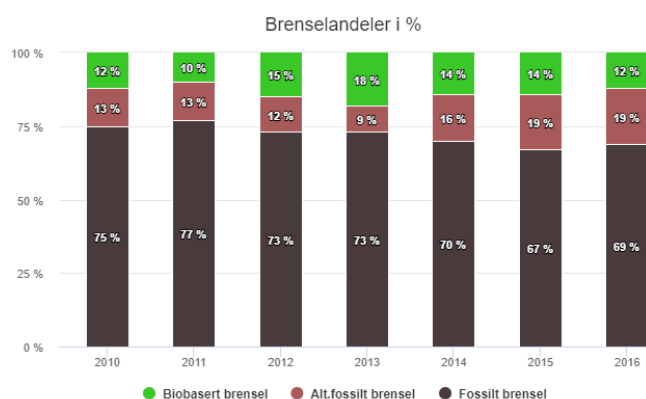
Det er også grunn til å tro at klimagassutslipp fra sement produsert i Norge har gått ned i senere år, som følge av krav til utslippsrapportering, og økt etterspørsel etter miljødokumentasjon (EPD) og mer klimavennlige produkter. Norske sementprodusenter går gradvis over fra fossile energikilder til kilder med lavere utslipp. Figur 4 og Figur 5 viser utvikling over tid i brenselssammensetning hos Norcems fabrikker i hhv. Brevik og Kjøpsvik. Norcem har i senere år faset inn en økende andel farlig avfall som

⁹ https://www.norcem.no/no/materialregnskap_brevik

bremsel, gjennom sitt datterselskap Renor¹⁰, som erstatning for kull, se Figur 4 og Figur 5.



Figur 4 Fordeling av type brensel benyttet per år ved Norcems sementfabrikk i Brevik, 2009-2019. Kilde: Norcem

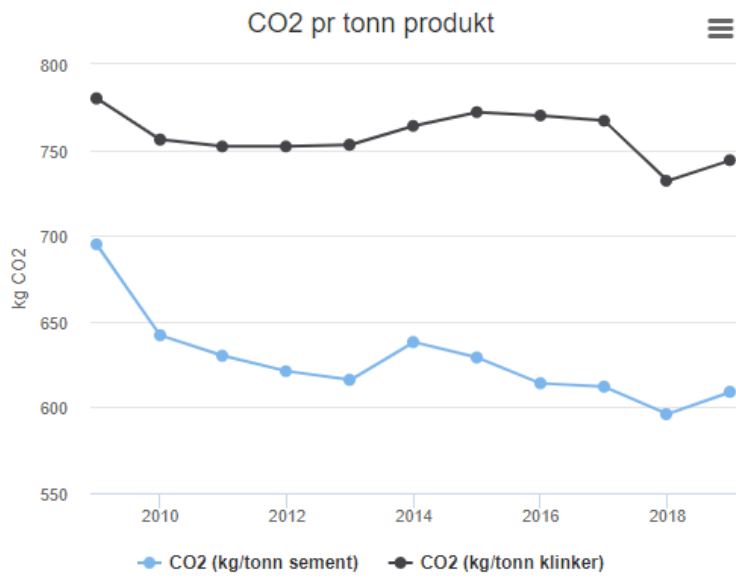


Figur 5 Fordeling av type brensel benyttet per år ved Norcems sementfabrikk i Kjøpsvik, 2010-2016. Kilde: Norcem

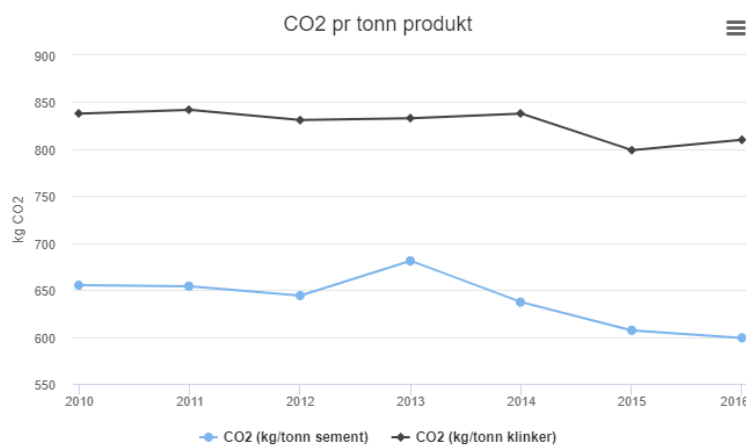
Ifølge Norcems tall, har CO₂-utslipp per tonn sement produsert gått ned mellom 2010 og 2018, som vist i Figur 6 og Figur 7. Rapportert utslippsreduksjon er på 12 % for Brevik (2010-18), og 9 % for Kjøpsvik (2010-16). Figur 6 og Figur 7 viser utvikling i gjennomsnittlig CO₂-utslipp per tonn sement produsert, som total for all produsert sement og ikke

¹⁰ <https://www.renor.no/no/Farlig%20avfall>

spesifisert i ulike sementtyper. Verdi for 2016, vektet for produksjonsvolum ved begge fabrikk er 610 kg CO₂/tonn sement.



Figur 6 CO₂-utslipp per tonn produkt produsert ved Norcem's fabrikk i Brevik. Kilde: Norcem



Figur 7 CO₂-utslipp per tonn produkt produsert ved Norcem's fabrikk i Kjøpsvik. Kilde: Norcem

For å videre sjekke relevante utslippstall for 2016 har vi gjennomgått data fra de 37 sement-EPDene som er åpent tilgjengelige på EPD-Norge og IBU¹¹. EPDene er publisert mellom 2016 og 2020, og representerer produksjon i Norge, Danmark, Sverige, Tyskland og Latvia. Tabell 1 viser

¹¹ <https://ibu-epd.com/>

laveste og høyeste utslippsverdi (A1-A3), samt gjennomsnitt og median og antall EPDer for hver sementtype (CEM I, CEM II/A, CEM II/B, CEM III/A og CEM III/B).

Tabell 1 Sammenlikning av verdier for klimagassutslipp fra produksjon (A1-A3) av sement fra 37 publiserte EPDer, lav/høy verdi innen hver kategori, samt snitt, median og antall i utvalget.

Type	kg CO ₂ -ekv./tonn				Antall EPD
	Lav	Høy	Snitt	Median	
CEM I	716	925	806	806	19
CEM II/A	607	759	707	714	8
CEM II/B	125	625	504	582	6
CEM III/A	431	431	431	431	1
CEM III/B	223	283	262	281	3

Av de 37 EPDene er det 9 som representerer produksjon i Norge. Utslippsverdier er gitt i Tabell 2:

Tabell 2 Sammenlikning av verdier for klimagassutslipp fra produksjon (A1-A3) av sement produsert i Norge, fra 9 publiserte EPDer,

Type	Navn	År publisert	kg CO ₂ -ekv./tonn
CEM I	CEM I, Industrisement (CEM I 52,5 R)	2018	774
	Anleggsement SR, Brevik - CEM I 42,5N-SR3	2020	741
	Anleggsement, Brevik - CEM I 52,5 N	2020	726
	Micro, Brevik - CEM I 52,5 R	2020	720
	Industrisement, Brevik - CEM I 52,5 R	2020	716
CEM II/B	CEM II, Standardsement FA (CEM II/B-M)	2016	625
	Standardsement FA, Brevik - CEM II/B-M 42,5 R	2020	582
	Standardsement FA justert, Brevik - CEM II/ B-M 42,5 R	2020	581
CEM II/A	Anleggsement FA, Brevik - CEM II/A-V 42,5 N	2020	607

En sammenlikning av EPD-dataene for CEM I med ecoinvent-verdiene nevnt over indikerer at det ikke har vært store endringer i utslipp for CEM I. Verdiene for norskprodusert sement er sammenliknbare med ecoinvent-verdiene, mens sement produsert i andre land virker å ligge noe høyere.

Det kan tilsi at reduksjonen i sementutslipp Norcem viser til i hovedsak skyldes økt salg av CEM II og CEM III. Dette peker på en økt etterspørsel

etter sement med lavere klimafotavtrykk, men sier oss ikke hvor denne sementen er benyttet. Det er kun CEM I og II som benyttes til injeksjon, og av disse har CEM I vært mest vanlig¹². Innenfor CEM II er spennet i utslipp betydelig større enn for CEM I.

Vi velger derfor å legge gjennomsnittsverdi for CEM I-sement produsert i Norge fra dagens publiserte EPDer til grunn som representativ utslippsfaktor for 2016.

Oppsummering

Tabell 3: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for sement til betong og injeksjon

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	770 kg CO ₂ -ekv/tonn	Ecoinvent v2.2 Cement, unspecified, at plant, representativt for 2004.
2010	715 kg CO ₂ -ekv/tonn	Klimatalkyl 2.0 (Botniabanan). Teknikk for tre produksjonsanlegg hos Cementa, svensk elmix.
2018-20	735 kg CO ₂ -ekv/tonn	Gjennomsnittsverdi for EPDer for CEM I-sement produsert i Norge
Observert endring (%)	- 5 %	
Hovedårsak til endring	Forbedringer i norsk sementproduksjon som følge av redusert forbruk av fossile brensler.	

2.1.2. Bindemidler til grunnforsterkning/grunnstabilisering

Bindemidler til grunnforsterkning/grunnstabilisering består tradisjonelt sett av en blanding av brent kalk og sement (kalksement). Begge disse råvarene har høye utslipp av CO₂ fra produksjonsprosessen.

For 2005 er det benyttet data for CEM I og brent kalk fra ecoinvent 2.2. Se kapittel 4.2 Stabilisering av grunn for nærmere beskrivelse av bruk av kalksement til stabilisering av grunn i 2005. I ecoinvent 3 hadde utslippsverdien for brent kalk økt fra 990 kg CO₂-ekv/tonn til 1130 kg CO₂-ekv/tonn. Dette forutsettes å skyldes forbedret datagrunnlag.

¹² Samtale med Sverre Smeplass, Skanska og Lise Bathen, vegdirektoratet 17.02.2021

I senere år har det blitt utbredt å benytte bindemiddel med CKD (Cement Kiln Dust) i kombinasjon med sement (CKD + sement) i stedet for kun brent kalk. Ifølge Norcem har Multicem¹³ vært i bruk i Norge siden 2004¹⁴, og det antas at Multicem var i utbredt bruk også i 2016. Den mest benyttede blandingen er CKD + sement 50/50 og består da av 50 % CKD og 50 % sement. Andelen CKD som benyttes varierer, og vil være avhengig av flere faktorer, blant annet ønsket styrke i pelene.

CKD kan benyttes med ulike typer sement. Norcem har EPD for Multicem-produkter med industrisement og standard flyveaskesement. I forbindelse med prosjektet E18 Lysaker-Ramstadsletta utførte Geovita/NGI testforsøk i lab for å undersøke hvordan ulike kombinasjoner av bindemidler påvirker styrken til kalksementpeler. Oppnådd styrke i pelene ble testet for kombinasjoner av bindemiddel med lavere innhold av brent kalk enn standard kalksement (typen Multicem ble brukt i forsøkene), i kombinasjon med standard sement (CEM I), og sementer med høyt innhold av flyveaske (CEM II) eller masovnsagg (CEM III). Resultatene etter 14 og 28 dager viste ingen store forskjeller i oppnådd styrke mellom de ulike sementtypene, og at alle kombinasjoner oppfylte tekniske krav.

CKD har blitt svært utbredt i senere år, og kan i stor grad antas å være standard eller tilnærmet standard produktvalg til grunnstabilisering per i dag (2021). I 2016 må vi likevel legge til grunn at tradisjonell kalksement var mest vanlig. For 2016 har vi derfor lagt til grunn verdi for brent kalk fra ecoinvent v3.5 og samme utslippsfaktor for CEM I som angitt i kapittel 2.1.1.

¹³ Multicem er et merkenavn for bindemiddel med CKD produsert av Norcem.

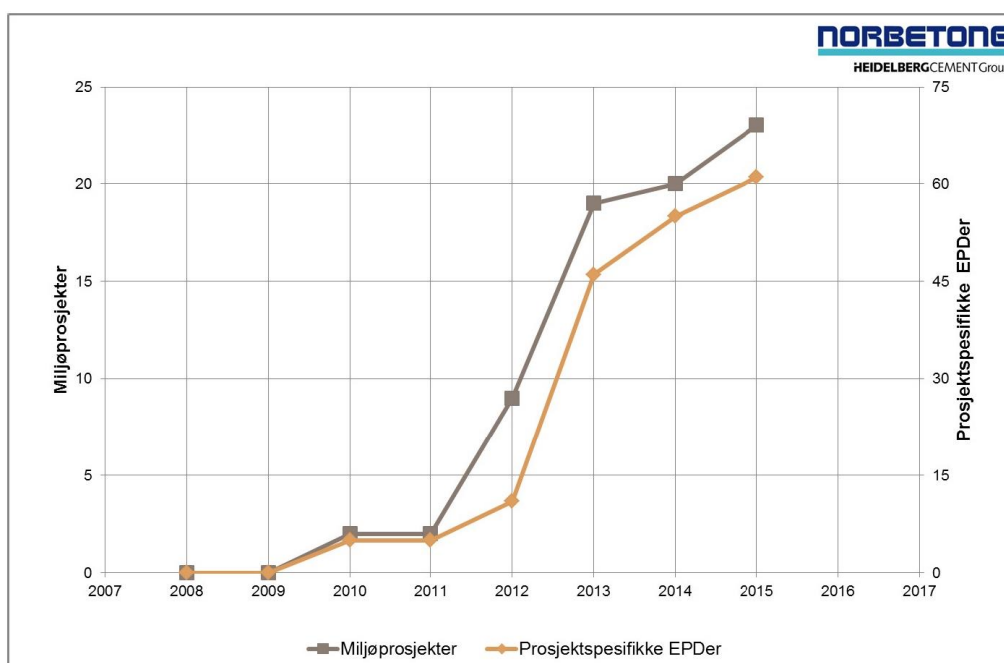
¹⁴ <https://www.norcem.no/no/Multicem>

Tabell 4: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for kalksement

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	880 kg CO ₂ -ekv/tonn	Kalksement (50% K/50% S), CEM I: 50% Ecoinvent v2.2 Quicklime, milled, packet, at plant, representativt for 2003. 50 % Ecoinvent v2.2 Cement, unspecified, at plant, representativt for 2004.
2016	933 kg CO ₂ -ekv/tonn	Kalksement (50% K/50% S), CEM I: 50 % Ecoinvent v3.5 (2018) Quicklime, milled, packed 50% sement, snitt av EPDer for CEM I produsert i Norge
Observert endring (%)	+ 6 %	
Hovedårsak til endring	<p>Forbedret datagrunnlag for brent kalk (+ 6%).</p> <p>Konklusjonen er en økning på +6% fra 2005 til 2016, da det er funnet økt utslipp fra kalksement med brent kalk (50% CEM 1, 50% kalksement). Kalksement med brent kalk er tilgjengelig på markedet i 2016, men det er ikke funnet statistikk på hvor mye av solgt kalksement i 2016 som benytter CKD istedenfor brent kalk.</p> <p>Overgang fra bruk av brent kalk til bindemiddel med CKD (Cement Kiln Dust). Selv om utslipp fra kalksement øker med 6% fra 2005 til 2016 er det mulig å erstatte standard produkttype i 2016 med et produkt (CKD + sement) som medfører en reduksjon på - 59% fra 2005 til 2016 (endring i standard produkttype), men dette er kun til informasjon og brukes ikke i videre beregninger.</p> <p>Klimapåvirkning (A1-A3) i 2016, CKD + sement 50/50 med CEM I industrisement, NEPD-2331-1063-NO: 358 kg CO₂-ekv/tonn.</p>	

2.2. Betong

Betong er den materialgruppen hvor utviklingen innen produkter med lavere klimapåvirkning har vært mest tydelig i senere år. Dette skyldes sannsynligvis at betong tidlig ble utpekt som «klimaversting» i byggebransjen, som følge av store mengdeforekomster og høye produksjonsutslipp, i hovedsak knyttet til sement. Tilgangen på EPDer for betong har fulgt en nærmest eksponentiell utvikling siden 2009/10, som vist i Figur 8:



Figur 8: Etterspørsel etter prosjektspesifikke EPDer på betong fra Norbetong 2008-2015.¹⁵

Norsk Betongforenings Publikasjon 37 Lavkarbonbetong ble første gang publisert i mai/juni 2015, som var rett etter at første versjon av VegLCA ble ferdigstilt (starten av mai 2015). Utslippsfaktorer for betong fra v1 av VegLCA var basert på ecoinvent-databasen, og ga lavere verdier enn verdiene i 2015-versjonen av Publikasjon 37. At verdiene økte fra v1 til v2 av VegLCA er følgelig ikke et uttrykk for at utslipp fra betongproduksjon i

¹⁵ Fredvik, Tom. (2016). «Lavkarbonbetong iht. NB publ. Nr. 37:2015». Presentasjon fra FABEKO regionmøte sør, 8.-9. september 2016.

Norge økte i denne perioden, men at man fikk tilgang til mer representative data.

Iecoinvent v2.2 fantes det kun to utslippsfaktorer for betong, med en klimapåvirkningsverdi på 261 kg CO₂-ekv/m³ for B35/25 (representativt for 2003) og 325 kg CO₂-ekv/m³ for B65/50 (representativt for 2003). Til sammenlikning ble grenseverdi for bransjereferanse satt til 370 og 430 kg CO₂-ekv/m³ for hhv. B35 og B55 i den første utgaven av Publikasjon 37.

Tabell 5 Grenseverdier for bransjereferanse og lavkarbonbetong i Norsk Betongforenings Publikasjon 37, første versjon fra 2015

Tabell 1 Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp

	B20	B25	B30	B35	B35	B45	B55
	M90	M90	M60	M45/MF45	M40/MF40	M40/MF40	M40/MF40
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjereferanse	280	300	320	370	410	420	430

Tabell 6 Grenseverdier for bransjereferanse og lavkarbonbetong i Norsk Betongforenings Publikasjon 37, revidert versjon fra 2020. Merk at ny bransjereferanse tilsvarer tidligere lavkarbon klasse C.

Tabell 1 Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp (begrenset til modul A1-A3 i NS-EN 15804:2012+A2:2019 /7/). Valg av klasse skal skje under de forutsetningene som er gitt i kapittel A2.

Fasthetsklasse ¹⁾ og lavkarbonklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Bransjereferanse	240	260	280	330	360	370	380
Lavkarbon B	190	210	230	280	290	300	310
Lavkarbon A	170	180	200	210	220	230	240
Lavkarbon Pluss ²⁾			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem ²⁾			110	120	130	140	150

- 1) Se kapittel A2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og karbonklasser
- 2) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensinger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt

Databasen Inventory of Carbon and Energy (ICE), kan også benyttes som referanse. ICE-databasen er utviklet ved University of Bath basert på data fra fagfellevurderte artikler med utgangspunkt i en definert metodikk.

Databasen inneholdt i 2008 materialprofiler for 30 hovedkategorier av materialer basert på 250 datakilder. Det er funnet følgende utslippsfaktorer for betong fra v1 (2008) og v2 (2011) i ICE databasen:

V1 2008¹⁶:

- Concrete used in floor slabs, columns and load bearing structures: 379 kg CO₂-ekv/m³
- General: 308 kg CO₂-ekv/m³

V2 fra 2011¹⁷:

- B 35: 288 kg CO₂-ekv/m³
- B 40: 317 kg CO₂-ekv/m³

Tidligere utslippsverdi for standard betong kan også hentes fra verktøyet klimagassregnskap.no. Første versjon av klimagassregnskap.no ble lansert i 2007. Utslippsverdi for standard (uarmert) betong i v4 (lansert 2012) av klimagassregnskap.no var 451 kg CO₂-ekv/m³, og gjaldt for alle styrkeklasser av betong. Dette er et tydelig eksempel på hvordan økt kunnskap om materialene og bedre datagrunnlag har gitt mer presise utslippsdata, siden utslippsfaktorer for betong i dag skiller på ulike fasthetsklasser (B20 - B65).

Det er videre utført beregninger med en resept på B45 betong for å se hvordan endret klimagassutslipp fra sement påvirker utslipp fra betongen. I EPD¹⁸ for B45 SV Standard D22 Synk 200 er det oppgitt følgende resept:

¹⁶ Hammond, GP & Jones, CI (2008). Embodied energy and carbon in construction materials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy*, vol. 161, no. 2, ss. 87-98. <https://doi.org/10.1680/emer.2008.161.2.87>

¹⁷ Selvig, Eivind (2012). Dokumentasjonsrapport for Klimagassregnskap.no versjon 4

¹⁸ https://www.epd-norge.no/getfile.php/139591-1542369845/EPDer/Byggevarer/Ferdig%20betong/NEPD-1347-446_B45-SV-Standard-D22-Synk-200_1.pdf

Tabell 7: Eksempel på resept på B45 SV Standard betong.

Resept, B45 SV Standard D22 Synk 200	Andel	Vekt, kg/m ³ betong
Sement	18,6 %	447
Tilslag (sum av sand og pukkk)	73,1 %	1 755
Vann	7,4 %	177
Kjemikalier	0,2 %	5
SCM (silikastøv)	0,7 %	16

Tabell 8: B45 Betong beregnet verdier for 2005 og 2016

B45 Betong beregnet verdier for 2005	Vekt, kg	Utslippsfaktor 2005, kg CO ₂ -ekv/kg	Kommentar	Beregnet utslipp Kg CO ₂ -ekv/m ³
Sement, kjemikalier og SCM	468	0,77	CEM I. Antar at kjemikalier og SMC har samme utslippsfaktor som CEM I, som worst case.	361
Tilslag (sum av sand og pukkk)	1755	0,0056	Inkl 50 km transport	10
Vann	177	0,0008	ecoinvent 2.2	0
Sum, kg CO₂-ekv/m³				370

B45 Betong beregnet verdier for 2016	Vekt, kg	Antatt utslippsfaktor 2016, kg CO ₂ -ekv/kg	Kommentar	Beregnet utslipp
Sement	468	0,610	Snitt 2016, Tabell 3. Antar at kjemikalier og SMC har samme utslippsfaktor som CEM I, som worst case.	286
Tilslag (sum av sand og pukkk)	1755	0,0052	Inkl 50 transport	9
Vann	177	0,0008	ecoinvent 2.2	0
Sum, kg CO₂-ekv/m³				295

2.2.1. Plasstøpt betong og betong til prefabrikerte betongelementer

Beregninger er vist for betong B45. Antar samme utslippstall for plasstøpt og prefab betong.

Oppsummering 2005:

- Ecoinvent v 2.2 (representativt for 2003): 261 til 325 kg CO₂-ekv/m³
- Bransjereferanse fra 2015 er på 420 kg CO₂-ekv/m³
- Inventory of Carbon and Energy (ICE), v 1 (2008): 379 kg CO₂-ekv/m³
- Beregninger basert på resept, B45, (2005): 370 kg CO₂-ekv/m³

Oppsummering 2016:

- Bransjereferanse fra 2020 er på 360 kg CO₂-ekv/m³
- Beregninger basert på resept, B45, (2016): 295 kg CO₂-ekv/m³

Tabell 9: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for plasstøpt betong og betong til prefabrikerte betongelementer

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	370 - 420 kg CO ₂ -ekv/m ³	Spenn mellom beregninger basert på resept og bransjereferanse B45. Antar bransjereferanse som <i>worst case</i> .
2016	295 - 360 kg CO ₂ -ekv/m ³	Spenn mellom beregninger basert på resept og bransjereferanse B45. Antar bransjereferanse som <i>worst case</i> .
Observert endring (%)	-14 %	
Hovedårsak til endring	Endring i gjennomsnittlig produksjon, endringer er basert på forbedret <i>standard betong (bransjereferanse)</i> .	
	Det presiseres at utslippstallet for 2016 er <i>standard betong (bransjereferanse)</i> . Betong med lavere utslippstall (Lavkarbonbetong A og B) er tilgjengelig på markedet i 2016	

2.2.2. Sprøytebetong

Sprøytebetong i 2005 er vurdert til bransjereferanse for B35. For 2016 er fremdeles bransjereferanse antatt som standard betong, men det er studier som viser at det er mulig å benytte betong ned mot lavkarbonbetong B (2019).¹⁹

- Standard sprøytebetong, B35: 319 - 345 kg CO₂-ekv/m³
- Lavkarbon sprøytebetong B35: 249 - 267 kg CO₂-ekv/m³

Tabell 10: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for sprøytebetong

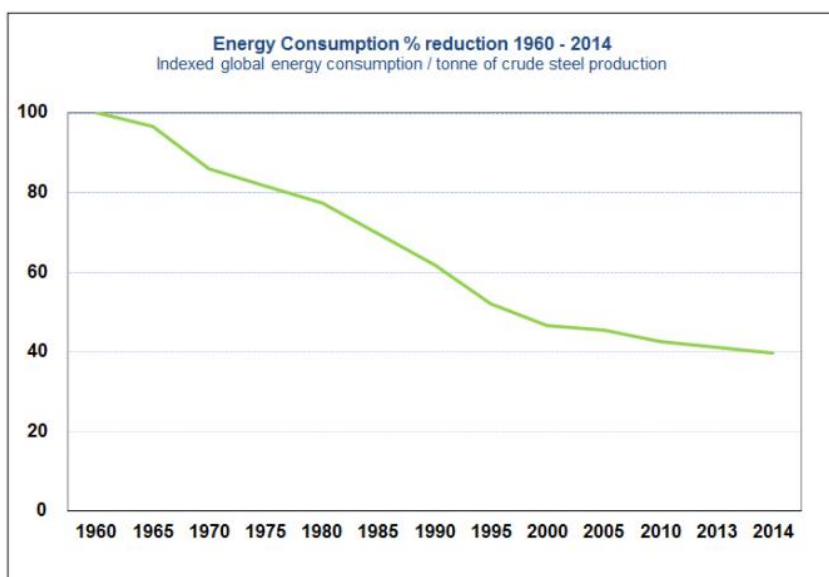
	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	370 kg CO ₂ -ekv/m ³	Bransjereferanse B35.
2016	319 - 345 kg CO ₂ -ekv/m ³	Standard sprøytebetong, B35, Statens Vegvesens Rapport, Nr. 391 (2019)
Observert endring (%)	- 7% til - 14%	
Hovedårsak til endring	Endring i gjennomsnittlig produksjon, endringer er basert på forbedret <i>standard betong</i> (bransjereferanse).	
	Det presiseres at utslippstallet for 2016 er <i>standard sprøytebetong</i> . Sprøytebetong med lavere utslippstall (ned mot lavkarbonbetong B) er tilgjengelig på markedet i 2016	

¹⁹ <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2600541/Spr%C3%B8ytebetong%20SVV%20rapport%20391%20%285MB%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

2.3. Stål

For å produsere stål benyttes det hovedsakelig to metoder. Enten fra masovn og oksygenkonverter (BF - blast furnace og BOF - basic oxygen furnace) eller elektrisk lysbueovn (EAF - electric arc furnace). Den vesentlige forskjellen på disse prosessene er at masovn og oksygenkonverteren benytter malm, kalk og kull (og litt skrap), mens elektrisk lysbueovn baserer seg i hovedsak på skrap og elektrisitet.²⁰

Figur 9 viser reduksjon av energi pr tonn stål produsert, relativt til produksjon i 1960. Figuren gjelder global stålproduksjon og ikke spesifikt for Norge og Europa. Reduksjon fra 1960 til 2014 er på rundt 60%, hvor den største andelen av reduksjon er fra 1960 til rundt år 2000. Figur 9 viser en relativt liten reduksjon av energiforbruk ved produksjon av stål fra 2005 til 2014. Figuren sier ikke noe om type energikilde som er benyttet, så en overgang fra fossile energikilder til fornybare energikilder vil påvirke klimagassutslippet pr tonn produsert stål, selv om energiforbruk pr tonn stål produsert har en relativt liten endring fra 2005 til 2014.



Figur 9 Reduksjon av energi pr tonn stål produsert, relativt til produksjon i 1960. - https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:7152651c-5d29-4b8b-ae53-3259f02f7e13/fact_energy_2016

²⁰ <https://www.norskstaal.no/om-oss/miljoe-og-baerekraft/groennere-staalproduksjon-i-dag>

Videre viser Figur 9 Tabell 11 Tabell 11 en oversikt over produksjon av stål i Europa fra 2006 - 2020, fordelt på produksjonsmetode (BF/BOF og EAF). Andel resirkulert stål i europeisk stålproduksjon har vært relativt stabil i perioden 2006 - 2020. Stålproduksjonen i Europa var i 2006 og 2016 hhv basert på 40% og 39% resirkulert stål. Statistikken skiller ikke på hvilke stålprodukter (konstruksjonsstål, armeringsstål, plater, wire osv) som produseres med nytt og resirkulert stål.

Hovedandelen stål som benyttes i utbygging av veg- og jernbane er armeringsstål. Stål til spunt og peler er også benyttet i stor andel i områder med dårlig grunnforhold og behov for stabilisering av masser. Annet konstruksjonsstål benyttes i fagverksbruer (for jernbane) av stål.

Tabell 11: Oversikt over produksjon av stål i Europa, 2006 - 2020, fordelt på produksjonsmetode, fra 2006 - 2020. Tall i 1000 tonn. European Steel Association (EUROFER)

År	Nytt stål: Masovn og oksygenkonverter (BF - blast furnace og BOF - basic oxygen furnace)	Stål, resirkulert: Elektrisk lysbueovn (EAF - electric arc furnace)	Total produksjon av stål	Andel resirkulert stål	Armeringsstål (rebar)	Andel
2006	123 814	82 973	206 787	40 %	20 412	10 %
2007	125 614	84 416	210 030	40 %	20 987	10 %
2008	115 828	82 248	198 076	42 %	20 796	10 %
2009	78 243	61 035	139 278	44 %	17 078	12 %
2010	101 781	70 659	172 440	41 %	14 662	9 %
2011	101 790	70 995	172 785	41 %	14 724	9 %
2012	102 371	75 204	177 575	42 %	15 037	8 %
2013	98 316	70 266	168 582	42 %	14 644	9 %
2014	100 106	66 069	166 175	40 %	13 172	8 %
2015	103 024	66 074	169 098	39 %	13 020	8 %
2016	100 577	65 519	166 096	39 %	12 762	8 %
2017	97 642	64 351	161 993	40 %	13 230	8 %
2018	99 925	68 497	168 422	41 %	12 521	7 %
2019	97 588	69 781	167 369	42 %	12 616	8 %
2020	92 382	65 171	157 553	41 %	12 766	8 %

2.3.1. Armeringsstål (slakkarmering) og spunt

Det har vært produsert stål i Norge i lang tid. Christiana Spiger- og Valse Værk ble etablert i 1853, og Jernverket i Mo i Rana ble etablert etter krigen i

1945. Fra slutten på 1970-tallet satset Jernverket i Mo I Rana målbevisst på å overta hele den norske armeringsjernproduksjon.²¹ Produksjon av armeringsstål i Mo i Rana er basert på skrap. Det kan derfor konkluderes med at det i 2005 var tilgjengelig armeringsstål basert på resirkulert stål, produsert i Norge, på det norske markedet.

Utfordringen er videre å spesifisere hvor mye av armeringsstål som er benyttet i Norge i 2005 og 2016 faktisk er produsert i Norge og hvor mye som er importert fra Europa og land utenfor Europa.

Tabell 12 viser en oppsummering av ulike utslippsverdier ved å tilpasse tall fra ecoinvent 2.2 og tall fra Inventory of Carbon and Energy (ICE), representativt for 2007 og 2008. Da det produseres armeringsstål i Norge basert på resirkulert stål i 2005, og siden det importeres armeringsstål fra Europa og land utenfor Europa, er det vurdert at sammensetning av *standard* armeringsstål i 2005 består av følgende oppbygging: 40% resirkulert stål, basert på norsk strømmiks og 60% nytt stål, basert på EU strømmiks.

For spunt antas det samme utslippsfaktorer som armeringsstål, da spunt kan produseres basert på 100% resirkulert stål i EAF.

Tabell 12: Klimagassutslipp fra armeringsstål, 2007 - 2008.

År	Verd i	Enhet	Kilde
2007	0,42	kg CO ₂ -ekv/kg	100% resirkulert stål, norsk strømmiks. Reinforcing steel, at plant, Ecoinvent v2.2, representativt for 2007.
2007	0,71	kg CO ₂ -ekv/kg	100% resirkulert stål, EU strømmiks. Reinforcing steel, at plant, Ecoinvent v2.2, representativt for 2007.
2007	1,37	kg CO₂-ekv/kg	40% resirkulert stål med norsk strømmiks, EU strømmiks på nytt stål. Reinforcing steel, at plant, Ecoinvent v2.2, representativt for 2007.
2007	1,46	kg CO ₂ -ekv/kg	40% resirkulert stål, EU strømmiks på resirkulert stål og nytt stål. Reinforcing steel, at plant, Ecoinvent v2.2, representativt for 2007
2008	0,42	kg CO ₂ -ekv/kg	Steel, Bar & rod, secondary. Hammond, G. & Jones, C., Inventory of Carbon & Energy, version 2.0 2011, University of Bath, UK., basert på World Steel Association (Worldsteel) LCA data
2008	1,71	kg CO ₂ -ekv/kg	Steel, Bar & rod, 'typical' (42.3% recycled content). Hammond, G. & Jones, C., Inventory of Carbon & Energy, version 2.0 2011, University of Bath, UK., basert på World Steel Association (Worldsteel) LCA data

²¹ <https://celsa-steelservice.no/hvem-er-vi-var-historie/>

Tabell 13: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for armeringsstål og stål til spunt

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	1,37 kg CO ₂ -ekv/kg	Se Tabell 12. 40% resirkulert stål med norsk strømmiks, EU strømmiks på nyt stål. Reinforcing steel, at plant, Ecoinvent v2.2, representativt for 2007.
2016	0,94 kg CO ₂ -ekv/kg	Miks, 70% Norge, 30% Europa, VegLCA v 4.06 er vurdert til en representativ verdi
Observert endring (%)	-31 %	
Hovedårsak til endring	Endring i gjennomsnittlig produksjon og endring i standard produkttype benyttet. Det er lagt til grunn en endring fra gjennomsnittlig 40% resirkulert stål til 70% resirkulert stål på armeringsstål fra 2005 til 2016.	
	Det presiseres at utslippstallet for 2016 er basert på en fordeling av norsk og europeisk armeringsstål. Armeringsstål med lavere utslippstall (ned mot 0,40 kg CO ₂ -ekv/kg) er tilgjengelig på markedet i 2016	

2.3.2. Armeringsstål (spennarmering)

Data for spennarmering (wire) er for 2005 funnet i Inventory of Carbon and Energy v1 (2008). Data for 2016 er funnet i EPD for spennarmering basert på data fra 2014.

Tabell 14: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for armeringsstål (spennarmering)

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	2,83 kg CO ₂ -ekv/kg	Steel, wire. Inventory of Carbon and Energy (ICE), v1, 2008.
2016	2,68 kg CO ₂ -ekv/kg	EPD, NEPD-326-206-EN. <i>Prestressed steel for reinforcement of concrete, PC Strand</i> . Representativ for 2014.
Observert endring (%)	-5 %	
Hovedårsak til endring	Forbedret datagrunnlag, fra ICE database i 2005 til EPD i 2016.	

2.3.3. Konstruksjonsstål, peler og skinnestål

Alt konstruksjonsstål produseres utenfor Norge. Det er derfor vurdert at mengde resirkulert stål som er vist i Tabell 11 er representativ som

gjennomsnittlig mengde resirkulert stål i konstruksjonsstål. Da konstruksjonsstål og peler produseres både med nytt stål og resirkulert stål vises utslippstall både for 100% nytt stål og gjennomsnittlig mengde resirkulert stål.

Tabell 15: Klimagassutslipp fra konstruksjonsstål, 2007 - 2008.

År	Verdi	Enhet	Kilde
2007	1,72	kg CO ₂ -ekv/kg	40% resirkulert stål, EU strømmiks. Steel, low-alloyed, at plant, Ecoinvent v2.2, representativt for 2007.
2008	1,77	kg CO ₂ -ekv/kg	Steel, General, 'typical' (42.3% recycled content). Hammond, G. & Jones, C., Inventory of Carbon & Energy, version 2.0 2011, University of Bath, UK., basert på World Steel Association (Worldsteel) LCA data
2007	2,40	kg CO ₂ -ekv/kg	0% resirkulert stål med norsk strømmiks, EU strømmiks på nytt stål. Steel, low-alloyed, at plant, Ecoinvent v2.2, representativt for 2007.
2008	2,75	kg CO ₂ -ekv/kg	Steel, General, primary. Hammond, G. & Jones, C., Inventory of Carbon & Energy, version 2.0 2011, University of Bath, UK., basert på World Steel Association (Worldsteel) LCA data

Tabell 16: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for konstruksjonsstål, peler og skinnestål

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005 - m/resirk	1,77 kg CO ₂ -ekv/kg	Steel, General, 'typical' (42.3% recycled content). Inventory of Carbon and Energy (ICE), v1, 2008.
2016 - m/resirk	1,72 kg CO ₂ -ekv/kg	Stål, konstruksjon m/resirk. VegLCA v 4.06 er vurdert til en representativ verdi
2005 - u/resirk	2,75 kg CO ₂ -ekv/kg	Steel, General, primary. Inventory of Carbon and Energy (ICE), v1, 2008.
2016 - u/resirk	2,72 kg CO ₂ -ekv/kg	Stål, konstruksjon u/resirk. VegLCA v 4.06 er vurdert til en representativ verdi
Observert endring (%)	-1% til -3%	
Hovedårsak til endring	Forbedret datagrunnlag, fra ICE database i 2005 til EPDer i 2016. Utslippstall for stål er i stor grad avhengig av tilgang på resirkulert stål, energibruk og energikilde i stålverk. Ref Tabell 11 er andel resirkulert stål i Europa relativt stabil fra 2006 - 2020.	
	Det presiseres at utslippstall for 2016 er for stål med og uten en andel resirkulert stål. Konstruksjonsstål med lavere utslippstall (ned mot 1,30 kg CO ₂ -ekv/kg) er tilgjengelig på markedet i 2016	

2.4. Asfalt

Det er foreslått av andre kilder²² som har sammenliknet klimagassutslipp fra asfaltproduksjon at ulikheter i utslipp fra asfalt produsert i Norge og gjennomsnittlig produksjon i Europa kan skyldes ulikt innhold av bitumen.

I tre bransje-EPDer for asfalt publisert i 2017 varierer beregnet klimapåvirkning med 26 %. Variasjonen i klimapåvirkning mellom de tre EPDene skyldes i hovedsak at de representerer ulike asfalttyper. 2 av EPDene gjelder asfalt til slitelag, mens én gjelder asfalt til bærelag. Den ene EPDen produksjon av asfalt med polymermodifisert bitumen, PMB, som kan gi forlenget dekkelevetid, men gir høyere produksjonsutslipp enn asfalt uten PMB. Bitumen-innholdet mellom de tre generelle produktene som er deklartert varierer mellom 4,6 % og 6,2 %.

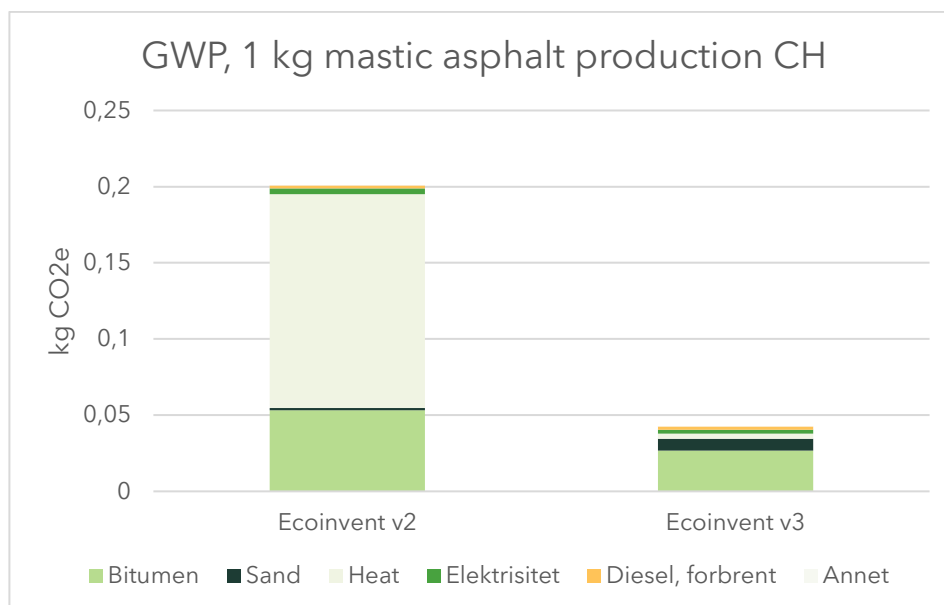
I asfalt-prosessene i ecoinvent (versjon 2.2 og 3 er undersøkt, i begge tilfelle for produksjon i Sveits) er bitumen-innholdet 8 %, dvs. noe høyere enn i de norske EPDene. Material- og energiforbruk i asfalt-prosessene i ecoinvent er identisk i versjon 2 og 3:

Tabell 17 Innsatsfaktorer i produksjon av 1 kg asfalt, ecoinvent versjon 2 og 3

Innsatsfaktor	Enhet	Mengde per kg asfalt, ecoinvent v2.2	Mengde per kg asfalt, ecoinvent v3.5
Bitumen	kg	0,08	0,08
Tilslag	kg	0,66	0,66
Varmeenergi	MJ	1,5	1,5
Elektrisitet	kWh	0,0278	0,0278
Diesel, forbrent	MJ	0,0216	0,0216

En sammenlikning av klimapåvirkning for ecoinvent-prosessene fra versjon 2 og 3 viser imidlertid en betydelig forskjell (ca. 79 %):

²² «Klimagassutslipp i veibygging i 2005 og 2016», NIRAS (2020). Klimagassutslipp fra asfaltproduksjon i Norge i 2005 er estimert ved å lineært tilbakeskrive verdier fra et gjennomsnitt av tre norske asfalt-EPDer iht. endring i ecoinvent-verdier for asfalt fra 2020 til 2005.

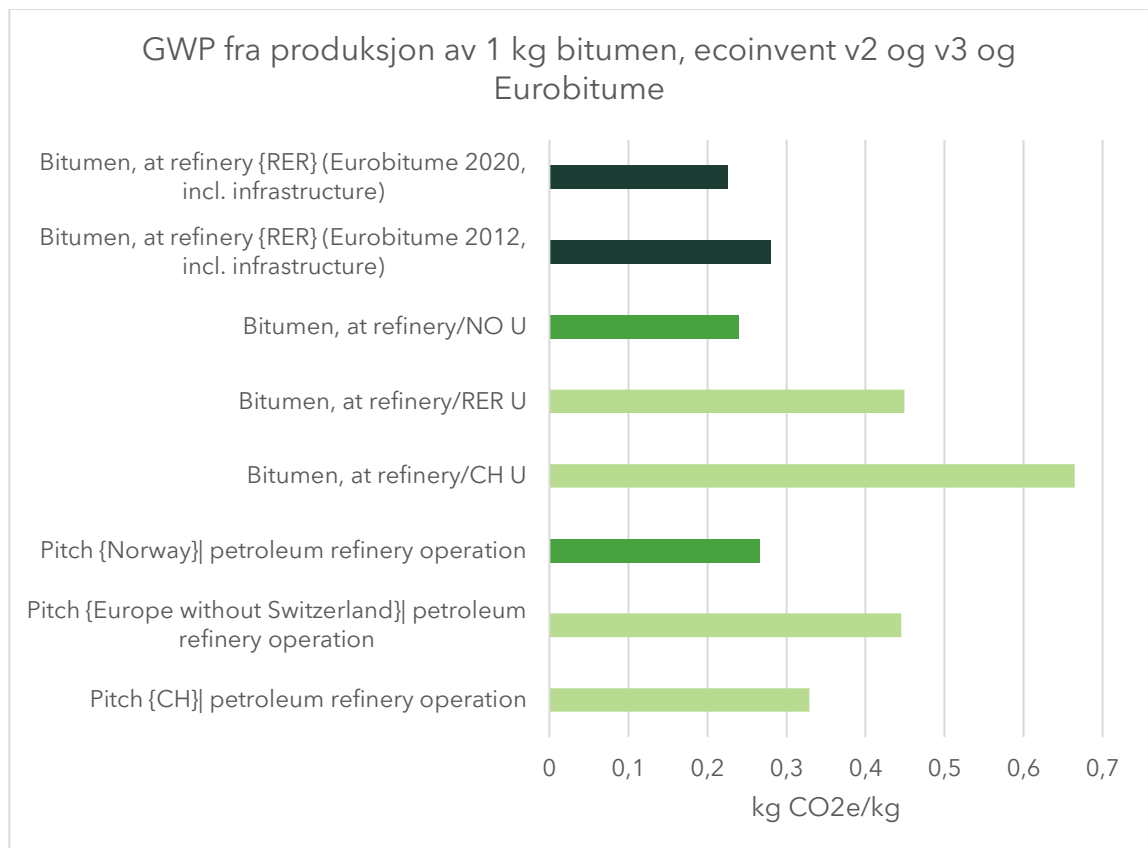


Figur 10 Sammenlikning av beregnede klimagassutslipp fra produksjon av 1 kg asfalt (A1-A3) fra ecoinvent v2.2 og v3.5

Som vist i Figur 10, er det først og fremst klimapåvirkning knyttet til mengden varme som benyttes i produksjonen som gir forskjellen, og dernest forskjell i klimapåvirkning fra produksjon av bitumen (samt en liten forskjell i klimapåvirkning fra produksjon av sand). I asfaltprosessen fra ecoinvent v2.2 er det forutsatt at varmen produseres ved forbrenning av lettolje, mens prosessen fra v3.5 forutsetter at varmen kommer fra en markedsblanding av ulike kilder, deriblant både fornybare og fossile, samt fjernvarme.

I tillegg er klimapåvirkning knyttet til produksjon av bitumen omtrent 50 % lavere i asfaltprosessen fra versjon 3, sammenliknet med versjon 2. Dette stammer fra at det er benyttet en annen type bitumen i v3.5, kalt «pitch» (en alternativ betegnelse for bitumen). Totalt inneholder v3.5 fire ulike prosesser for produksjon av bitumen/pitch, mens v2.2 inneholder to ulike prosesser. En sammenlikning av klimapåvirkning fra produksjon av de ulike viser en variasjon på ca. 60 %. Variasjonen ser ut til å skyldes både produksjonsprosess og -region.

Den europeiske bransjeforeningen Eurobitume har publisert livsløpsinventar (LCI) for bitumen²³ i 1999 (delvis LCI), 2012 og 2020. Rapporten fra 2020 inneholder også beregnede miljøpåvirkninger (LCIA). Verdiene fra 2012 og 2020 er ikke 100 % sammenliknbare, ettersom det er gjort noen metodiske endringer fra 2012 til 2020. Men overordnet indikerer verdiene en nedgang i klimapåvirkning på i underkant av 20 % i denne perioden, som følge av reduserte produksjonsutslipp.



Figur 11 Sammenlikning av klimagassutslipp fra europeisk produksjon av 1 kg av ulike typer bitumen fra ecoinvent v2.2 (merket Bitumen) og v3.5 (merket Pitch), samt verdi basert på tall fra Eurobitume for 2012 og 2020 (mørkegrønne søyler). Mellomgrønne søyler representerer produksjon fra 100 % norsk råolje.

Verdier fra ecoinvent v2.2, v3.5 (lysegrønne søyler) og Eurobitume²⁴ (mørkegrønne søyler) er vist i Figur 11. Det fremgår tydelig at verdiene fra

²³ <https://www.eurobitume.eu/feature-lci-01/>

²⁴ Beregnet klimapåvirkning GWP iht. LCI fra Eurobitume ligger noe høyere enn det som er angitt i 2020-rapporten. Dette skyldes at beregningene er gjort i SimaPro, med

Eurobitume ligger lavere ennecoinvent – ca. halvparten, dersom man sammenlikner gjennomsnittlig europeisk produksjon fraecoinvent v3.5 med verdi fra Eurobitume 2020.

De to mellomgrønne søylene i figuren viser klimapåvirkning for tilpassede versjoner avecoinvent-prosessene der det er forutsatt at bitumen tilvirkes fra 100 % norsk råolje, i stedet for en europeisk markedsblanding. Dersom bitumen produseres fra norsk råolje, reduseres klimapåvirkningen per kg bitumen med ca. 40 %, sammenliknet med gjennomsnittlig europeisk produksjon iht.ecoinvent.

I forbindelse med siste oppdatering av VegLCA (v5), ble det gjennomført en større gjennomgang av publiserte EPDer for asfalt, herunder 83 EPDer for asfalt produsert i Skandinavia. EPDene er representative for asfaltproduksjon mellom 2015 og 2019. Gjennomgangen viser at de fleste svenske asfalt-EPDene har benyttet verdier fra Eurobitume for klimapåvirkning fra produksjon av bitumen. De svenske EPDene som ikke benyttet Eurobitume har benyttet verdier fra databasen GaBi.

Utvalget inneholder en betydelig andel (35 av 83) EPDer som representerer spesielt klimavennlige produkter. 14 EPDer gjelder for asfalt med PMB. Enkelte av EPDene gjelder også for asfalt produsert i mobile asfaltverk. Ettersom EPDer ikke angir resultater fordelt per innsatsfaktor, er det totalt sett utfordrende å undersøke om det er en sammenheng mellom hvilke kildedata for klimapåvirkning fra bitumenproduksjon som er benyttet, og resulterende klimapåvirkning per kg asfalt.

I EPD-generatoren²⁵ som brukes av asfaltbransjen i Norge har fram til 2021 benyttet data fra Eurobitume (2012), med justeringer for transport til Norge, og bruk av PMB/SBS. Ifølge EBA, benyttes norsk råolje ikke i bitumen. Årsaken er egenskapene til oljen fra Nordsjøen. Norske entreprenører har liten innflytelse på opprinnelsen til bitumenet de kjøper. Det kan derfor

utgangspunkt i LCI-data fra rapporten, ettersom det kun er 2020-versjonen som gir GWP-verdier. Høyere verdier tilskrives atecoinvent beregner høyere klimapåvirkning i verdikjeden for energiråvarene som inngår i bitumen-produksjonen.

²⁵ Bransjegeneratoren er utviklet av LCA.no i samarbeid med EBA. I generatoren er det antatt at Eurobitume er det antatt at råolje transporteres til et hypotetisk raffineri i ARA-området (Amsterdam, Rotterdam, Antwerpen).

antas at bitumen i norsk asfalt for en stor del kommer fra Venezuela, tilsvarende som før asfalt produsert ellers i Europa.

Ifølge ecoinvent v3.5 står bitumenproduksjonen for i underkant av 60 % av klimapåvirkning per kg asfalt. Dersom alle andre aspekter ved produksjonen holdes lik, vil en 20 % reduksjon i utslipp fra bitumenproduksjonen føre til at klimapåvirkning per kg asfalt reduseres med ca. 11 %.

Ifølge Veiteknisk institutt, ble klimagassutslippene knyttet til aktiviteter på en gjennomsnittlig norsk asfaltfabrikk (kun utslipp fra fabrikken, ekskludert utslipp fra energibruk og råvarefremstilling) redusert fra 21,8 kg CO₂-ekv per tonn asfalt produsert i 2007 til 19,1 kg CO₂-ekv i 2009²⁶. Dvs. ca. 12 % utslippsreduksjon i A3. For de 15 EPDene i gjennomgangen hvor det er oppgitt fordeling av klimapåvirkning på de ulike modulene, står modul A3 for 26-66 % av samlet klimapåvirkning A1-A3 per kg asfalt.

Ifølge Thor Asbjørn Lunaas²⁷ i SVV skyldes mye av variasjonen man kan observere i utslipp for norske asfalt-EPDer store variasjoner i transportavstand (A2). Prosjekter i Nord-Norge, Møre og Romsdal mv. henter pukk til produksjon fra Vestlandet (spesielt Rogaland). Det er ikke grunnlag for å forutsette at transportdistanser for tilslag har endret seg i perioden 2005-2016.

2.4.1. Dekkelevetid og bruk av PMB

Ifølge Eurobitume-rapporten «Life Cycle Inventory: Bitumen»²⁸ fra 2012, har PMB 1,6 ganger høyere produksjonsutslipp enn standard bitumen. Dersom vi ser på asfalttyper som er angitt med og uten PMB fra gjennomgangen av EPDer for asfalt produsert i Skandinavia, ligger klimapåvirkning for asfalt med PMB 25-39 % høyere enn asfalt uten PMB.

PMB benyttes som regel på høytrafikkerte vegstrekninger for å gi lengre dekkelevetid. På Ev 18 i nordre Vestfold ble PMB-dekker vurdert å gi 40 %

²⁶ https://www.norskasfaltforening.no/resources/files/aktiviteter/asfaltdagen-2015/Roar_Telle_Asfaltdagen_2015_b.pdf

²⁷ TA Lunaas (personlig kommunikasjon 30. juni 2021).

²⁸ <https://www.eurobitume.eu/fileadmin/pdf-downloads/LCI%20Report-Website-2ndEdition-20120726.pdf>

lengre levetid enn dekker uten PMB²⁷. Selv om asfalt med PMB har noe høyere klimapåvirkning enn asfalt uten PMB, kan bruk av PMB gi lavere levetidsutslipp, dersom dekkelevetiden forlenges. Bruk av PMB har blitt vanligere i senere år, spesielt på høytrafikkerte strekninger²⁸.

Ifølge Lunaas er også forhold under utlegging spesielt viktig fordi det har stor betydning for dekkelevetiden. Legging av asfalt under ugunstige forhold kan redusere levetiden fra 12 til 3-4 år. Ettersom dette påvirker utslipp i drift og vedlikehold, er dette ikke synliggjort i denne kartleggingen.

2.4.2. Oppsummering asfaltutslipp

For å anslå utslipp fra produksjon av asfalt i 2005 har vi benyttet data fra ecoinvent v2.2, men justert for energikilde til oppvarming tilsvarende som i ecoinvent v3.5 (markedsmix, fremfor oljefyr), samt benyttet inventar fra Eurobitume 2012 til å anslå utslipp knyttet til bitumen. Utslipp i 2016 er beregnet som et snitt av publiserte EPDer for asfalt til slitelag uten PMB, produsert i Norge og Sverige. At verdiene for 2005 og 2016 er tilsvarende, er en tilfeldighet. Hvorfor man ikke ser en utslippsreduksjon som indikert av Eurobitume, kan skyldes at utvalget av EPDer inkluderer litt ulike asfalttyper, og at variasjonen mellom ulike typer asfalt og produsenter kan være vel så stor som en eventuell nedgang i utslipp fra bitumenproduksjon. Generelt kan det sies at variasjonen i datagrunnlag har vært såpass stor i perioden vi har undersøkt at det i alle tilfelle ville vært utfordrende å gi en definitiv konklusjon om utslippsutvikling totalt sett.

	Verdi	Kilde / kommentarer
2005	38 kg CO ₂ -ekv/tonn	ecoinvent v2.2 (1 kg Mastic asphalt, at plant/CH U), justert for varmekilde. (representativt for 2007)
2010	51 kg CO ₂ -ekv/tonn	Klimatalkyl 2.0 (Botniabanan).
2016	38 kg CO ₂ -ekv/tonn	Gjennomsnitt av norske og svenske EPDer for asfalt til slitelag, uten PMB
Observert endring (%)	0 %	
Hovedårsak til endring	Forbedret datagrunnlag. Nedgang i utslipp fra bitumenproduksjon kan ha hatt en mindre effekt som ikke kommer til syne.	

2.5. Sprengstoff

Den typen eksplosiver som er mest utbredt for bruk i sprengningsaktiviteter i anleggsprosjekter i dag, og i verden forøvrig, er såkalt ANFO eller emulsjonssprengstoff. Dette er eksplosiver som består av en blanding av ammoniumnitrat og diesel (typisk i en 95/5 blanding).

Ecoinvent inneholder kun data for én type eksplosiver, såkalt tovox eller water-gel, som består av en 50/50 løsning av ammoniumnitrat og methylammoniumnitrat. Denne prosessen gir en svært høy GWP-verdi, sammenliknet med verdien som ble benyttet for Follobanen, og verdiene som senere har vært lagt til grunn i VegLCA.

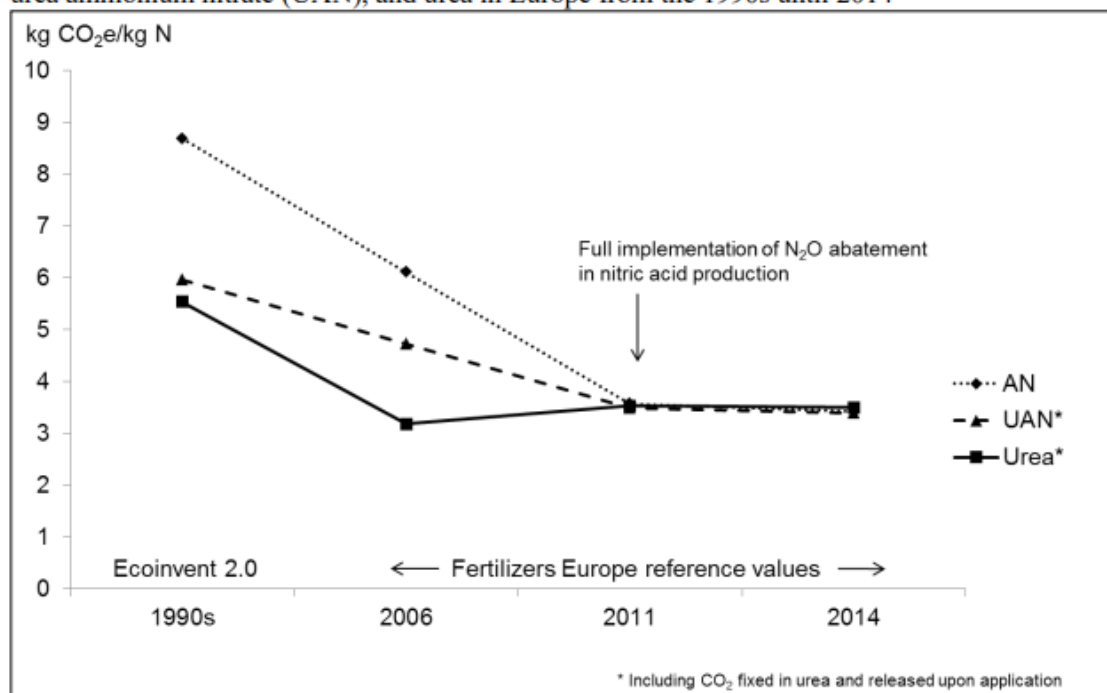
I forbindelse med miljøbudsjettet for Follobanen i 2012, ble utslippsdata for produksjon av sprengstoff modellert av MiSA²⁹ (senere en del av Asplan Viak). Modelleringen var basert på sprengning med såkalt slurry-sprengstoff.

En artikkel³⁰ publisert i 2018 av Frank Brentrup i Yara viser at klimagassutslipp knyttet til ammoniumnitratproduksjon i Europa ble betydelig redusert mellom 90-tallet og 2011. Dette skyldes i hovedsak tiltak for å redusere utslipp av lystgass fra produksjon av salpetersyre, som er et hovedråstoff for å produsere ammoniumnitrat.

²⁹ Sprengning; nytt inventar tilpasset norske forhold. MiSA rapport nr. 04/2012

³⁰https://www.researchgate.net/profile/Frank_Brentrup/publication/329774170_Updated_carbon_footprint_values_for_mineral_fertilizer_from_different_world_regions/links/5c19fa94a6fdccfc7058b5bd/Updated-carbon-footprint-values-for-mineral-fertilizer-from-different-world-regions.pdf

Figure 1: Development of carbon footprint values for production of ammonium nitrate (AN), liquid urea ammonium nitrate (UAN), and urea in Europe from the 1990s until 2014



Figur 12 Utvikling i klimafotavtrykk fra produksjon av ammoniumnitrat (AN), flytende urea ammoniumnitrat (UAN) og urea i Europa fra 1990-tallet til 2014.

Det bakenforliggende datagrunnlaget fra artikkelen ble benyttet i en klimafotavtrykkskalkulator³¹ utviklet for Fertilizers Europe, som igjen ble benyttet som grunnlag for modellering av ammoniumnitrat i GaBi-databasen³². Det samme datagrunnlaget ble imidlertid først benyttet til å oppdatere verdier for ammoniumnitratproduksjon i ecoinvent versjon 3.7, som ble lansert i 2021. Som vist i Figur 12 benyttes verdien fra ecoinvent v2.2 som referanse for klimapåvirkning fra ammoniumnitratproduksjon før utslippsreducerende tiltak ble gjennomført i Europa i 2011.

Brentrups artikkel dokumenterer også klimapåvirkningsverdier for ammoniumnitrat produsert i andre regioner enn Europa, der man ikke har observert en tilsvarende utslippsnedgang. Men ettersom ammoniumnitrat er hovedråstoffet som benyttes i emulsjonssprengstoff, er det rimelig å anta

³¹ <https://www.fertilizerseurope.com/initiatives/carbon-footprint-calculator/>

³² <http://gabi-documentation-2020.gabi-software.com/xml-data/processes/c2c4ebba-358f-493e-83ba-71bffe847e9a.xml>

at tilnærmet alt emulsjonssprengstoff som selges i Norge er tilvirket fra ammoniumnitrat produsert i Europa.

Den første EPDen for sprengstoff som ble publisert var for emulsjonssprengstoff produsert i Sverige for Orica Norway, og skulle representere produksjon i 2016. EPDen ble utviklet av Asplan Viak. EPDen ble imidlertid oppdatert i 2021 i forbindelse med at oppdaterte ecoinvent-data for ammoniumnitratproduksjon ble publisert. En gjennomgang av andre publiserte EPDer for tilsvarende produkter viser at det er liten variasjon mellom de ulike produsentene, og at ammoniumnitrat står for den klart største andelen av klimapåvirkning per kg sprengstoff.

Figur 12 tilsier at utviklingen i CO₂-utslipp for ammoniumnitrat følger en tilnærmet lineær nedgang fra 90-tallet til 2011. På bakgrunn av dette er det estimert følgende klimagassutslipp for sprengstoff fra 2005 til 2016, som vist i Tabell 18.

Endret utslippstall fra 2005 til 2016 er primært påvirket av utslippsutvikling for ammoniumnitrat. Teoretisk beregnet direkte utslipp av klimagasser fra detonasjon av ANFO er antatt å være likt i 2005 som i 2016.

Tabell 18: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for sprengstoff

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	2,65 kg CO ₂ -ekv/kg	VegLCA v2.01 Sprengning; nytt inventar tilpasset norske forhold. MiSA rapport nr. 04/2012
2016	1,67 kg CO ₂ -ekv/kg	Verdi for 2016 iht. utslippsutvikling for ammoniumnitrat
Observert endring (%) - 37 %		
Hovedårsak til endring	Reelle forbedringer i verdikjeden (tiltak for å redusere utslipp av lystgass i Europeisk salpetersyreproduksjon)	
Direkte utslipp fra detonasjon, 2005 - 2016	0,11 kg CO ₂ -ekv/kg	VegLCA v5 er ansett som mest representativt, da utslippstall omfatter gjennomsnitt av 10 EPDer for sprengstoff på det norske markedet.

2.6. Grus/pukk

Den første EPDen for pukk ble registrert på EPD-Norge i 2017. Utslippstall for grus og pukk i 2005 er derfor basert på ecoinvent v2.2. Utslippstall i norske EPDer er avhengig av antall knusestrinn som er nødvendig for å produsere ønsket dimensjon. Det er ikke oppgitt antall knusestrinn eller dimensjon på knust stein i ecoinvent. Som Tabell 19 viser kan transport av pukk, 50 km med lastebil ha et utslipp i området 1,6 - 4,1 kg CO₂-ekv/tonn pukk. Dette medfører at transportavstanden for grus/pukk er vel så viktig for klimaberegningene som utslippstall fra produksjonen. Det er ikke funnet grunnlag for å anta forskjellig transportavstand for grus/pukk i 2005 og 2016.

Tabell 19: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for grus/pukk

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	3,58 kg CO ₂ -ekv/tonn	Gravel crushed, at mine, Ecoinvent v2.2, representativt for 2010, med norsk strømmiks.
2009	3,76 kg CO ₂ -ekv/tonn	Klimatalkyl 2.0 (Botniabanan). Gjennomsnittlig tillverkning och teknologi, nordisk elmix.
2016	3,15 kg CO ₂ -ekv/tonn	VegLCA v4.10, snitt av EPD NEPD-1602-632-NO, NEPD-1537-257-NO, NEPD-1886-824-NO. 3. knusestrinn
Observert endring (%)	- 12 %	
Hovedårsak til endring	Kan ikke verifiseres, antar forbedringer i representativitet i datagrunnlag (fra generiske europeiske produksjonsdata (med norsk strømmiks) til spesifikke norske beregninger og EPDer.	
Transport av pukk, 50 km med lastebil	1,6 - 4,1 kg CO ₂ -ekv/tonn	A4 dokumentert i EPDer

2.7. Lettklinker/ekspandert leire

Den første EPDen for lettklinker ble registrert på EPD-Norge i 2014. Utslippstall for lettklinker i 2005 er derfor basert på ecoinvent v2.2.

Tabell 20: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for lettklinker/ekspandert leire

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	0,31 kg CO ₂ -ekv/kg	Expanded clay, at mine/CH U Ecoinvent v2.2, representativt for 2009, med norsk strømmiks.
2016	0,22 kg CO ₂ -ekv/kg	VegLCA 4.1, basert på NEPD-1742-715-EN (Leca 0-32). Antatt tetthet 325 kg/m ³
Observert endring (%)	- 29 %	
Hovedårsak til endring	Mer representative data (fra generisk verdi for gjennomsnittlig europeisk produksjon til spesifikk norsk EPD)	

2.8. EPS og XPS

Klimagassutslipp fra EPS og XPS er i stor grad avhengig av tetthet og trykkfasthet i produktet. Det er i denne studien vist utslippstall for EPS 200 og XPS 400.

Ekstrudert polystyren (XPS) kan lages ved bruk av ulike typer gass til ekstrudering. I dag er det mest vanlig å benytte CO₂, mens det tidligere var utbredt med klorfluorkarbongasser (CFC/HCFC), som er svært kraftige drivhusgasser. Utfasing av slike gasser i XPS-produksjon har derfor ført til en betydelig reduksjon i klimapåvirkning.

Ifølge ecoinvent³³, hadde halvparten av europeiske XPS-produsenter gått over fra CFC/HCFC til CO₂ som ekstruderingsmiddel i 2005, mens bruk av CFC/HCFC fortsatt var det mest vanlige i andre deler av verden. Det er ikke kjent hvor utbredt CFC/HCFC var i Norge i 2005, vi har derfor antatt at situasjonen var tilsvarende som i Europa.

³³ Dokumentasjon for prosessen Polystyrene, extruded (XPS), at plant/RER U

Ettersom det ikke er funnet andre kilder, er utslippsverdier for EPS og XPS for 2005 hentet fra Ecoinvent v2.2. Utslippstall for 2016 er satt tilsvarende verdiene fra VegLCA v4, ettersom dette er første versjon hvor verdier var basert på EPD-data. Endring i utslipp kan derfor skyldes både endringer i produksjonsmetode og at norsk produksjon gir noe lavere verdier enn produksjon ellers i Europa.

EPS (EPS 200)

Tabell 21: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for EPS 200

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	137 kg CO ₂ -ekv/m ³	Polystyrene foam slab, at plant/RER U, antatt 30 kg/m ³ . Ecoinvent v2.2 (representativt for 2003)
2016	110 kg CO ₂ -ekv/m ³	VegLCA v4. Basert på EPD NEPD 322-185-NO. EPS 200, 30 kg/m ³
Observert endring (%)	-20 %	
Hovedårsak til endring	Ikke verifisert, antatt forbedret datagrunnlag (mer representativt for norsk produksjon)	

XPS (XPS 400)

Tabell 22: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for XPS 400

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	426 kg CO ₂ -ekv/m ³	Polystyrene, extruded (XPS), at plant/RER U, antatt 35 kg/m ³ . Ecoinvent v2.2 (representativt for 2009)
2016	203 kg CO ₂ -ekv/m ³	VegLCA v4. Basert på snitt av EPD NEPD-396-274-NO og NEPD-264-138-NO. XPS 400, 35 kg/m ³
Observert endring (%)	-52 %	
Hovedårsak til endring	Utfasing av CFC/HCFC-gasser som ekstruderingsmiddel, samt forbedret datagrunnlag.	

2.9. Plast

Ettersom det ikke er funnet andre kilder, er utslippsverdier for plast for 2005 hentet fra Ecoinvent v2.2. Utslippstall for 2016 er hentet fra ecoinvent 3.5 (2018).

2.9.1. Polyetylen (PE), til rør

Tabell 23: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for polyetylen (PE), til rør

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	2,47 kg CO ₂ -ekv/kg	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant Extrusion, plastic pipes. Ecoinvent v2.2 (representativt for 2010).
2016	2,40 kg CO ₂ -ekv/kg	Polyethylene, high density, granulate Extrusion, plastic pipes. Ecoinvent v3.5
Observert endring (%)	-2,7 %	
Hovedårsak til endring	Ikke verifisert, antatt forbedret datagrunnlag	

2.9.2. Polypropylen (PP), til rør

Tabell 24: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for polypropylen (PP), til rør

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	2,49 kg CO ₂ -ekv/kg	Polypropylene, granulate, at plant Extrusion, plastic pipes. Ecoinvent v2.2 (representativt for 2010).
2016	2,42 kg CO ₂ -ekv/kg	Polypropylene, granulate Extrusion, plastic pipes. Ecoinvent v3.5
Observert endring (%)	-2,7 %	
Hovedårsak til endring	Ikke verifisert, antatt forbedret datagrunnlag	

2.9.3. Polyvinylklorid (PVC), til rør

Tabell 25: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for polyvinylklorid (PVC), til rør

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005	2,44 kg CO ₂ -ekv/kg	Polyvinylchloride, at regional storage Extrusion, plastic pipes. Ecoinvent v2.2 (representativt for 2009).
2016	2,43 kg CO ₂ -ekv/kg	Polyvinylchloride, bulk polymerised Extrusion, plastic pipes. Ecoinvent v3.5
Observert endring (%)	-0,2 %	
Hovedårsak til endring	Ikke verifisert, antatt forbedret datagrunnlag	

3. Drivstofforbruk og energibruk

Kapittelet omfatter utslipp av klimagasser ved produksjon av energi (diesel og elektrisitet) og en gjennomgang av drivstofforbruk i maskiner i 2005 og 2016.

3.1. Produksjon av energi

3.1.1. Diesel

Direkte utslipp fra forbrenning av diesel

Teoretisk utslippsfaktor for direkte utslipp ved forbrenning av fossil diesel er 2,67 kg CO₂-ekv/liter (tank-to-wheel)³⁴. Denne faktoren endres ikke over tid, med mindre det er blandet inn biodiesel.

I henhold til reglene for nasjonale klimaregnskap fra FNs klimakonvensjon, bokføres utslipp av CO₂ fra forbrenning av biomasse som null i energisektoren.³⁵ Når biodiesel benyttes vil utslippstallet for biodiesel derfor kun være påvirket av produksjons- og transportutslippet av biodiesel.

Diesel for vegtransport

Figur 13 viser andel fossil diesel og biodiesel benyttet til vegtransport fra 1990 til 2018. Frem til rundt 2004 var drivstoff til vegtransport nesten utelukkende fossilt brensel.³⁶ I 2005 ble det benyttet 0,2% biodiesel og 99,8% fossil diesel, mens det i 2016 ble benyttet 12% biodiesel og 88% fossil diesel. Det er ikke funnet dokumentasjon på om biodieselen i 2016 er innblandet i den fossile dieselen, eller om biodieselen er omsatt som ren biodiesel B100. I beregninger av utslippsfaktorer er det benyttet snittet av solgt diesel.

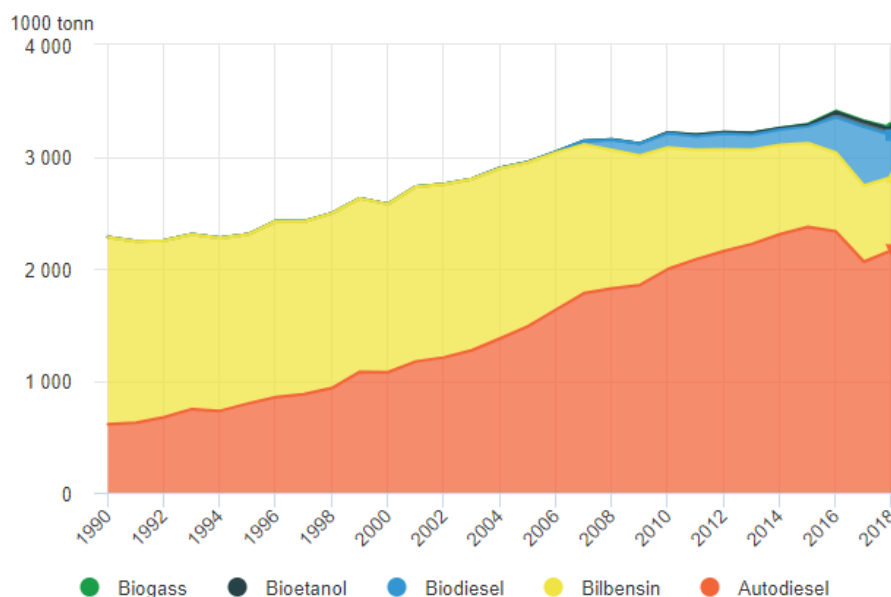
³⁴ EN 16258

³⁵ <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fornybar-energi/biodrivstoff/>

³⁶ <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/stadig-mer-alternativt-drivstoff-i-transport>

Diesel for anleggsmaskiner

Det er antatt 100% fossil diesel i anleggsmaskiner i 2005 og 2016, da omsetningskravet for biodiesel ikke omfatter anleggsmaskiner (avgiftsfri diesel).



Figur 13: Forbruk av drivstoff til vegtransport, kilde SSB (<https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/stadig-mer-alternativt-drivstoff-i-transport>)

Utvinning og transport av diesel

Utslippsfaktor for utvinning, produksjon og transport av både fossil diesel og biodiesel vil variere avhengig av sted for utvinning, produksjonsland og transportdistanse. Teknologien og markedet for utvinning, produksjon og transport av fossil diesel er vurdert til relativt lik fra 2005 til 2016, så samme utslippsfaktor er benyttet i hele perioden. For biodiesel er utslippsfaktoren for 2005 ikke relevant da 99,8% av dieselen er fossil diesel. Faktor for konvensjonell biodiesel er hentet fra VegLCA 5.03B.

- Fossil diesel: 0,57 kg CO₂-ekv/liter (well-to-tank)³⁷.
- Konvensjonell biodiesel: 1,92 kg CO₂-ekv/liter (well-to-tank)³⁸

³⁷ EN 16258

³⁸ VegLCA5.03

Diesel for vegtransport

Tabell 26 viser direkte og indirekte utslipp av klimagassutslipp fra diesel for vegtransport. Det er observert en endring på -5% av indirekte og direkte utslipp fra 2005 til 2016. Det er interessant å se at direkte utslipp er redusert med 12% og indirekte utslipp har økt med 28%. Dette er konsekvensen ved overgang til biodiesel, da biodiesel har et høyere produksjons- og transportutslipp sammenliknet med fossil diesel.

Tabell 26: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for diesel for vegtransport

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005 direkte utslipp	2,66 kg CO ₂ -ekv/liter	
2005 indirekte utslipp	0,57 kg CO ₂ -ekv/liter	0,2 % innblandet konvensjonell biodiesel
2005 sum	3,24 kg CO₂-ekv/liter	
2016 direkte utslipp	2,35 kg CO ₂ -ekv/liter	
2016 indirekte utslipp	0,73 kg CO ₂ -ekv/liter	12 % innblandet konvensjonell biodiesel
2016 sum	3,08 kg CO₂-ekv/liter	
Observert endring (%)	-12 % (direkte) +28 % (indirekte) - 5 % (samlet for direkte og indirekte).	
Hovedårsak til endring	Innblanding av biodiesel, fra 0,2 % til 12%	

Diesel for anleggsmaskiner

Tabell 27 viser direkte og indirekte utslipp av klimagassutslipp fra diesel for anleggsmaskiner. Det er ikke observert noe endring av indirekte og direkte utslipp fra 2005 til 2016, da andel biodiesel er 0% i hele perioden.

Tabell 27: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for diesel for anleggsmaskiner

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005 direkte utslipp	2,67 kg CO ₂ -ekv/liter	
2005 indirekte utslipp	0,57 kg CO ₂ -ekv/liter	0% innblandet konvensjonell biodiesel
2005 sum	3,24 kg CO₂-ekv/liter	
2016 direkte utslipp	2,67 kg CO ₂ -ekv/liter	
2016 indirekte utslipp	0,57 kg CO ₂ -ekv/liter	0 % innblandet konvensjonell biodiesel
2016 sum	3,24 kg CO₂-ekv/liter	
Observert endring (%)	- 0 %	
Hovedårsak til endring	Ingen endring i innblanding av biodiesel	

3.1.2. Elektrisitet

Utslippsfaktor for elektrisitet varierer mellom ulike tidsperioder, land og utslippsintensitet på energikilder. Valg av land (omfang) for elektrisitetsmiks er vanligvis delt inn i norsk miks og en snittmiks for EU. For å være sammenfallende med beregninger utført i VegLCA og klimagassberegninger for bygg er det benyttet beregnet produksjonsmiks i 2015 og forventet produksjonsmiks i 2050, Eurostat, EEA, SSB, EUs Roadmap 2050, som vist i NS3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger (se Tabell 28).

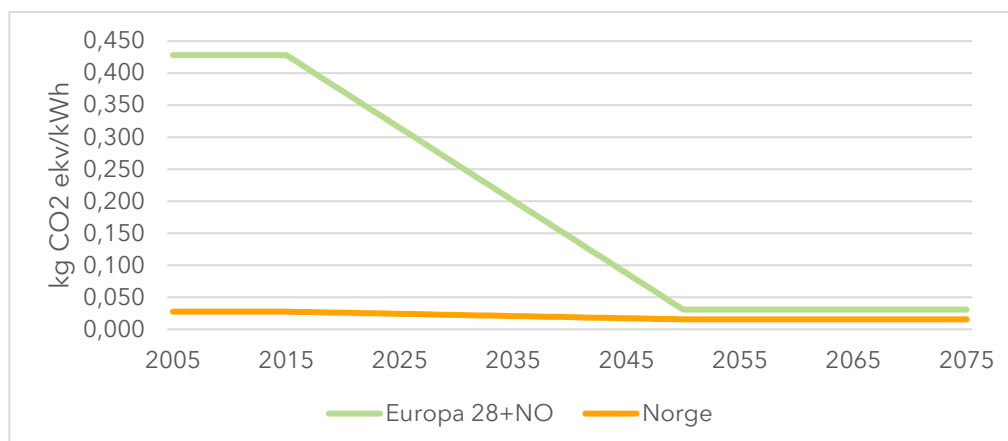
Tabell 28: Tabell A.2 fra NS3720. Beregnet produksjonsmiks i 2015 og forventet produksjonsmiks i 2050, Eurostat, EEA, SSB, EUs Roadmap 2050

Land	2015		2050	
	Norge	Europa28+NO	Norge	Europa28+NO
Vannkraft	95 %	18 %	85 %	8 %
Vindkraft	1 %	8 %	15 %	33 %
Varmekraft i Norge	4 %		0 %	
Varmekraft i EU		43 %		0 %
PV		3 %		10 %
Geo-/biotermisk		0,4 %		10 %
Kjernerkeft		28 %		19 %
Varmekraft - CCS		0 %		20 %
TOT	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabellen kan være underlag for scenariene 1 og 2.

Utslippsfaktor for strømmiks vist i Figur 14 for 2015 og 2050 er beregnet med ecoinvent 3.5, basert på produksjonsmiks i Tabell 28. Figur 14 viser klimagassutslipp fra strømproduksjon 2005 - 2059. Det er forventet en lineær reduksjon fra 2015 til 2050, og stabil (lik) produksjon fra 2050 og fremover.

Det er antatt samme produksjonsmiks fra 2005 til 2015, og 2059 - 2100, både i Norge og Europa 28+NO.



Figur 14: Klimagassutslipp fra strømproduksjon 2005 - 2059, basert på produksjonsmiks i Tabell 28. Det er antatt likt utslipp pr kWh fra 2059 - 2100

Tabell 29 viser klimagassutslipp 2005 - 2016 for elektrisitet. Det er beregnet utslipp for 2005 og 2016, samt snittmiks over 60 år, fra 2005 - 2064 og 2016 - 2075. Tabellen viser at utslipp fra strøm i 2005 og 2016 er redusert med hhv 1,3% og 2,7% for norsk miks og Europa 28+NO.

Når det regnes med snittmiks over 60 år er utslipp fra strøm i 2005-2064 og 2016-2075 er redusert med hhv 10% og 34% for norsk miks og Europa 28+NO. Hovedgrunnen til denne reduksjonen er lavt utslipp fra produsert strøm etter 2050.

Tabell 29: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for elektrisitet

Klimapåvirkning	Norge	Europa 28 + NO
2005	0,028 kg CO ₂ -ekv/kWh	0,428 kg CO ₂ -ekv/kWh
2016	0,027 kg CO ₂ -ekv/kWh	0,417 kg CO ₂ -ekv/kWh
Observert endring (%)	-4 %	-3 %
2005 - 2064	0,021 kg CO ₂ -ekv/kWh	0,216 kg CO ₂ -ekv/kWh
2016 - 2075	0,019 kg CO ₂ -ekv/kWh	0,143 kg CO ₂ -ekv/kWh
Observert endring (%)	-10 %	-34 %
Hovedårsak til endring	Endret produksjonsmiks for elektrisitet, økt andel fornybar miks fra 2015 til 2050.	

3.2. Drivstofforbruk / energibruk

3.2.1. Drivstofforbruk på aktiviteter

I 2019 ble Livsvitenskapsbygget på Blindern i Oslo er det første byggeprosjektet i verden som bruker en elektrisk gravemaskin. Fra 2019 har fokuset på elektriske anleggsmaskiner maskiner økt, både i etterspørsel tilgang på maskiner. Generelt fra 2005 til 2016 er det funnet liten utvikling.

I 2005 og 2016 er det i stor grad kun ventilasjon og borerigg i tunnel som går på elektrisitet. Siste tiden (etter 2016) har det kommet nye maskiner for lasting på stuff med elektrisitet kraft (AMV forgraver). Sprøyterigger har i mange år blitt levert med muligheter for elektrisk drift, men ofte blitt valgt bort i innkjøp pga anvendelighet. Etter 2016 er det stor mulighet for at entreprenører benytter seg av elektrisk drift på utstyr som brukes til utførelse av tunnelinnredning.

Det er generelt stort potensiale fremover når mer utstyr kommer med elektrisk drift, selv om det kan være noen praktiske utfordringer knyttet til opplegg og tilgang for elektrisk drift på mye utstyr i tunnel.

Det er ikke funnet store endringer fra 2005 til 2016, utover det som er den generelle reduksjonen knyttet til teknologisk utvikling på motorer, som primært omfatter andre utslipp enn utslipp av klimagasser. Utslippsnivåer for ikke vegkjørende kjøretøymotorer defineres i Stage klasser. Stage klassene regulerer ikke drivstofforbruk og utslipp av klimagasser. Stage I til Stage V ble innført i følgende år:

- Stage I: 1999
- Stage II: 2001 - 2004
- Stage IIIA: 2006 - 2007
- Stage IIIB: 2011 - 2003
- Stage IV: 2014
- Stage V: 2019 - 2020

Som beskrevet i kapittel 3.1.1 er har utslipp anleggsdiesel 0% reduksjon fra 2005 til 2016, både i direkte og indirekte utslipp. Muligheter for reduksjon er da lavere drivstofforbruk og overgang til elektriske maskiner. Siden Stage klassene ikke regulerer drivstofforbruk og utslipp av klimagasser, og det

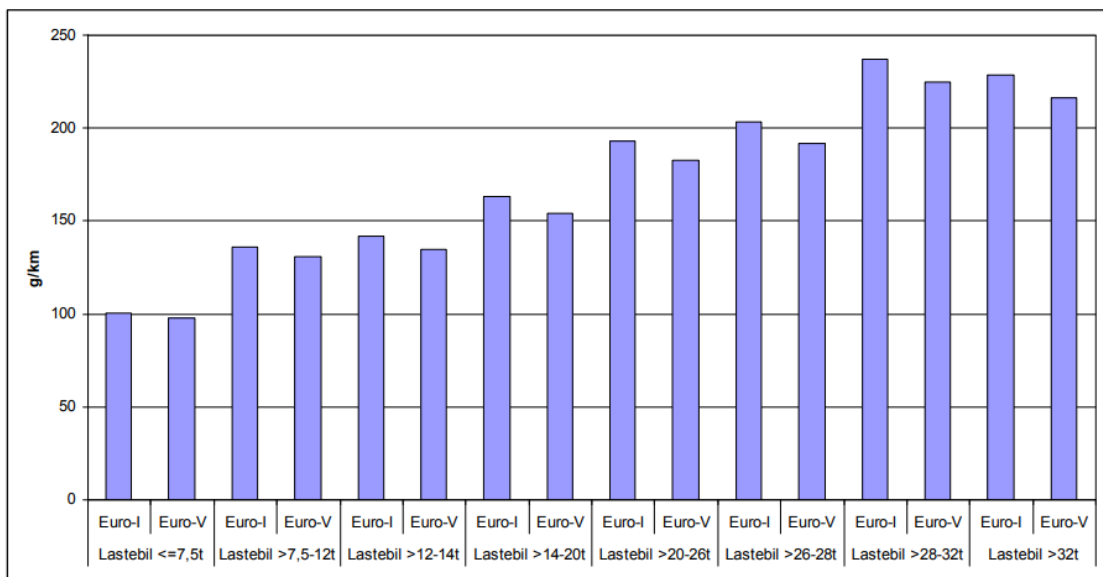
ikke var vanlig å benytte elektriske anleggsmaskiner i 2016 er klimagassutslipp fra anleggsperioden funnet å være lik i 2005 som i 2016.

3.2.2. Drivstofforbruk lastebiler og massetransport

Utslippsnivåer for vegkjørende kjøretøymotorer defineres i Euro klasser. Euro klassene regulerer ikke drivstofforbruk og utslipp av klimagasser. Euro I til Euro VI ble innført i følgende år:

- Euro I: 1992
- Euro II: 1995 - 1997
- Euro III: 1999 - 2000
- Euro IV: 2005
- Euro V: 2008
- Euro VI: 2013

SSB har ulike kilder for drivstofforbruk i lastebiler.



Figur 15: Drivstofforbruk på hovedvei (fartsgrense 80 km/t) for lastebiler av ulike vekt- og Euroklasser. g/km. Figur 29 i SSB Utslipp fra veitrafikken i Norge, 2015/22

Figur 15 er hentet fra SSB, og viser utvikling av drivstofforbruk fra lastebiler i fart (80 km/t) for Euro I til Euro V. Reduksjon fra Euro I til Euro V er på rundt 5%.

Videre oppgir SSB følgende i *Utslipp fra veitrafikken i Norge, Dokumentasjon av beregningsmetoder, data og resultater (2015)*:

For dieseldrevne lastebiler har reduksjonene i drivstofforbruk har ikke vært store i perioden fra Euro-0 til Euro-6³⁹

Det er derfor ikke funnet store endringer i drivstofforbruk fra dieseldrevne lastebiler fra 2005 til 2016, utover det som er den generelle reduksjonen knyttet til teknologisk utvikling på motorer som primært omfatter andre utslipp enn utslipp av klimagasser. Elektriske lastebiler var ikke tilgjengelig på markedet i 2016.

3.2.3. Effektforkbruk fra lyskilder

Denne rapporten fokuserer på klimagassutslipp fra produksjon av materialer, drivstofforbruk, energibruk og arbeidsmetoder. Forskjeller som påvirker drift og vedlikeholdsfasen er i utgangspunktet utelatt fra studien, men det er gjort unntak for effektforkbruk fra lyskilder da det er observert en stor endring fra 2005 til 2016.

I 2008 ble det gjennomført en revisjon av håndbok 017 Veg- og gateutforming i 2008 (nå Vegnormal N100) som hadde stor påvirkning av effektforkbruket for vegbelysningen. Arne Jørgensen fra SVV har gitt informasjon om hvordan dette har påvirket vegprosjekt fra 2005 til 2016⁴⁰.

I foregående utgave, fra 1992, var det et krav om 2 cd/m² på flere veger og 1-2 cd/m² på en del andre veger. I 2008-utgaven ble dette kravet redusert til 1,5 cd/m² som det høyeste kravet og det tidligere kravet på 1-2 cd/m² ble generelt redusert til 1 cd/m².

Etter hvert, fra 2005 og frem til i dag har det også vært en stadig økende bruk av armaturer med LED som lyskilde. I dag er det bare LED som benyttes til veg- og tunnelbelysning. Ved overgangen til LED er reduksjonen i effektforkbruk ca. 30 % i forhold til høytrykk natrium, som var den dominerende lyskilden tidligere, ved utskifting 1:1.

³⁹ <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/attachment/225115?ts=14ce05a5658>

⁴⁰ A. Jørgensen (personlig kommunikasjon 25.06.21).

LED er, i motsetning til høytrykk natrium, er svært godt egnet til demping hvor alle armaturer som er beregnet for det kan dempes ned til anbefalt 20 % av maksimalt lysutbytte. Effektforbruket og lysutbytte for LED følger hverandre nesten lineært. Dette var ikke tilfelle for høytrykk natrium som i veglyssammenheng typisk kunne dimmes et trinn ned til 50 % reduksjon i lysutbytte, men hvor effektforbruket kun ble redusert med ca 35 %. Ved bruk av LED og såkalt midtpunktsdimming vil besparelsen i energiforbruket kunne reduseres med ytterligere 30 % i forhold til LED som ikke demper og opp til 70 % ved bruk av tilstedeværelsesdetektor. Bruk av demping, og praktisk utførelse, er avhengig av det enkelte prosjekt, eksempelvis lengde og ÅDT. For korte strekninger kan kost-nytteeffekten av dimming være begrenset når en betrakter investeringskostnader opp mot driftskostnader. Høy ÅDT med lav variasjon i timetrafikk kan også gjøre demping u hensiktsmessig.

For tunnelbelysning benyttes også LED som lyskilde og reduksjonen av effektforbruket ligger på ca 30 % sammenlignet med høytrykk natrium.

4. Arbeidsmetoder

Arbeidsmetoder, altså måten en gitt oppgave utføres på, har betydning for materialvalg, materialmengder, og hvor mye energi som brukes for å gjennomføre en oppgave. Arbeidsmetodene har derfor først og fremst betydning for de beregningsfaktorene som benyttes ved beregning av klimagassutslipp fra et veg- og baneprosjekt, men vil også ha betydning for utslippsfaktorene. Dette gjelder først og fremst hvilken utslippsfaktor som skal benyttes, eksempelvis ved økt bruk av lavkarbonbetong. Samtidig kan det også ha betydning for selve utslippsfaktoren. Dette kan illustreres med asfalt som eksempel. Dersom en setter opp et lokalt asfaltverk for vegprosjektet, vil utslippsfaktoren for denne asfalten være avhengig av transportavstand på råvarene og hvilken energi som benyttes for å drive asfaltverket. Eksempelet viser også at geografi har betydning. Utslippene fra porteføljen til Statens Vegvesen, Nye Veier og Bane NOR fra år til år vil derfor være avhengig av *hvor* en satser på veg- og banebygging.

Informasjon om endringer i metode er basert på ustrukturerte intervjuer med fagpersoner fra forskjellige bransjeaktører innenfor deres respektive fagfelt. Enkelte av betraktningene er, hvor det er naturlig, tatt inn i kapitlet for utslippsfaktorer. De øvrige betraktningene er presentert under.

Målet med studien var å gjennomgå endringer av arbeidsmetoder kvantitativt, men på grunn av kompleksitet i prosjektene har dette i stor grad ikke vært mulig. Endringer i arbeidsmetoder er derfor kun beskrevet kvalitativt.

4.1. Generelt

Generelt sett bygges nå prosjekt som er mer kompliserte enn i 2005. «En tar seg råd til å bygge det en ikke hadde råd til før»⁴¹. Prosjektene har høyere krav til fart, standard og vegklasse, og er ofte i eller nært bysentrum. Dette påvirker både krav til, og mengder av, forskjellige materialtyper, som

⁴¹ F. Wølstad (personlig kommunikasjon 22.06.2021).

rekkverk og VA- og elektriske installasjoner. Det er også påpekt at et større fokus på hensyn til ytre miljø gir positive effekter for miljø totalt sett, men kan også ha en klimakonsekvens i form av mer komplekse mengder, eksempelvis som følge av viltkrysninger. Den økende kompleksiteten gjør også at hvert enkelt prosjekt i større grad er unikt. Dette gjør det vanskelig, om ikke umulig, å gi en konkret beskrivelse av hva som er endringen fra et tidspunkt til et annet.

Generelt var fokuset på klimagassutslipp fra veg- og baneprosjekt ikke særlig vektlagt i tidsrommet rundt 2005.

4.2. Stabilisering av grunn

Klimagassutslipp fra bygging av dagsone for veg og bane er i stor grad avhengig av grunnforhold og behov for geotekniske tiltak. I områder med vanskelige grunnforhold (leire/dypt til fjell mm) er det stort behov for geotekniske tiltak. Avhengig av grunnforhold og behov kan alternativer for geotekniske tiltak i 2016 være stabilisering av grunn med kalksementpeler og stålpeler, samt masseutskifting.

Utførelse av stabilisering av grunn i 2005 er i stor grad avhengig av i hvilket omfang det ble bygget på områder med vanskelige grunnforhold. Redusert krav til hastighet på veg- og bane og fokus på kostnadsreduksjoner i prosjekter kan i 2005 ha påvirket trasevalg slik at det i større grad har blitt unngått å bli bygget i områder med vanskelige grunnforhold, uten at det er funnet konkrete bevis for dette. Likevel har Norcem flere eksempler på prosjekt i 2004-2005 hvor kalksementstabilisering er brukt⁴²:

- 2004 Stabilitet veiskråninger og anleggsframkommelighet; E39 Klætt - Orkanger, Sør-Trøndelag
- 2003 Jernbaneanverket, Vestfold
- 2003 E18 Kristiansand Timeneskrysset, Vest-Agder
- 2004 Tønsberg pakken

⁴²

https://www.norcem.no/no/system/files_force/assets/document/kalksement_original_0.pdf?download=1

- 2005 E16, Sandvika 2005 Inforama, Sandvika

Det er også beskrevet følgende i Intern rapport nr. 2117 fra Statens Vegvesen, 1999, Kalksementstabilisering av bløt og kvikk leire⁴³: *Med bløte leiravsetninger i store deler av de tettbefolkede områder i Norge, er kalksementpeler en grunnforsterkningsmetode som ofte blir vurdert i forbindelse med vegprosjekter. ... Vanligvis bruker vi på Vegteknisk avdeling 7 % kalk og sement, oftest i blandingsforhold 50/50.*

Det konkluderes derfor med for både veg- og baneprosjekter, at der det i 2005 var dårlige grunnforhold og behov for geotekniske tiltak var kalksementstabilisering et aktuelt tiltak, oftest i blandingsforhold 50/50 kalk og sement. Mengde kalk og sement som er benyttet i prosjekter i 2005 og 2016 er avhengig av flere faktorer, som type og dybde på masser som skal stabiliseres og bredde på anleggsflate. Det er derfor ikke mulig å sammenlikne mengde kalk og sement pr meter veg og bane fra 2005 til 2016.

4.3. Vegoverbygning

De største endringene fra 2005 til 2016 er knyttet til endringer i krav til frostsikring og forbud mot bruk av sprengstein i vegoverbygningen. Dette ble i første omgang innført som NA-rundskriv i 2012-2013, og deretter tatt inn i 2014-versjonen av vegnormal N200.

Forbudet mot bruk av sprengstein ble innført gjennom NA-rundskriv 12/09, hvor det ble angitt at «steinmaterialer til forsterkingslag skal produseres ved kontrollert produksjon med grovknusing og utsikting av finstoff». For frostsikring ble det videre angitt en skjerpelse av tykkelse på frostsikring for å bringe denne i samsvar med faktisk frostdybde. For å unngå unødig stor lagtykkelse ved store frostmengder, ble det i rundskrivet foreslått at nedre

⁴³ <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/190412/kalksementstabilisering.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

del av frostsikringslaget «vurderes erstattet med lettklinker, skumglass eller ekstrudert polystyren (XPS)»⁴⁴.

Dette rundskrivet ble i 2013 supplert med ytterligere bestemmelser for frostsikring, hvor det ble stilt krav til at kvalitetssikring for produksjon, lagring, transport, utlegging og komprimering av frostsikringsmaterialer, og tekst for spesiell beskrivelse for daværende prosess 52.31, frostsikring av sand, grus eller steinmaterialer⁴⁵.

Som angitt over ble kravene angitt i disse rundskrivene tatt inn i N200 i 2014, hvor kapitelet for frostdimensjonering ble omarbeidet, noe som også førte til en endring i kapitelet for underbygning og skråninger, samt kapitelet for grøfter, kummer og rør⁴⁶.

Disse endringene har med all sannsynlighet ført til økte klimagassutslipp fra vegprosjekt. Dette skyldes både kravene til materialproduksjon for forsterkingslag og frostsikringslag, hvor forbudet med sprengstein trolig har hatt den største påvirkningen. Skjerpningen av tykkelsen på frostsikring har gitt et økt volum av masser, noe som også etter all sannsynlighet har gitt en økning i klimagassutslipp i følge med materialproduksjon og transport. Dette kan også ha blitt forsterket av kravet om bruk av eksempelvis lettklinker eller XPS for å redusere lagtykkelsen.

4.4. Tunneler

For vegtunneler ble det i 2016 tatt ut mer stein per tunnelmeter, målt i teoretisk faste kubikkmeter (t_{fm}³), enn tidligere. Det er også innført krav til masseutskifting av såle, noe som gir et større forbruk av knuste masser. For bane er det i to prosjekt Bergensbanen (Arna - Fløen) og Follobanen (Oslo - Ski) innført bruk av tunnelboremaskin (TBM) som drivemåte, noe som også vurderes i enkelte vegprosjekt. Begge prosjekt var ferdig planlagt før 2016 men bygging ikke ferdigstilt før etter 2020. TBM er imidlertid en drivemåte

⁴⁴ Statens vegvesen (2012). Nye krav og bestemmelser knyttet til håndbok 018 Vegbygging. NA-rundskriv 2012/09.

⁴⁵ Statens vegvesen (2013). Nye krav til frostsikringsmaterialer for vegkonstruksjoner. NA-rundskriv 2013/09.

⁴⁶ Statens vegvesen (2014). Håndbok N200 Vegbygging.

som ikke nødvendigvis gir reduserte klimagassutslipp, da tunneldriving med TBM medfører stort forbruk av armerte betongelementer i hele tunneløpet. Bruk av TBM reduserer behov for tverrslag (hjelpetunneler).

Endret utslipp fra sprengt tunnel til tunnel drevet med TBM er avhengig av tykkelse på betongelementer, alternativ vann- og frostsikring når det ikke brukes TBM og antall og lengde tverrslag som må bygges når tunnelen sprenges.

Krav til miljø (ekstremvær) og sikkerhet har også ført til at det legges flere rør til både vann- og avløp og elektroinstallasjoner. Det er også en generell økning i mengden elektroutstyr som installeres, i hovedsak knyttet til sikkerhets- og styringssystemer. Det var også en generell økning i betongkonstruksjoner i tunnel i form av kiosker og tekniske bygg. Dette skyldes blant annet endrede krav i forhold til innføring av tunnelsikkerhetsforskriften i 2007.

Som følge av hendelsen i Hanekleivtunnelen⁴⁷, hvor 250 kubikkmeter stein og masse raste ut fra taket i tunnelen, og endringer i Q-systemet⁴⁸, var det også en økning i omfang av bergsikring. Fredrik Wølstad fra SVV mener også at det i perioden var en økning i tykkelser av sprøytebetong knyttet til branndimensjonering, samt en økning av armering av konstruksjoner i betong i sammenheng med nye krav til dimensjonering i Eurocode⁴⁹. Betongelementer, til erstatning for PE skum og sprøytebetong, ble også brukt i økende grad. For bane er det tradisjon for planlegging med minst 50 års levetid for jernbanetunneler, men prosjektet Follobanen har bidratt til å sette ny standard for levetidsvurdering for tunneler i Norge. Det er derfor blitt en overgang fra vann- og frostsikring med elementer til vann og frostsikring med full utstøping i tunnelen.

⁴⁷ Graven, AR (2007). Derfor raste Hanekleivtunnelen. *Forskning.no*.

<https://forskning.no/samferdsel-sikkerhet-geofag/derfor-raste-hanekleivtunnelen/1010691>

⁴⁸ Q-systemet er et klassifikasjonssystem for bergmasser med hensyn til stabilitet av tunneler og bergrom. For mer informasjon henvises det til *Bruk av Q-systemet* (NGI, 2015), tilgjengelig fra

<https://www.ngi.no/nor/content/download/4012/431183/version/1/inLanguage/nor-NO/file/H%C3%A5ndbok%20Q-systemet%20norsk%20nov%202015%20nettutg.pdf>

⁴⁹ F. Wølstad (personlig kommunikasjon 22.06.2021).

For materialtyper for øvrig har det vært få endringer i tunnel. Som angitt er det en økning i volumet av materiell, men i utførelse er den største endringen en økt bruk av syrefast stål for å øke levetid og redusere vedlikeholdsbehov. Etter 2016 har en imidlertid sett begynnende leveranser av prefabløsninger, eksempelvis fra Foamrox, og leverandører som Ølen betong leverer i dag elementhvelv med redusert tykkelse fra 15 cm til 12 cm.

4.5. Bru og konstruksjoner

Valgt konstruksjon- og brutype tilpasses veg- og baneprosjekter etter krav og behov i prosjektet. Det er ikke funnet punkter som sier at *standard* brutype er endret fra 2005 til 2016.

Økt krav til hastighet på veg- og bane fra 2005 til 2016 kan ha påvirket trasevalg slik at det i 2016 i større grad har blitt bygget lengre og mer kompliserte konstruksjoner og bruer, uten at det er funnet konkrete bevis for dette.

Reduksjonspotensialet for bru og konstruksjoner er derfor økt bruk av lavkarbonbetong og økt bruk av resirkulert stål, som beskrevet i kapittel 0 og 2.3.

4.6. Sportype jernbane

I stedet for konvensjonelt spor med sviller og ballast kan det benyttes fast sport, hvor sporet støpes fast i en fast betongplate. Dette medfører at ballast og sviller erstattes med betong. Helt siden begynnelsen av 70-tallet, har fast spor vært hovedregelen på det japanske høyhastighetsnettet.⁵⁰

I Norge er det noen korte strekninger med fast spor. I Oslo kan følgende strekninger nevnes (det er usikkert når fastsporet ble montert):

- Forbi Nationaltheateret på T-banen (System "Kölner Ei")

⁵⁰ https://www.jernbanekompetanse.no/wiki/Fast_spor

- Bybane gjennom Sinsenkrysset (Icosit)
- Havnesporet over Framneslokket (Underlagsplate på polyuretan)
- Bru over Drammenselva og bru over Nitelva (Corkelast/Edilon)

Første omfattende bruk av fastspor i Norge er på Bergensbanen (Arna - Fløen) og Follobanen (Oslo - Ski), begge ferdig planlagt før 2016 men bygging ikke ferdigstilt før etter 2020. Fastspor benyttes primært i tunnel og på bru.

Basert på mengdedata fra Ringeriksbanen er det beregnet klimagassutslipp pr m spor for fastspor og ballastspor⁵¹. Justert for utslippsfaktorer i 2016 er det beregnet følgende klimagassutslipp pr lm spor:

- Fastspor: 473 kg CO₂-ekv/m
- Ballastspor: 151 kg CO₂-ekv/m

Beregnet klimagassutslipp omfatter kun utbyggingsfasen. Ulike sportyper vil ha forskjellig behov for drift og vedlikehold, men fokuset i denne rapporten er på utbyggingsfasen så drift og vedlikehold av sporet er utelatt. Det er også ulike typer fastspor tilgjengelig på markedet som kan ha et høyere og lavere utslipp enn det som er beregnet her.

Tabell 30: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for ulike sportyper

	Klimapåvirkning (A1-A3)	Kilde / kommentarer
2005 ballastspor	151 kg CO ₂ -ekv/m	Ballastspor
2005 fastspor	473 kg CO ₂ -ekv/m	Fastspor
Observert endring (%)	+ 213 %	
Hovedårsak til endring	Endring er basert på annen sportype fra 2005 til 2016	

For å vite hvor stor andel utslipp fra ulike sportyper utgjør i forhold til samlet utslipp fra tunnel, er det benyttet resultater fra Bane NORs *Tidligfaseverktøy - beregning av klimapåvirkning og energiforbruk fra utbygging og vedlikehold av jernbaneinfrastruktur*. I verktøyet er dagsone, tunnel og bru beregnet med ballastspor som standard.

⁵¹ Sammenlikning av klimagassutslipp for ballastfritt spor og ballastspor, 05.11.2019, Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 Skaret - Hønefoss, Notatnummer: N-NAA-273

Tabell 31: Klimagassutslipp, pr 1m tunnel og bru med ballastspor og fastspor

	Ballast- spor	Fast- spor	Enhet	Økning
1 meter 1 spor hovedløp, tunnel, enkelt berg	10,8	11,2	tonn CO ₂ - ekv/m bane	3 %
1 meter, 1 spor betongbru, kort spenn, enket grunnforhold	13,5	13,8	tonn CO ₂ - ekv/m bane	2 %

Hvis det videre da antas at det i 2005 ble benyttet ballastspor på all utbygging i dagsone, tunnel og bru, og at det i 2016 ble benyttet fastspor på all utbygging i tunnel og bru gir endringen av sportype et økt utslipp for tunnel og bru på hhv 3% og 2%. Det gjøres oppmerksom på at det bygges både bru og tunnel med ballastspor også etter 2016.

4.7. Anleggseffektivitet

Anleggsmaskiner har over tid blitt jevnt større og mer effektive, også i perioden fra 2005-2016. Takten for innføring og bruk av nye maskiner i anleggsprosjekt er knyttet til hvorvidt investering i utstyr med økt kapasitet er forsvarlig i forhold til relativt høye lønns- og riggekostnader. Dialog og intervjuer med bransjeaktører tilsier at det har vært en økning i anleggseffektivitet, men tilbakemeldingen er likevel at det er vanskelig å si noe på generelt grunnlag. Dette begrunnes med at det vil være store forskjeller fra prosjekt til prosjekt, og at dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Det er flere forhold som kan påvirke dette. Det har vært en økning i kostnader og tid med deponering av overskuddsmasser, både med hensyn til miljø (krav fra Statsforvalter og Miljødirektoratet), men også at prosjekter er mer sentrumsnære, noe som gir redusert adgang til deponier i kort avstand fra prosjektet. I tillegg er det stadig flere prosjekt som har begrensninger i arbeidstid / antall skift på grunn av støyrestriksjoner i forhold til omgivelsene. Eksempelvis har det siden 2005 ikke vært økt effektivitet på tunneldriving totalt sett, noe som skyldes HMS-regelverk som øker syklustider⁵².

⁵² F. Wølsted (personlig kommunikasjon, 22.06.2021).

5. Endringer i materialer, arbeidsmetoder og prosjekt 2005-2016

Dette kapittelet viser hvordan funn som er beskrevet i kapittel 2, 3 og 4 endrer klimagassutslipp for et prosjekt hvis det var bygget i 2005 og 2016.

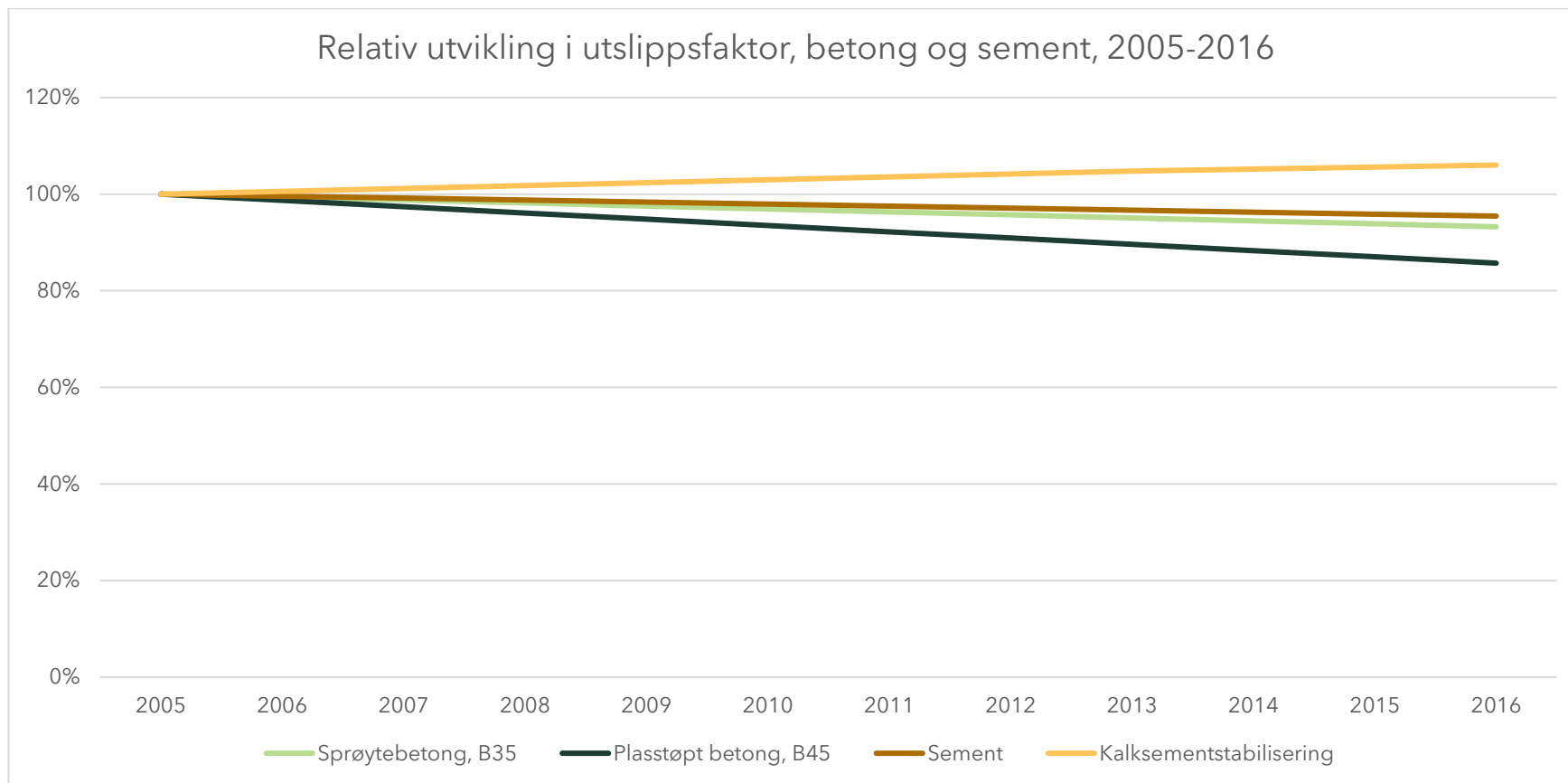
5.1. Materialer og energi

Tabell 32 oppsummerer utslippsfaktorer for 2005 og 2016 fra kapittel 2.

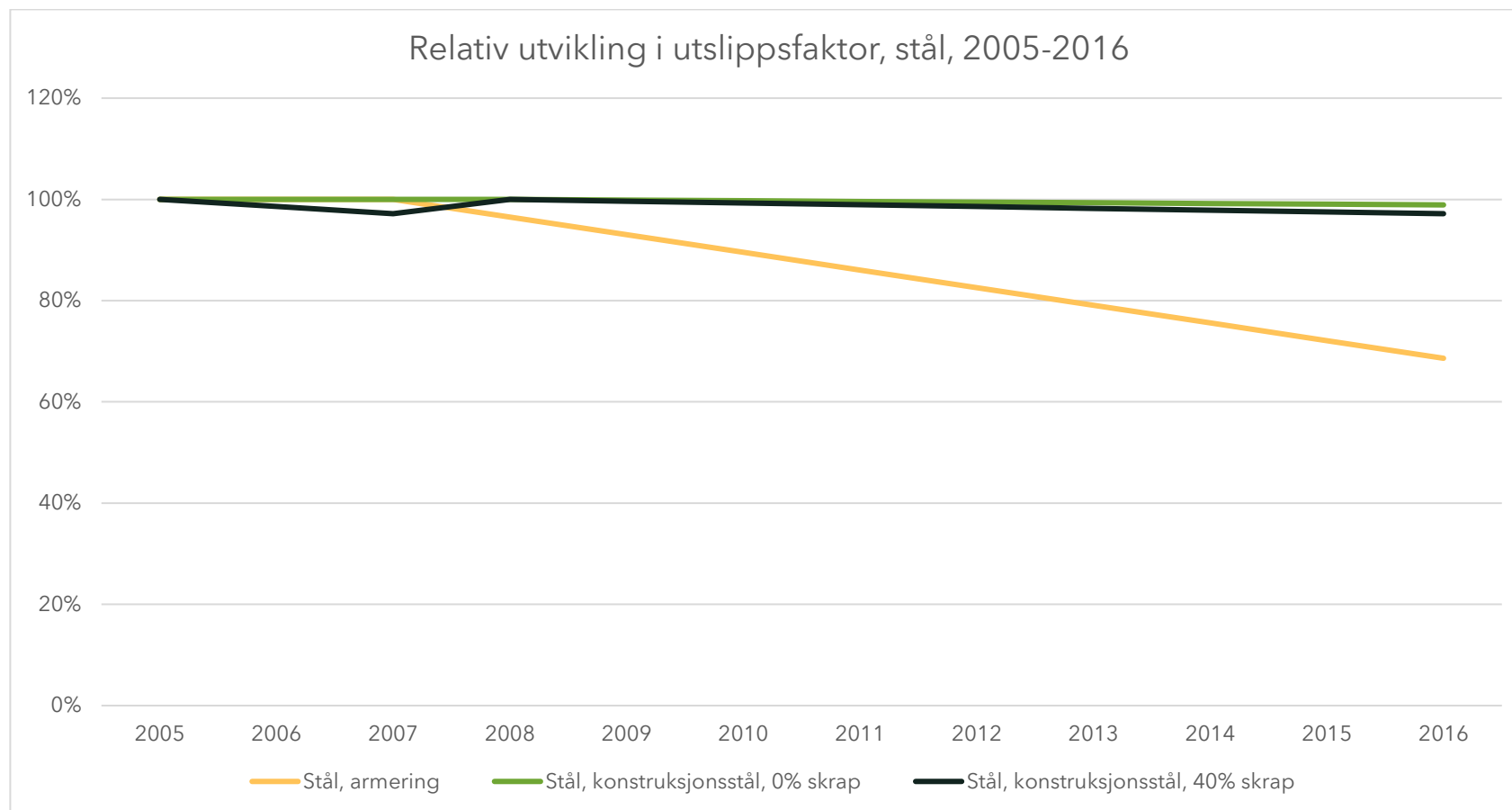
Tabell 32: Oversikt over klimagassutslipp 2005 - 2016 for materialer.

Materialtype	Enhet	Representativ utslippsfaktor (kg CO ₂ -ekv/enhet)		Observert endring (%)	Vurdert bakgrunn for endring
		2005	2016		
Sement til betong og injeksjon	kg	0,770	0,735	-5 %	Endring i gjennomsnittlig produksjon
Kalksement 50/50	kg	880	933	6 %	Endring i standard produkttype
Plasstøpt betong og betong til prefabrikerte betongelementer, B45	m ³	420	360	-14 %	Endring i gjennomsnittlig produksjon, endringer er basert på forbedret standard betong (bransjereferanse).
Sprøytebetong	m ³	370	345	-7 %	Endring i gjennomsnittlig produksjon, endringer er basert på forbedret standard betong (bransjereferanse).
Armeringsstål (slakkarmering) og stål til spunt	kg	1,37	0,94	-31 %	Endring i gjennomsnittlig produksjon og endring i standard produkttype benyttet.
Spennarmering	kg	2,83	2,68	-5 %	Forbedret datagrunnlag,
Konstruksjonsstål, peler og skinnestål, uten resikrulert stål	kg	2,75	2,72	-1 %	Forbedret datagrunnlag
Konstruksjonsstål, peler og skinnestål, med resikrulert stål	kg	1,77	1,72	-3 %	Forbedret datagrunnlag
Asfalt	kg	38,0	38,0	0 %	Forbedret datagrunnlag.

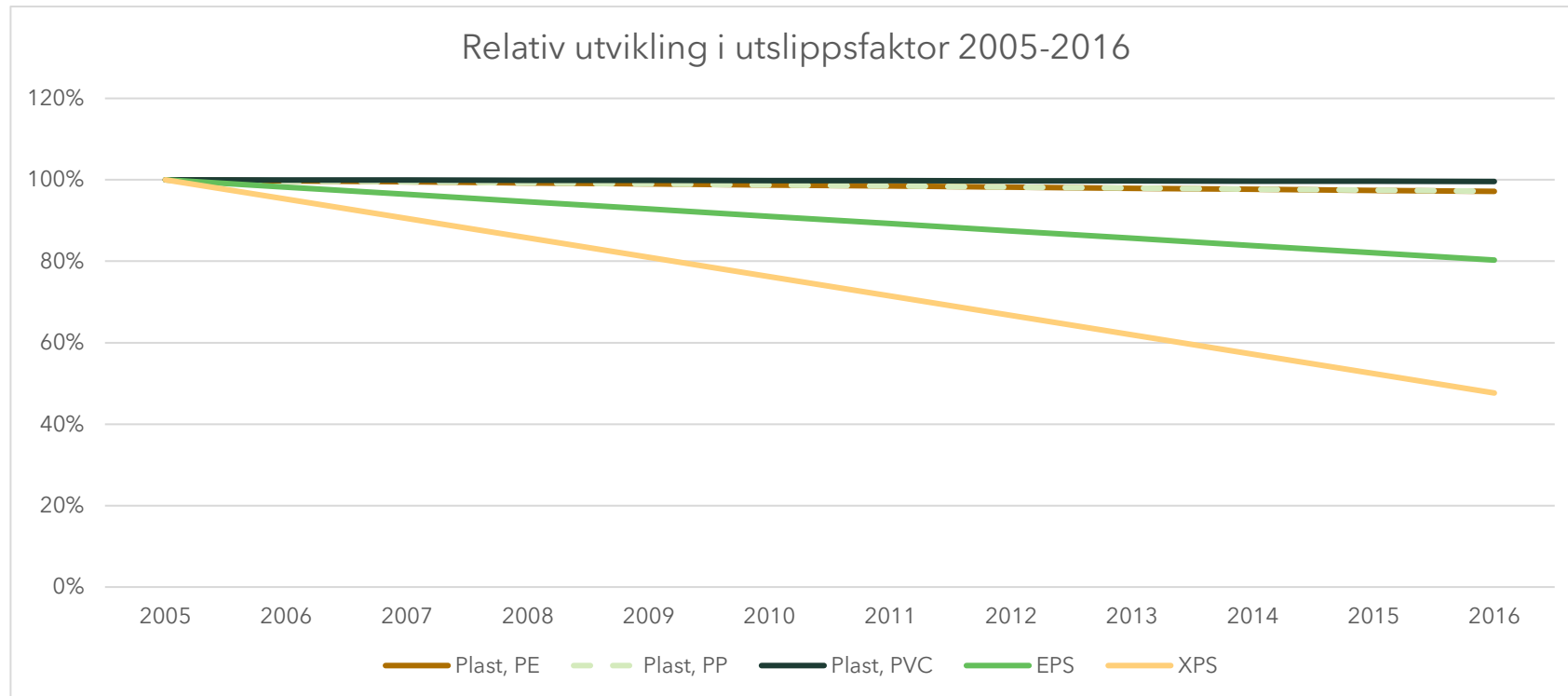
Sprengstoff	kg	2,65	1,67	-37 %	Endring i gjennomsnittlig produksjon, reelle forbedringer i verdikjeden
Sprengstoff - direkte utslipp	kg	0,11	0,11	0 %	Ingen endring i teoretisk beregnet utslipp fra detonasjon av samme type sprengstoff
Grus/pukk	kg	3,58	3,15	-12 %	Forbedret datagrunnlag
Lettklinker/ekspandert leire	kg	0,31	0,22	-29 %	Forbedret datagrunnlag
EPS	m ³	137	110	-20 %	Forbedret datagrunnlag
XPS	m ³	426	203	-52 %	Endring i gjennomsnittlig produksjon
Plast, PE	kg	2,47	2,40	-3 %	Forbedret datagrunnlag
Plast, PP	kg	2,49	2,42	-3 %	Forbedret datagrunnlag
Plast, PVC	kg	2,44	2,43	0 %	Forbedret datagrunnlag
Diesel for vegtransport					
Direkte utslipp	liter	2,66	2,35	-12 %	Innblanding av biodiesel, fra 0,2 % til 12%
Indirekte utslipp	liter	0,57	0,73	+28 %	
Diesel for anleggsmaskiner					
Direkte utslipp	liter	2,66	2,66	0 %	Ingen endring i innblanding av biodiesel
Indirekte utslipp	liter	0,57	0,57	0 %	
Elektrisitet, pr år					
Norge	kWh	0,028	0,027	-4 %	Endret produksjonsmiks for elektrisitet, økt andel fornybar miks fra 2015 til 2050.
Europa 28+NO	kWh	0,428	0,417	-3 %	
Elektrisitet, snitt 60 år		2005-2064	2016-2075		
Norge	kWh	0,021	0,019	-10 %	Endret produksjonsmiks for elektrisitet, økt andel fornybar miks fra 2015 til 2050.
Europa 28+NO	kWh	0,216	0,143	-34 %	



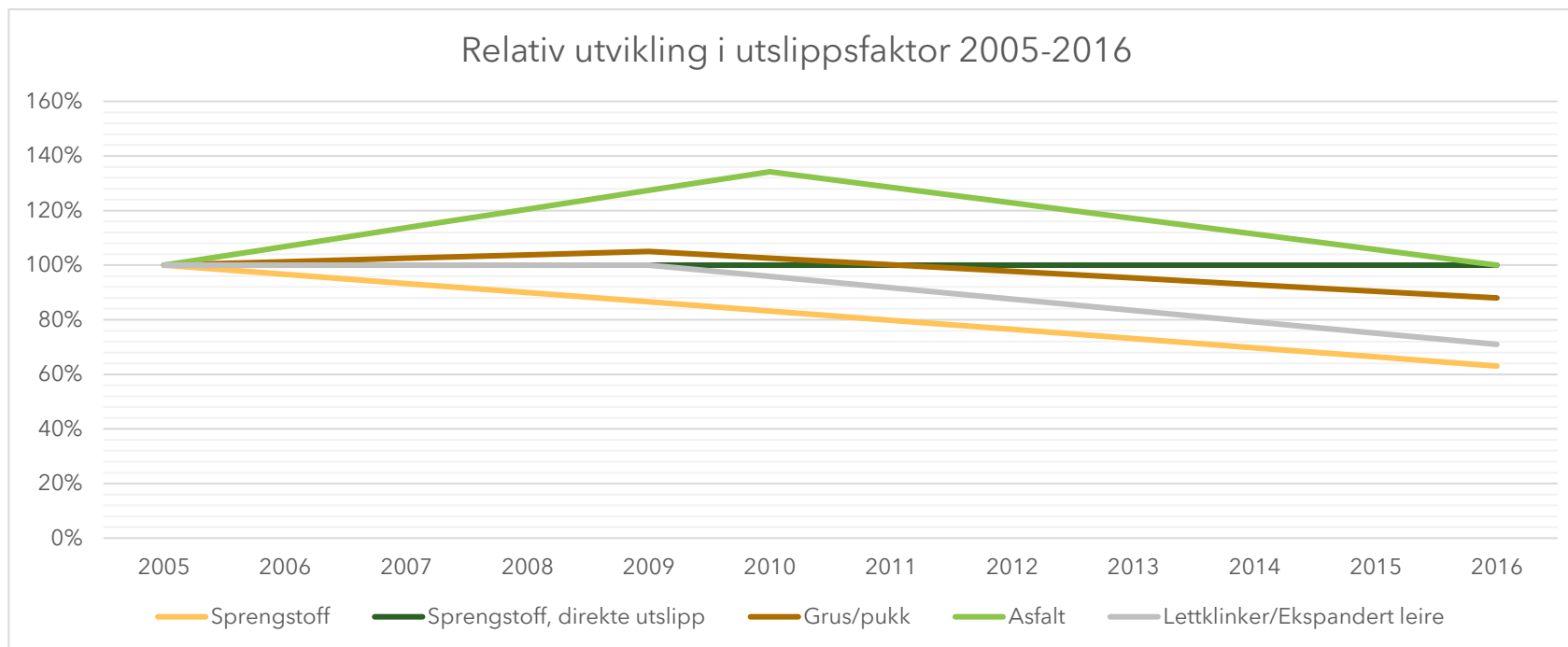
Figur 16: Relativ utvikling i utslippsfaktor, betong og sement, 2005-2016



Figur 17: Relativ utvikling i utslippsfaktor, stål, 2005-2016



Figur 18: Relativ utvikling i utslippsfaktor, plast, 2005-2016



Figur 19: Relativ utvikling i utslippsfaktor, øvrige materialtyper, 2005-2016

5.2. Basert på endret drivstofforbruk og arbeidsmetoder

Kapittel 3.2 og 4 beskriver endringer i drivstofforbruk/energibruk og arbeidsmetoder. Omfang av arbeidsmetoder som er studert er basert på hvilke prosesser som har et relativt stort bidrag av klimagassutslipp i ulike prosjekter.

For sportype jernbane er det kvantifisert en endring ved å benytte ballastfritt spor istedenfor ballastspor. Dette medfører en økning for jernbane i tunnel og bru på hhv 3% og 2%.

Det er beskrevet flere endringer for arbeidsmetoder kvalitativt, men pga kompleksiteten i endringer og prosjekter generelt har det vært en stor utfordring å kvantifisere endringene. Som beskrevet i kapittel 4 er også påpekt at et større fokus på hensyn til ytre miljø gir positive effekter for miljø totalt sett, men kan også ha en klimakonsekvens i form av mer komplekse mengder, eksempelvis som følge av viltkrysninger. Den økende kompleksiteten gjør også at hvert enkelt prosjekt i større grad er unikt. Dette gjør det vanskelig, om ikke umulig, å gi en konkret beskrivelse av hva som er endringen fra et tidspunkt til et annet.

Det har derfor ikke vært mulig å anbefale generelle sjablongverdier på endret arbeidsmetoder fra 2005 til 2016. Generelt er det vurdert at endringer og økt kompleksitet i prosjekter fra 2005 til 2016 har økt klimagassutslipp i prosjektene.

5.3. Basert på endret utslippsfaktorer for materialer og energi

Kapittelet omfatter kun endringer i utslippsfaktorer for materialer og energi.

Formålet med disse beregningene er ikke å definere referansenivåer på prosjektnivå, men å indikere størrelsesorden for endring i utslipp på prosjektnivå, som følge av de observerte endringene i klimapåvirkning for materialer og energi. Vi har kun inkludert endring for de materialene der vi har funnet grunnlag for å si at endring i dokumentert klimapåvirkning skyldes endring i produksjon (se Tabell 32).

Det er tatt utgangspunkt i klimabudsjett for fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen. Fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen er valgt pga størrelse på prosjekt, vei og bane er prosjektert med samme usikkerhet, prosjektet omfatter både veg og bane, dagsone, tunnel og bru. Mengdedata for prosjektet er basert på kostnadsestimat fra 15.05.19, med justeringer utført frem til KS2 (Finansdepartementets eksterne kvalitetssikring som kreves av alle store offentlige prosjekter). VegLCA v 5.01 B er benyttet. Utslippsdata som vist i Tabell 32 for 2005 og 2016 er benyttet, andre utslippsdata er fra VegLCA V 5.01 B.

I følgende beregninger er det ikke endret noe på mengdedata i prosjektet. Endringer oppstår kun med endret utslippsfaktorer.

5.3.1. Vegprosjekt

Tabell 33 viser beregninger ved å bygge vegdelen (E16 Skaret - Hønefoss) av fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen.

Tabell 33: Klimagassutslipp, i tonn CO₂-ekv, fra utbygging av veg med utslippsfaktorer i 2005 og 2016. Inkludert direkte utslipp på byggeplass, ikke inkludert arealbruksendringer. Tabellen viser også endret utslipp fra 2005 til 2016.

Klimagassutslipp, veg, 2005, tonn CO₂-ekv				
Livsløpsfase	Dagsone	Tunneler	Bruer	Sum
Materialproduksjon (A1-A4)	62 221	30 774	100 067	193 062
Utbygging (A5)	36 880	5 411	1 161	43 453
Sum	99 102	36 185	101 228	236 515

Klimagassutslipp, veg 2016, tonn CO₂-ekv				
Livsløpsfase	Dagsone	Tunneler	Bruer	Sum
Materialproduksjon (A1-A4)	53 364	25 020	84 263	162 647
Utbygging (A5)	36 487	5 334	1 161	42 982
Sum	89 851	30 354	85 424	205 629

Klimagassutslipp, veg, endring 2005 - 2016				
Livsløpsfase	Dagsone	Tunneler	Bruer	Sum
Materialproduksjon (A1-A4)	-14 %	-19 %	-16 %	-16 %
Utbygging (A5)	-1 %	-1 %	0 %	-1 %
Sum	-9 %	-16 %	-16 %	-13 %

Tabellen viser at ved kun å endre utslippsfaktorer fra hva som er vurdert til standard i 2005 til 2016, medfører dette en samlet reduksjon av utslipp på 13%. Reduksjonen er størst for materialproduksjon (16%), og relativt lav for utbyggingsfasen (1%).

Når det gjelder dagsone, tunnel og bru står tunnel og bru for størst reduksjon med hhv 16% og 16% reduksjon. Det er beregnet 9% reduksjon for dagsonen.

Direkte utslipp på byggeplass:

Av utbyggingsutslipp (A5) vist i Tabell 33 er følgende direkte utslipp fra diesel i anleggsmaskin og massetransport + fra sprengning. Direkte utslipp vist under er noe lavere enn utslipp fra utbyggingsfasen i Tabell 33, da utslipp fra utbyggingsfasen i Tabell 33 også inkluderer produksjon og transport av drivstoff, sprengstoff og elektrisitet.

- 2005: 34 622 tonn CO₂-ekv
- 2016: 33 630 tonn CO₂-ekv

Endring 2005 - 2016: -3%

Årsaket til redusert direkte utslipp fra 2005 til 2016 er pga innblanding av biodiesel i diesel for vegtransport.

5.3.2. Baneprojekt

Tabell 34 viser beregninger ved å bygge banedelen (Ringeriksbanen fra Sandvika - Hønefoss) av fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen.

Tabellen viser at ved kun å endre utslippsfaktorer fra hva som er vurdert til standard i 2005 til 2016, medfører dette en samlet reduksjon av utslipp på 10%. Reduksjonen er størst for materialproduksjon (12%), og relativt lav for utbyggingsfasen (1%).

Når det gjelder dagsone, tunnel og bru står tunnel og bru for størst reduksjon med hhv 12% og 17% reduksjon. Det er beregnet 4% reduksjon for dagsonen.

Tabell 34: Klimagassutslipp, i tonn CO₂-ekv, fra utbygging av bane med utslippsfaktorer i 2005 og 2016. Inkludert direkte utslipp på byggeplass, ikke inkludert arealbruksendringer. Tabellen viser også endret utslipp fra 2005 til 2016.

Klimagassutslipp bane, 2005, tonn CO₂-ekv				
Livsløpsfase	Dagsone	Tunneler	Bruer	Sum
Materialproduksjon (A1-A4)	206 529	415 759	153 013	775 301
Utbygging (A5)	98 834	71 170	1 330	171 334
Sum	305 363	486 929	154 343	946 635

Klimagassutslipp bane, 2016, tonn CO₂-ekv				
Livsløpsfase	Dagsone	Tunneler	Bruer	Sum
Materialproduksjon (A1-A4)	195 181	356 328	127 493	679 003
Utbygging (A5)	97 968	70 093	1 330	169 391
Sum	293 150	426 421	128 823	848 394

Klimagassutslipp, bane, endring 2005 - 2016				
Livsløpsfase	Dagsone	Tunneler	Bruer	Sum
Materialproduksjon (A1-A4)	-5 %	-14 %	-17 %	-12 %
Utbygging (A5)	-1 %	-2 %	0 %	-1 %
Sum	-4 %	-12 %	-17 %	-10 %

Direkte utslipp på byggeplass

Av utbyggingsutslipp (A5) vist i Tabell 34 er følgende direkte utslipp fra diesel i anleggsmaskin og massetransport + fra sprengning. Direkte utslipp vist under er noe lavere enn utslipp fra utbyggingsfasen i Tabell 34, da utslipp fra utbyggingsfasen i Tabell 34 også inkluderer produksjon og transport av drivstoff, sprengstoff og elektrisitet.

- 2005: 124 852 tonn CO₂-ekv
- 2016: 121 823 tonn CO₂-ekv

Endring 2005 - 2016: -2%

Årsaket til redusert direkte utslipp fra 2005 til 2016 er pga innblanding av biodiesel i diesel for vegtransport.

6. Konklusjoner

Basert på endret utslippsfaktorer for materialer og energi

Det er utfordrende å fastslå representative utslippsfaktorer for året 2005 (eller noe enkeltår)- det er mulig å se en trend over tid, men her er det også nødvendig å skille på endringer som skyldes metodeutvikling-/forbedring, og endringer i beregnede utslipp som skyldes faktiske endringer i produksjon

Vi vet mye mer om hva utslippene er i dag enn tidligere, har bedre metoder og et langt større datagrunnlag som gjør det mulig å bruke mer presise data som representerer nasjonal/regional eller prosjektspesifikk praksis

VegLCA ble først lansert 2015. Fra oppdateringer 2015-2021 vet vi at det har skjedd en betydelig i utvikling i retning mer representative utslippsfaktorer. Dette sikrer at klimagassberegninger som er utført med senere versjoner av VegLCA har et mer nøyaktig resultat sammenliknet med tidligere versjoner.

Våre funn av endret utslippsfaktorer fra 2005 til 2016, basert på beregninger for Fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen, gir følgende sjablongverdier for redusert utslipp i perioden.

For et vegprosjekt, ved kun å endre utslippsfaktorer fra hva som er vurdert til standard i 2005 til 2016, medfører endringene en samlet reduksjon av utslipp på 13%. Reduksjonen er størst for materialproduksjon (16%), og relativt lav for utbyggingsfasen (1%). Endringene for dagsone, tunnel og bru er på hhv -9%, -16% og -16%.

For et baneprosjekt, ved kun å endre utslippsfaktorer fra hva som er vurdert til standard i 2005 til 2016, medfører endringene en samlet reduksjon av utslipp på 10%. Reduksjonen er størst for materialproduksjon (12%), og relativt lav for utbyggingsfasen (1%). Endringene for dagsone, tunnel og bru er på hhv -4%, -12% og -17%.

Generelt for utbygging av infrastruktur kan det på grunn av redusert utslipp fra materialproduksjon konkluderes med en reduksjon på mellom 4% og

17% fra 2005 til 2016. Dette vil selvfølgelig være avhengig av andel dagsone, tunnel og bru i prosjektet.

Basert på endret drivstofforbruk og arbeidsmetoder

For sportype jernbane er det kvantifisert en økning ved å benytte ballastfritt spor istedenfor ballastspor. Dette medfører en økning for jernbane i tunnel og bru på hhv 3% og 2%.

Det har i stor grad ikke vært mulig å beskrive andre endringer i arbeidsmetoder kvantitativt grunnet kompleksitet i omfang ved arbeidsmetoder.

Det har derfor ikke vært mulig å anbefale generelle sjablongverdier på endret arbeidsmetoder fra 2005 til 2016.

Generelt er det vurdert at endringer og økt kompleksitet i prosjekter fra 2005 til 2016 har økt klimagassutslipp i prosjektene.

6.1. Bruk av resultater

Resultatene viser at leverandørindustrien gjør grep siden det er vist en reduksjon i utslipp for mange materialer fra 2005 til 2016.

For flere produkter er det vist at alternativer med lavere klimagassutslipp er tilgjengelig selv om det ikke er benyttet som standard produkt (eksempler er grunnforsterkning/grunnstabilisering med CKD (Cement Kiln Dust) + sement, lavkarbonbetong klasse A osv.). Økt bruk av materialer med lave klimagassutslipp vil redusere utslipp i prosjekt i fremtiden.

Selv om en har reduksjon i intensiteter, så indikerer rapporten at prosjektene har blitt større og i stor grad mer komplekse, og at sistnevnte kan medføre at reduksjoner i materialproduksjon kan bli spist opp av eks. mer utrustning i tunneler, større dimensjoner også videre.

Videre bør resultater fra rapporten benyttes til å sette fokus på å optimalisere og vurdere alternative løsninger ved prosjektering og bygging av infrastruktur. Prosjektene vil få redusert utslipp delvis siden materialene får et lavere utslipp, men økt kompleksitet i prosjektet kan for medføre et totalt økt behov for materialer, slik at utslippene likevel øker.

Vedlegg 1 – Bidrag til klimagassutslipp

Fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen (FRE16)

Betong
Sement, kalksement
Stål
Annet
Asfalt
Bane

Tabell 35: Klimagassutslipp, for bane, fra materialproduksjon (A1-A4) og utbygging (A5), med fordeling som viser hva som bidrar til utslippene

Bane tunnel		Bane bru		Bane dagsole	
Sprøytebetong	32 %	Plasstøpt betong	37 %	Kalksementstabilisering	31 %
Plasstøpt betong	29 %	Stål, armering og bolter kamstål	17 %	Plasstøpt betong	22 %
Sement	25 %	Lettklinker/Ekspandert leire	14 %	Bane: overbygning og jernbaneteknikk	22 %
Stål, armering og bolter kamstål	5 %	Stål, konstruksjonsstål	11 %	Stål, armering og bolter kamstål	11 %
Sprengstoff	4 %	Grus/pukk	7 %	Stål, spunt	6 %
Grus/pukk	1 %	Stål, peler	4 %	Betongelementer	2 %
Plast	1 %	Stål, spennarmering	4 %	Grus/pukk	1 %
Kalksementstabilisering	1 %	Betongelementer	3 %	Plast	1 %
Stål, spunt	1 %	Stål, spunt	2 %	Stål, peler	1 %
Lettklinker/Ekspandert leire	0 %	Trevirke	1 %	Annet	1 %
Asfalt	0 %	Plast	0 %	EPS/XPS	0 %
Stål, peler	0 %	Asfalt	0 %	Trevirke	0 %
Betongelementer	0 %	Stål, annet	0 %	Asfalt	0 %
Stål, spennarmering	0 %	Bane: overbygning og jernbaneteknikk	0 %	Stål, annet	0 %
Betonghvelv	0 %	Annet	0 %	Stål, spennarmering	0 %
Trevirke	0 %	Betonghvelv	0 %	Sprengstoff	0 %
Stål, annet	0 %	EPS/XPS	0 %	Betonghvelv	0 %
Annet	0 %	Kalksementstabilisering	0 %	Lettklinker/Ekspandert leire	0 %
Bane: overbygning og jernbaneteknikk	0 %	Sement	0 %	Sement	0 %
EPS/XPS	0 %	Sprengstoff	0 %	Sprøytebetong	0 %
Stål, konstruksjonsstål	0 %	Sprøytebetong	0 %	Stål, konstruksjonsstål	0 %

Tabell 36: Klimagassutslipp, for veg, fra materialproduksjon (A1-A4) og utbygging (A5), med fordeling som viser hva som bidrar til utslippene

Vei bru		Vei tunnel		Vei dagsone	
Plasstøpt betong	34 %	Plasstøpt betong	22 %	EPS/XPS	23 %
Stål, armering og bolter kamstål	19 %	Grus/pukk	13 %	Grus/pukk	17 %
Grus/pukk	8 %	Lettklinker/Ekspandert leire	11 %	Plasstøpt betong	15 %
Asfalt	8 %	Betonghvelv	11 %	Asfalt	13 %
Stål, spennarmering	6 %	Stål, armering og bolter kamstål	10 %	Kalksementstabilisering	9 %
Stål, spunt	6 %	Sprøytebetong	10 %	Lettklinker/Ekspandert leire	6 %
Stål, annet	4 %	Asfalt	7 %	Stål, armering og bolter kamstål	6 %
Betongelementer	4 %	Sement	4 %	Stål, annet	3 %
Stål, peler	3 %	Stål, peler	3 %	Plast	2 %
Sprengstoff	3 %	Stål, spennarmering	2 %	Annet	2 %
Annet	2 %	Sprengstoff	2 %	Betongelementer	2 %
Trevirke	1 %	Stål, spunt	2 %	Stål, peler	2 %
Plast	1 %	Betongelementer	1 %	Stål, spennarmering	1 %
Betonghvelv	0 %	Plast	1 %	Trevirke	0 %
EPS/XPS	0 %	Annet	1 %	Sprengstoff	0 %
Kalksementstabilisering	0 %	Stål, annet	0 %	Betonghvelv	0 %
Lettklinker/Ekspandert leire	0 %	Trevirke	0 %	Sement	0 %
Sement	0 %	EPS/XPS	0 %	Sprøytebetong	0 %
Sprøytebetong	0 %	Kalksementstabilisering	0 %	Stål, konstruksjonsstål	0 %
Stål, konstruksjonsstål	0 %	Stål, konstruksjonsstål	0 %	Stål, spunt	0 %

E6 Oslo Øst

Tabell 37: Klimagassutslipp, for veg, fra materialproduksjon (A1-A4) og utbygging (A5), med fordeling som viser hva som bidrar til utslippene

Vei tunnel	Andel
Plasstøpt betong	26 %
Stål, armering og bolter kamstål	15 %
Betonghvelv	10 %
Sprøytebetong	10 %
Sement	8 %
Asfalt	7 %
Kalksementstabilisering	7 %
Stål, spunt	4 %
Grus/pukk	3 %
Lettklinker/Ekspandert leire	3 %
Sprengstoff	3 %
Plast	2 %
Betongelementer	1 %
Stål, konstruksjonsstål	1 %
Annet	1 %
Stål, annet	0 %
Stål, peler	0 %
Stål, spennarmering	0 %
Aluminium	0 %
EPS/XPS	0 %
Skumglassgranulat	0 %
Trevirke	0 %
Rundsum	0 %

Samlet

Tabell 38: Oversikt over materialer som samlet har størst bidrag til utbygging av dagsone, tunnel og bru for veg og bane.

		Materialer	
		Bane	Vei
Betong	Plasstøpt betong	Plasstøpt betong	Plasstøpt betong
	Sprøytebetong	Sprøytebetong	Sprøytebetong
	Betongelementer - type betong?	Betongelementer - type betong?	Betongelementer - type betong?
Sement	Sement til injeksjon	Sement til injeksjon	Sement til injeksjon
	Kalksementstabilisering	Kalksementstabilisering	Kalksementstabilisering
Stål	Stål, armering	Stål, armering	Stål, armering
	Stål, spennarmering	Stål, spennarmering	Stål, spennarmering
	Stål, spunt	Stål, spunt	Stål, spunt
	Stål, peler	Stål, peler	Stål, peler
	Stål, konstruksjonsstål		
Annet	Sprengstoff	Sprengstoff	Sprengstoff
	Grus/pukk	Grus/pukk	Grus/pukk
	Asfalt	Asfalt	Asfalt
	Lettklinker/Ekspandert leire	Lettklinker/Ekspandert leire	Lettklinker/Ekspandert leire
	Plast - mest i rør	Plast - mest i rør	Plast - mest i rør
		EPS/XPS	EPS/XPS

