

Randøy, Otto

En scenariobasert analyse av om nullvekstmålet bidrar til eller hindrer oppnåelse av overordnede mål

Masteroppgave i transport

Veileder: Ryeng, Eirin Olaussen

Medveileder: Sager, Tore

Juni 2022

Randøy, Otto

En scenariobasert analyse av om nullvekstmålet bidrar til eller hindrer oppnåelse av overordnede mål

Masteroppgave i transport
Veileder: Ryeng, Eirin Olaussen
Medveileder: Sager, Tore
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Som småskala lokalpolitiker i Lillesand, en «utkant» i Kristiansandsregionen, har jeg delvis vært med i, men for det meste observert, prosesser rundt areal- og transportplanlegging, byvekstavtaler og bompenggeordninger de siste årene. Noen av premissene og diskusjonene har vært egnet til undring over hvordan det forventes at fremtiden kommer til å bli en trendfremskrivning av historisk utvikling.

Avveiningene mellom tiltak, kostnader og effekter for både miljø og innbyggere er ikke alltid like lette å følge heller. Målsettinger kan være laget med utgangspunkt i andre befolkningsmessige og geografiske forhold enn våre lokale. Oslo er på mange punkter ulik Sørlandet, og grep som er riktige for Osloområdet er ikke nødvendigvis riktige overalt. At det blir flere folk i sentrale strøk i alle regioner, og at det trengs til dels harde tiltak for å gjøre regionene bedre å bo og virke i, og å skade miljøet mindre, er klart. Men ikke sjelden ser det ut til å bli tatt for gitt at noen tiltak er gode, andre tiltak er dårlige, uten bakgrunn i utredninger som begrunner slike syn.

Med egen bakgrunn som sivilarkitekt (NTH 1979) har det vært naturlig å søke mer kunnskap. Jeg har derfor benyttet meg av NTNUs ordninger for alumni, og fulgt enkelte emner siden høsten 2020: bærekraft i transport, transportanalyser, planlegging og ITS. Jeg har følt meg velkommen og godt ivaretatt av de ansatte på Institutt for bygg- og miljøteknikk. Særsilt skal nevnes (i alfabetisk rekkefølge) Arvid Aakre, Eirin Ryeng og Trude Tørset.

NTNUs Concept-serie av rapporter (for eksempel Sager, 2017) har også vært en viktig kilde til tanker og kunnskap som bakgrunn for oppgaven. I tillegg vil jeg nevne Lyons og Marsden (2019), som både beskriver usikkerheter planlegging må håndtere, og tvil rundt hvordan etablerte metoder kan håndtere disse usikkerhetene.

I arbeidet med denne rapporten har jeg funnet kunnskap og inspirasjon på mange felter, fra målinger av dieselforbruk til lykkeforskning. De fleste feltene hadde fortjent mye dypere studier og fyldigere referering enn jeg har kunnet gi dem her, men jeg har måttet tilpasse dybde og omfang til den rammen som er gitt for oppgaven, og at forskningsspørsmålene skulle få sine svar i den. Dypere studier kunne ført til mindre usikkerhet for svarene - men ikke en gang det er sikkert, kfr. hva kapittelet om teori og eksisterende kunnskap viser om hvor vanskelig det er å forutsi fremtiden.

Denne masteroppgave-studien utføres i emne TBA4945 *Transport masteroppgave*, som en videreføring av forprosjekt for tilsvarende problematikk i emne TBA4542 *Transport fordypningsprosjekt*. Deler av teksten fra forprosjektrapporten er benyttet også i denne masteroppgaven.

Veiledere har vært professor Eirin Ryeng og professor emeritus Tore Sager, og de har bidratt vesentlig til rapportens struktur og innhold. Dens feil og mangler er derimot mine egne.

Lillesand, 19. juni 2022

Otto Randøy

Sammendrag

Norges overordnede plan for transport er *Nasjonal transportplan* (NTP), som utgis av Regjeringen hvert fjerde år, som stortingsmelding. Denne planen har i sine seneste utgaver alltid hatt et eksplisitt uttrykt sett av overordnede mål. I Meld. St. 20 (2020-2021), som er NTP for perioden 2022 til 2033, er målene satt med ordene *effektivitet, miljøvennlighet og trygghet*.

Et *nullvekstmål* for personbiltrafikk ble beskrevet i NTP som kom i 2013, og har vært gjeldende for de største byene i Norge siden da. Nullvekstmålet sier at økning i persontransport ikke skal skje med bil, men som gange, sykling og med kollektive transportmidler. Målet har vært styrende for mange reguleringer og tiltak, deriblant bompenger og kollektivtilbud. Bypakker, bymiljøpakker, byutviklingsavtaler og byvekstavtaler har vært benyttet av Staten og lokale myndigheter i samarbeid for å både støtte tiltak og begrunne etablering av reguleringer.

I 2021-utgaven av NTP er nullvekstmålet formulert annerledes enn tidligere: det kan forstås som mer fleksibelt enn før på hvor det er foreskrevet å gjelde. Om nullvekstmålet er å anse som et overordnet mål, og hva denne nye formuleringen av nullvekstmålet kan bety i praksis, er en del av bakteppet for studien.

Med sin tilslutning til Parisavtalen og Norges kommunisering av nasjonale mål ifølge denne avtalen, har landet forpliktet seg til å redusere innenlandske utslipp av karbondioksid (CO₂) og andre drivhusgasser innen visse sektorer med opp mot 55% fra 1990-nivå innen 2030. Prosenttallet gjelder ikke direkte for enhver samfunnssektor, men hvis noen sektorer har relativt større vanskeligheter med å nå det, kan andre sektorer måtte gjennomføre enda større reduksjoner. Forpliktelsene er så klart uttrykt at de kan føre til at norsk veitransport må organiseres med miljøvennlighetsmålet utslippsreduksjon prioritert fremfor andre mål. Et av de da aktuelle spørsmålene er om nullvekstmålet bidrar til eller hindrer oppnåelse av utslippsmål.

Hovedtemaene for denne studien er om fremtidsbilder med oppfylt nullvekstmål også gir lavest utslipp, og om det er sammenfall mellom oppfyllelse av nullvekstmålet og oppfyllelse av NTPs overordnede mål. Konkret er dette studiens forskningsspørsmål:

1. Hvordan sammenfaller grad av oppnåelse av nullvekstmål i en region med reduksjon i mengde utslipp av klimagasser?
2. Hvordan sammenfaller oppnåelse av nullvekstmål i en region med oppnåelse av de overordnede målene i Nasjonal transportplan?

Litteratursøk etter forskning på nullvekstmålets egnethet for å nå utslippsmål eller andre mål, gir ikke treff på arbeider som viser om nullvekstmålet er realistisk sett egnet for å redusere utslipp. Nullvekstmålet ser ut til å være et særnorsk fenomen: mange land vil begrense bruk av bil og redusere klimagassutslipp fra transport, men ingen andre uttrykker det som et mål om null vekst i personbiltrafikk. Ny forskning på nullvekstmålets relevans vil derfor kunne være verdifull.

Litteratursøk er også gjort for å vurdere flere metoder som kan gi grunnlag for studiens analyser av fremtidsbilder, og en metode basert på fremsynsmetoden *scenario* er valgt. Transportmodell-sentrerte metoder er påvist å være lite åpne for og ha betydelig usikkerhet ved trendbrudd som kan skje når situasjoner langt frem i tid skal vurderes.

Studiens forskning er gjort ved å beskrive et sett scenarier for år 2030 i den mellomstore norske byregionen Kristiansand (ca. 145.000 innbyggere i 2022), med variasjon i transportsystem og restriksjoner. Scenariene er utforskende innenfor spekteret av det mulige, uten at sannsynligheten for dem er undersøkt. Det er utenfor studiens rammer å beskrive hvordan eventuelt ønskelige scenarier skulle kunne bli virkelighet. Alle scenariene har nær samme veinett. Ulikhetene mellom dem gjelder primært kollektivtilbud og -priser, antall bomsnitt og prisene i dem, parkerings- og kjørerestriksjoner, andeler nye kjøretøytyper som minibusser og elsykler, etablering av innfartsparkeringer, og skisserte Mobility-as-a-Service-systemer (MaaS) som kan integrere betaling for veibruk og parkering for private kjøretøy sammen med bruk av kollektive transportmidler.

Spesifikt utslipp av CO₂-ekvivalenter (CO₂e) for hver transportmåte og fremdriftsteknologi (fossil henholdsvis fornybar energi) som scenariene bruker, er fastsatt med grunnlag i forskningslitteratur om emnet. Både nasjonale utslipp (fra trafikk i regionen) og livssyklusbaserte spesifikke utslipp (Life Cycle Assessment eller LCA, for kjøretøyene og deres bruk) er med. Transportarbeid og trafikkarbeid fordelt på transportmidler er estimert for hvert scenario, og utslipp av CO₂e er beregnet. Det er gjort følsomhetsanalyse for middels og høye andeler kjøretøy på fornybar energi og for lave, middels og høye spesifikke utslipp av klimagasser, for buss og personbil hver for seg. I alt er det 36 følsomhetsvarianter for hvert scenario.

Alle scenariers estimater for alle følsomhetsvarianter viser reduksjon i utslipp innenlands fra 1990 til 2030 med 56% eller mer. Gjennomsnitt av følsomhetsvariantene for hvert scenario spenner fra 68% til 80% reduksjon. For LCA-utslipp viser estimatene at gjennomsnitt av følsomhetsvariantene har 58% til 68% reduksjon fra 2016 til 2030. Det er ikke et uttrykt mål for Norge med en bestemt reduksjon i LCA-utslipp. Politiske diskusjoner kan likevel føre til at reduksjon i LCA-utslipp blir viktigere i fremtiden.

Estimatene av trafikkarbeid viser at scenariene har ulik oppfyllelse av nullvekstmålet. Å nå nullvekstmålet har i studiens data ikke sammenfall med størst reduksjon i utslipp av klimagasser. Resultatene kan indikere at nullvekstmålet gir større utilsiktede enn tilsiktede konsekvenser – det ser snarere ut til at man oppnår større utslippsreduksjon ved å *ikke* prøve å nå nullvekstmålet. Dette gjelder for både nasjonale utslipp og LCA-utslipp: scenariene har nær samme rangering på reduksjon av begge typer utslipp. Hvis det er et eksplisitt mål å redusere utslipp med en viss prosent eller så mye som økonomisk-praktisk mulig, vil det sannsynligvis lede til mer effektiv virkemiddelbruk – større utslippsreduksjon, mindre ressursbruk, bedre forhold for innbyggerne – om de operative målene gjelder utslipp, ikke omfang av personbiltrafikk.

Studiens data gir indikasjoner for hva som er klimamessig effektiv kollektivtransport. Dieselbusser ser ut til å måtte ha minst ca. 9 passasjerer i gjennomsnitt for å være gunstigere på utslipp enn dieselpersonbiler. For elbusser mot elbiler er vippepunktet for utslipp-konkurransedyktighet ca. 7 passasjerer i gjennomsnitt. Et optimalt transportsystem må utnytte de ulike transportmidlenes styrker. Busstilbud har sin plass og trengs for noen brukere, men effektive elbiler, med sine vesentlig lavere utslipp enn fossilbiler, er klimamessig godt egnet til å utføre transportarbeid utenfor sentrale strøk. Resultater i studien gir også grunnlag for å spørre om sentralisering som klimatiltak er like gyldig i fremtiden.

Åpningen som er gitt i gjeldende NTP med det reviderte nullvekstmålet, at hver region kan definere en ytre sone der nullvekst ikke er et mål, er ut fra studiens resultater et skritt i

riktig retning for bedre klima. Men NTP kunne ha satt krav om bruk av stor ytre sone, med sannsynligvis enda lavere utslipp i regionene som resultat.

Scenarienes egenskaper med hensyn på oppnåelse av NTPs overordnede mål er belyst gjennom en kvalitativ undersøkelse der et utvalg fagpersoner har gitt sine bedømmelser. Med den valgte metoden har det vist seg vanskeligere enn forventet å få inn svar. Det er kun fire respondenter, noe som ikke gir grunnlag for å analysere hvordan scenariene er på oppnåelse av de overordnede målene i NTP. Endret metode, eventuelt med en større innsats for å få inn bedømmelser, ville vært nødvendig for å svare på forskningsspørsmål nr. 2.

Summary

A *zero-growth target* for passenger car traffic has been pursued for the largest cities in Norway for the last approximately ten years: increases in person transport should come as walking, cycling and use of public transport, not car use. The target has governed the establishment of many regulations and initiatives, e.g., as road tolls and for public transport.

The hierarchically top-most official Norwegian transport plan document, *Nasjonal transportplan* (NTP), which is renewed every four years, has its own set of objectives. In the 2021 version, Meld. St. 20 (2020-2021), which is valid for 2022 to 2033, the main objectives are *efficiency*, *environment friendliness* and *safety*. The zero-growth target is also included in the NTP, but not specified as a top-level objective.

Norway has obligations following the Paris agreement regarding greenhouse gas (GHG) emissions. Fulfilling these obligations is demanding, and may cause the prioritising of emission reduction from transport above other objectives.

A pertinent question is whether the zero-growth target assists in or hinders reaching the transport plan objectives, with the environment as a possible first priority. Literature search for existing research on the effects of the zero-growth target for reaching emissions or NTP goals renders very sparse results, causing the conclusion that Norway is the only country with a zero-growth target, and that the zero-growth target as an appropriate sub-level goal for reaching emissions goals is not supported in relevant research.

This study researches the question through creation of a set of scenarios for a selected Norwegian largish city region for 2030, the Kristiansand region (population about 145,000 in 2022). Attainment of the zero-growth target varies in the scenarios. The scenarios are compared for their estimated emissions of greenhouse gases (CO_{2e}) held up against their projected attainment of the zero-growth target.

A scenario-based method is used to avoid weak aspects of projections based heavily on transport models. Analysis supporting this choice of method is included in the study. The scenarios that are created are exploratory, within the realm of the possible, and as state scenarios without description of how they could come to be.

As an aside, the literature search for research regarding objectives in transport planning led to papers that emphasised the relevance of happiness research to determine the best policies. Norwegian practice may be somewhat lacking in this regard.

Emissions are estimated in the study, through the estimation of transport work and traffic volumes, and use of specific emissions for the different transport modes (which themselves are the result of literature studies). Attainment of the NTP goals is attempted determined through a series of sessions with selected persons with expertise or experience in the field of area and transport planning, where each person has anonymously filled out a grade card with three grades for each of the scenarios.

To take account of the uncertainty of future values and test the robustness of possible conclusions, emissions estimates are done with varied specific emissions (per vehicle-km) and proportions of electrified versus fossil buses and cars. 36 uncertainty variants are made for each scenario.

The pattern of variation among the 36 uncertainty variants within each scenario is near the same across scenarios. The scenarios may thus be compared, with some uncertainty, based on averages or medians of each scenario's variants.

For all 36 uncertainty variants (per scenario) of all scenarios, the reduction in national CO₂e emissions because of traffic in the Kristiansand region is at least 56% from 1990 to 2030. Averages of the variants for each scenario span from 68% to 80% reduction.

For lifecycle (LCA) emissions for the vehicles and their operation, the reduction from 2016 to 2030 in averages of emissions in the scenarios span from 58% to 68%. Some uncertainty variants in some scenarios do not reach 55% reduction, but Norway does not have an expressed goal for LCA emissions reduction. Political discussions may, however, lead to such a goal being established.

The degree of reaching the zero-growth target has no discernable co-variation with emissions reduction in the scenarios in this study. Rather, it looks like considerably better emissions reductions may be realised by not trying to reach the zero-growth target. This applies to both national and LCA emissions. The data of this study indicate that the law of unintended consequences applies in this case: when society tries to govern for the attainment of one goal (here zero car use growth), the effects on the attainment of other goals (total emissions from transport) can be the opposite of what is desired. If there is a goal to reduce emissions by X%, it would probably lead to more efficient use of regulations and resources to set this goal explicitly, and not set a substitute goal.

This study's data indicates that a diesel bus needs on average at least 9 passengers to be equal to a diesel car emission-wise. For electric buses against electric cars (EVs), the equality point is around 7 bus passengers. An emission-optimal transport system needs to apply transport modes according to their strengths, and take this into account. The results in this study indicate that in not very densely populated regions in Norway, the area where buses are best for emissions is smaller than previously thought. The results also show that GHG emission arguments for policies and regulations to stimulate concentrating the pattern of habitation, are weakened when transport is electrified.

The scenarios' abilities in reaching the general NTP goals of efficiency, environment friendliness and safety have not been determined in this study. The number of respondents in the qualitative survey is so low, with four respondents, that no valid conclusions in this area can be drawn. A larger effort, potentially with other methods than those used in this study, would be required to have better data for the discussion and possible conclusions on this.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	5
Summary	9
Innholdsfortegnelse	11
Figurfortegnelse	13
Tabellfortegnelse	14
1. Innledning	17
1.1. Bakgrunn og begrunnelse for temaet	17
1.2. Mål med studien, forskningsspørsmål	19
1.3. Om rapportens struktur	19
2. Teori og eksisterende kunnskap	21
2.1. Litteratursøk	21
2.2. Overordnede mål i transportsektoren	22
2.2.1. Litteraturstudium	22
2.2.2. Diskusjon	23
2.3. Nullvekstmålets relevans for oppnåelse av overordnede mål	24
2.3.1. Litteraturstudium	24
2.3.2. Oppsummering og diskusjon kunnskapsstatus; forskningsbehov	27
2.4. Litteraturstudium metoder for fremtidsbilder	28
2.5. Litteraturstudium estimerings- og vurderingsmetoder	29
2.5.1. Transportmodeller for estimering av transportarbeid	30
2.5.2. Påvirkning av transportarbeid, transportmiddelfordeling	31
2.5.3. Estimering av utslipp av klimagasser (CO ₂ e)	35
2.5.4. Bedømmelse av scenariers oppnåelse av de overordnede målene	36
2.5.5. Metoder for utførelse av vurdering av scenarier	37
2.6. Oppsummering	39
3. Metoder	41
3.1. Diskusjon hovedvalg forskningsdesign og metode (analytisk tilnærming)	41
3.2. Metode for svar på forskningsspørsmål nr. 1	43
3.3. Metode for svar på forskningsspørsmål nr. 2	46
3.4. Svakheter og begrensninger ved valgt forskningsdesign	48
3.5. Ethiske overveielser og persondata	49
4. Scenarier	51
4.1. 2016: «nåsituasjonen»	56
4.2. Scenario 1: nullalternativ 2030	57
4.3. Scenario 2: BMA-grunnlaget	59
4.4. Scenario 3: BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2	61
4.5. Scenario 4: bomtakster, innfartsparkeringer	62
4.6. Scenario 5: parkeringsrestriksjoner i sentrum	63
4.7. Scenario 6: nye kjøretøytyper	64
4.8. Scenario 7: store innfartsparkeringer	66
4.9. Scenario X	68
4.10. Oppsummering scenarier	68
5. Utslipp av klimagasser	71
5.1. Spesifikke utslippsfaktorer	71
5.1.1. Innsamling av utslippsfaktorer fra forskning og utredninger	72
5.1.2. Diskusjon, utslippsfaktorer å bruke i estimeringer	73
5.2. Omregning fra transportarbeid til trafikkarbeid	76
5.3. Utslipp i scenariene	78
5.4. Sammenstillinger	81

5.5. Følsomhetsanalyse, usikkerhet.....	86
5.6. Beregning av reduksjoner.....	87
5.7. Sammendrag utslipp av klimagasser.....	89
6. Oppnåelse av overordnede mål i NTP.....	91
6.1. Innleverte bedømmelser.....	91
7. Diskusjon.....	93
7.1. Utslipp av klimagasser.....	93
7.1.1. Usikkerheter.....	93
7.1.2. Målet om 55% reduksjon fra 1990 til 2030 - nasjonale utslipp.....	93
7.1.3. Reduksjon fra 2016 til 2030 - LCA-utslipp.....	94
7.1.4. Utslipp sammenholdt med oppnåelse av nullvekstmålet.....	94
7.2. Oppnåelse av overordnede mål i NTP.....	98
8. Konklusjoner.....	101
9. Referanser.....	105
Vedlegg A. Transportarbeid i scenarier.....	111
A.1. Scenario 4.....	111
A.2. Scenario 5.....	113
A.3. Scenario 6.....	115
A.4. Scenario 7.....	116
Vedlegg B. Utslipp i scenariene.....	123
Vedlegg C. Andre usikkerheter.....	133
C.1. Usikkerhet ved estimert transportarbeid.....	133
C.2. Usikkerhet ved passasjerbelegg buss.....	136
C.3. Usikkerhet ved strømmiks.....	137
Vedlegg D. Enda lavere og høyere elektrifiseringsgrad.....	139
D.1. Resultater.....	139
D.2. Diskusjon.....	145
Vedlegg E. Dokument med informasjon til respondentene.....	147

Figurfortegnelse

Figur 2.1. Hypotesen om sammenheng mellom modellkompleksitet og usikkerheter.....	30
Figur 2.2. Kjøretøytyper og deres plassbehov.....	33
Figur 2.3. Microlino.....	33
Figur 3.1. Vurdering av tiltak i scenarier.....	48
Figur 3.2. Skjema for bedømmelse av scenariers måloppnåelse.....	48
Figur 4.1. Kristiansands plassering i Norge.....	51
Figur 4.2. Kristiansandsregionen med befolkningstetthet.....	51
Figur 4.3. Ytre ringvei utenom Kristiansands sentrale områder.....	53
Figur 4.4. Viktige tiltakssammenhenger mellom de sju scenariene.....	55
Figur 4.5. Kartskisse for elementer i scenario 1 og 4.....	57
Figur 4.6. Kartskisse for elementer i scenario 2 og 3.....	59
Figur 4.7. Kartskisse for elementer i scenario 5.....	63
Figur 4.8. Kartskisse for elementer i scenario 6.....	64
Figur 4.9. Kartskisse for elementer i scenario 7.....	66
Figur 5.1. Utslipp av klimagasser i 2016.....	79
Figur 5.2. Utslipp av klimagasser i scenario 1.....	79
Figur 5.3. Utslipp av klimagasser i scenario 2.....	80
Figur 5.4. Utslipp av klimagasser i scenario 3.....	80
Figur 5.5. Utslipp av klimagasser i scenario 4.....	80
Figur 5.6. Utslipp av klimagasser i scenario 5.....	80
Figur 5.7. Utslipp av klimagasser i scenario 6.....	81
Figur 5.8. Utslipp av klimagasser i scenario 7.....	81
Figur 5.9. Utslipp i Norge: spredning for følsomhetsvariantene i scenariene.....	82
Figur 5.10. LCA-utslipp: spredning for følsomhetsvariantene i scenariene.....	83
Figur 5.11. Utslipp av klimagasser - karakteristiske utslippsmengder i scenariene.....	84
Figur 5.12. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon andeler fornybar energi.....	85
Figur 5.13. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon utslippsfaktorer.....	86
Figur A.1. Fordeling av reiser på reiselengder ifølge Grue (2021).....	118
Figur A.2. Weibull-fordeling bussreiselengder.....	119
Figur A.3. Weibull-fordeling personbilsjåfør-reiselengder.....	119
Figur D.1. Utslipp i Norge: 60% til 80% elektrifisering buss og bil.....	139
Figur D.2. LCA-utslipp: 60% til 80% elektrifisering buss og bil.....	140
Figur D.3. Utslipp i Norge: 90% til 100% elektrifisering buss og bil.....	142
Figur D.4. LCA-utslipp: 90% til 100% elektrifisering buss og bil.....	143

Tabellfortegnelse

Tabell 2.1. Litteratursøk som er foretatt	21
Tabell 2.2. Nøkkelord i overordnede målformuleringer i NTP	23
Tabell 2.3. Noen tiltaks mulige virkninger på utslipp av CO ₂ e	24
Tabell 2.4 Tiltak og virkninger på bil-km og utslipp	26
Tabell 2.5. Konsekvenstyper i konsekvensanalyse ifølge Vegdirektoratet	36
Tabell 2.6. Rangeringseksempel ifølge Vegdirektoratet	38
Tabell 3.1. Oversikt over forskningsprosessen	43
Tabell 3.2. Oppsett utslipp per dag i et scenario	44
Tabell 3.3. Momenter for vurdering forskningsspørsmål nr. 2	46
Tabell 4.1. Transportarbeid i nåsituasjon 2016	56
Tabell 4.2. Transportarbeid i scenario 1	58
Tabell 4.3. Transportarbeid i scenario 2	59
Tabell 4.4. Transportarbeid i scenario 3	61
Tabell 4.5. Transportarbeid i scenario 4	62
Tabell 4.6. Transportarbeid i scenario 5	63
Tabell 4.7. Transportarbeid i scenario 6	65
Tabell 4.8. Transportarbeid i scenario 7	67
Tabell 4.9. Oversikt scenarier	68
Tabell 4.10. Oversikt scenariers transportarbeid og oppnåelse av nullvekstmål	69
Tabell 5.1. Spesifikke utslippsfaktorer som trengs	71
Tabell 5.2. Spesifikke utslippsfaktorer som benyttes	76
Tabell 5.3. Omregning fra pkm til kjtkm for transportmåtene	77
Tabell 5.4. Utregning av trafikkarbeid (pkm til kjtkm) for transportmåtene	77
Tabell 5.5. Følsomhetsanalyse: utslippsfaktor og nullutslippsandel i scenariene	79
Tabell 5.6. Utslipp av klimagasser - karakteristiske utslipp i scenariene	84
Tabell 5.7. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon andeler fornybar	85
Tabell 5.8. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon utslippsfaktorer	85
Tabell 5.9. Reduksjoner i nasjonale utslipp versus 1990	87
Tabell 5.10. Reduksjoner i LCA-utslipp versus 2016	88
Tabell 6.1. Respondentenes yrkesbakgrunn	91
Tabell 6.2. Respondentenes bedømmelser av scenarienes effektivitet	91
Tabell 6.3. Respondentenes bedømmelser av scenarienes miljøvennlighet	91
Tabell 6.4. Respondentenes bedømmelse av scenarienes trygghet	92
Tabell 7.1. Reduksjoner og rangering, nullvekstmåloppnåelse og rangering	95
Tabell 7.2. Utslipp i Norge per passasjerkilometer i scenariene	96
Tabell 7.3. LCA-utslipp per passasjerkilometer i scenariene	96
Tabell 7.4. Vippepunkt passasjerantall med følsomhetsvarierte utslippsfaktorer	96
Tabell A.1. Virkninger liknende tiltak som 50 % bomtakstøkning	112
Tabell A.2. Estimering transportarbeid i scenario 4	113
Tabell A.3. Virkninger parkeringsrestriksjoner	114
Tabell A.4. Estimering transportarbeid i scenario 5	114
Tabell A.5. Estimering transportarbeid i scenario 6	115
Tabell A.6. Estimering transportarbeid i scenario 7	120
Tabell A.7. Estimering minibusskjøring en hverdag	121
Tabell B.1. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i 2016	123
Tabell B.2. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 1	124
Tabell B.3. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 2	125
Tabell B.4. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 3	126
Tabell B.5. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 4	127
Tabell B.6. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 5	128

Tabell B.7. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 6.....	129
Tabell B.8. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 7.....	130
Tabell C.1. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 til 4.....	134
Tabell C.2. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 via 4 til 5.....	134
Tabell C.3. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 via 4 til 6.....	134
Tabell C.3. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 via 4 til 6.....	134
Tabell C.4. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 via 4 til 7.....	135
Tabell C.5. Reduksjoner med belegg 10,39 som utgangspunkt i 2016.....	136
Tabell C.6. Reduksjoner med belegg 17 som utgangspunkt i 2016.....	136
Tabell C.7. Utslippsfaktorer ved strøm til 0 g, 15 g og 30 g utslipp per kWh.....	137
Tabell C.8. Reduksjoner med strøm 2030 til 0 g per kWh.....	137
Tabell C.9. Reduksjoner med strøm 2030 til 30 g per kWh.....	137
Tabell D.1. Utslipp av klimagasser - 60% til 80% elektrifisering.....	139
Tabell D.2. Reduksjon i utslipp av klimagasser - 60% til 80% elektrifisering.....	142
Tabell D.3. Utslipp av klimagasser - 90% til 100% elektrifisering.....	142
Tabell D.4. Reduksjon i utslipp av klimagasser - 90% til 100% elektrifisering.....	145

1. Innledning

Empiriske data alene kommer til kort når det er liten grunn til å tro at fremtiden vil bli lik fortiden. (Sager, 2017, s. 12)

Planleggingens kjerne er å tenke fremover i tid. Kunnskap er basert på det som har vært og er. Man står altså overfor dilemmaet å planlegge for noe man kjenner lite til, ved hjelp av kunnskap man ikke kjenner relevansen av.

For «tidene» har alltid forandret seg. Hastigheten de forandrer seg med varierer, men mye tyder på at vi nå står overfor større endringer på kortere tid – både inkrementelle endringer og trendbrudd – enn noen gang før. Lyons og Marsden (2019, s. 596) nevner endringer i etterspørsel etter reiser, innflytelsen fra klimaendringer, overgangen bort fra fossile drivstoff, endringer i kostnader og avgifter (og måter å ilegge avgifter på), utviklingen innen IT som påvirker transportmidlene og bruksmåtene (inkludert utviklingen mot automatiserte og intelligente kjøretøy), i tillegg til de «tradisjonelle» påvirkere som befolkningsvekst, økonomisk vekst, drivstoffkostnader og disponeringen av arealer. Hvordan gjøre planlegging når tidshorizonten er lang og (går)s dagens løsnings gyldighet er uklar?

Både metoder i og påliteligheten ved planleggingen fortjener å bli undersøkt, og blir det. NTNUs Concept-serie av rapporter gjelder dette. Lyons og Marsden (2019) beskriver hvordan trendfremskrivninger kan ha i seg kjente og ukjente usikkerheter, hvordan planlegging i praksis kan ubevisst overse eller bevisst se bort fra utviklingstrekk, og hvordan et annet planleggingsparadigme enn trendfremskrivning kunne være bedre egnet til å håndtere risiko som usikkerhetene innebærer. Denne studien er laget ut fra ønsket om å undersøke en konkret problematikk i dette bildet.

Det skal gjøres klart at bruken av ordet *overordnet* i studiens tittel skal forstås strengt. De ulike utgavene av Nasjonal transportplan (NTP) som er kommet gjennom årene, har alle sin formulering av overordnede mål, som gjennomgås i underkapittel [2.2. Overordnede mål i transportsektoren](#) under [2. Teori og eksisterende kunnskap](#). Disse målene er overordnede for transportsektoren som helhet. Det kan finnes overordnede mål for delprosjekter sett for seg, men de vil likefullt være underordnet NTPs overordnede mål.

De videre underkapitlene her er [Bakgrunn og begrunnelse for temaet](#) (1.1), [Mål med studien, forskningsspørsmål](#) (1.2) og [Om rapportens struktur](#) (1.3).

1.1. Bakgrunn og begrunnelse for temaet

Areal- og transportplanlegging står for eller påvirker prioriteringer, reguleringer, ressursbruk og kostnader som griper dypt inn i mange menneskers liv og bedrifters/organisasjoners virksomhet, og har virkninger for årtier fremover. Infrastruktur vil oftest ha en levetid på desennier, og bosettingsmønstre kan påvirkes for flere generasjoner (Myers og Kitsuse, 1999, s. 1-2). I en tid med høyere sannsynlighet for trendbrudd i teknologi og bruk av den, med store utslag for økonomi og miljøbelastninger, kan andre grep enn tradisjonell trendfremskrivende transportplanlegging være mer relevant. Det er betydningsfullt å redusere risikoen for at det blir planlagt og iverksatt løsninger som kan vise seg å ikke være optimale. Konsekvensene ved ikke-optimale løsninger er alvorlige: enten dårligere levekår eller større klimaendringer enn nødvendig – eller både dyrt og dårlig samtidig.

Nullvekstmålet har vært betonet i ca. ti år i areal- og transportplanlegging for byregionene i Norge. Det kom inn i norsk planvirkelighet i *Norsk klimapolitikk*, også kalt klimameldingen, i

2012 (Meld. St. 21 (2011-2012)). I utgaver av NTP før dette har det vært foreskrevet satsing på kollektive transportmidler og restriksjoner for privatbiler, men i klimameldingen heter det eksplisitt «Ha som mål at veksten i persontransporten i storbyområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange. I og omkring storbyområdene skal kollektivformål og sykkeltiltak gis økt prioritet ved fordeling av samferdselsbevilgningene.» (Meld. St. 21 (2011-2012), s. 120). Dette er den opprinnelige formuleringen av nullvekstmålet, og bakgrunnen er at Norge nærmer seg å ha konkrete mål for reduksjon i utslipp av klimagasser (primært CO₂).

Formuleringen fra klimameldingen ble tatt inn i NTP 2014-2023 (Meld. St. 26 (2012-2013)). Tekst andre steder i dokumentet indikerer at det er privatbiltransport som nullvekstmålet gjelder for, mens næringstransport av personer er unntatt fra målet (ibid, s. 37 og 140).

Omtrent samme utforming av nullvekstmålet står i NTP for 2018-2029 – det formuleres slik: «Regjeringen viderefører målet om at veksten i persontransporten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange» (Meld. St. 33 (2016-2017), s. 145). Det sies også at «Nullvekst i persontransport med bil vil også være et gode for kollektivtransporten og næringslivet som har behov for forutsigbarhet og god framkommelighet» (ibid, s. 147). I denne NTPen beskrives nullvekstmålets historikk i noen plandokumenter, og det henvises til *Lavutslippsutredningen* (Bråten et al., 2015) som har beregnet mulige reduksjoner i utslipp fra transport i de ni største byområdene. Disse dokumentene gjennomgås i kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#).

Rapporten *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet* (Ekspertutvalget, 2019) ble lagt frem før neste NTP, og skulle være en del av kunnskapsgrunnlaget for det kommende NTP-arbeidet. Denne rapporten påpeker at det må skilles mellom mål og virkemidler, og at «nullvekstmålet bør revideres og erstattes med et mål som peker på det vi faktisk ønsker oss, eksempelvis mindre kø eller frigjøring av arealer til andre formål» (ibid, s. 5).

Samferdselsminister Knut Arild Hareide sendte ut et brev 8. juni 2020 (Samferdselsdep., 2020) til berørte parter med informasjon om en «justert» eller «videreutviklet» målformulering: «Klimagassutslipp, kø, luftforurensing og støy skal reduseres gjennom effektiv arealbruk og ved at veksten i persontransporten tas med kollektivtransport, sykling og gange» (ibid, s. 1). Ordet «gjennom» ordner setningen i en mål-del først og en middel-del etter. Skrivemåten er en spesifisering av at de nevnte midlene (etter «gjennom») anvendes for å nå de nevnte målene (foran «gjennom»). Det må da være riktig å si at setningen ikke instruerer om bruk av midlene dersom de ikke bidrar til å nå målene. Med andre ord: nullvekstmålet gjelder i den grad det bidrar til bedre miljø og/eller mindre kø. Et slikt utsagn kan snus logisk: nullvekstmålet gjelder ikke der det ikke bidrar til bedre miljø eller mindre kø. Dette er et stykke på vei i tråd med forslagene i Ekspertutvalget (2019).

Brevet fra samferdselsministeren sier også at måling av måloppnåelse kan gjøres med tellinger (årsdøgntrafikk, ÅDT) av lette kjøretøy på strategiske steder i stedet for beregning av all kjøring basert på reisevaneundersøkelser (Samferdselsdep., 2020). Avtaleområdet kan deles i inntil tre soner, med en sentral sone, en mellomsoner og en ytre sone. Den ytre sonen «vil omfatte mer spredtbygde strøk, der det ikke er samme grunnlag for å bygge ut et godt kollektivtilbud, og der det kan godtgjøres at hensynene bak nullvekstmålet ikke er til stede» (ibid, s. 2). I en soneinndelt modell vil det ikke trenge tellepunkter her, altså at endring i trafikkvolum i ytre sone ikke har betydning for oppnåelse av nullvekstmålet.

Brevet fra samferdselsministeren har også instruks til Statens vegvesen om hvordan den justerte målformuleringen skal følges opp (Samferdselsdep., 2020). Det åpnes for at en

byregion kan ha mer ambisiøse mål enn regjeringens, og at forhandlinger om byvekstavtaler skal kunne håndtere det. Men samferdselsdepartementets holdning er at ytre deler av byområdene ikke trenger nullvekstmål.

Med NTP for 2022-2033 er den justerte målformuleringen på plass som målformulering for de større byområdene (Meld. St. 20 (2020-2021), s. 110). Som hovedformulering for all transport i Norge har den dette helt i starten av dokumentet: «Et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem er en av de viktigste bærebjelkene i et moderne samfunn, og en viktig forutsetning for verdiskaping og velferd» (ibid, s. 9). De helt overordnede målene er dermed i kortform effektivitet, miljøvennlighet og trygghet.

Det kan spørres om deler av Norge er tjent med det opprinnelige, bredt formulerte nullvekstmålet, eller om det justerte områdebegrensede nullvekstmålet er mer saksvarende, hvis man ser det opp mot utslippsmål og/eller de overordnede NTP-målene.

1.2. Mål med studien, forskningsspørsmål

Denne studien foretar én type undersøkelse av om det for måloppnåelse i et område utenfor Osloregionen er tjenlig med et bredt formulert nullvekstmål. Studien gjør dette ved å beskrive, estimere og analysere alternative scenarier for en middels stor norsk byregion, Kristiansandsregionen, sett under ett. Det beskrives et sett av fremtidsbilder, med og uten tenkte trendbrudd, med varierende oppnåelse av det brede nullvekstmålet i de ulike bildene. Oppnåelse av både utslippsmål og NTPs overordnede mål undersøkes. Av dette kan følge indikasjoner på om nullvekstmålet bør få en mindre plass i norsk areal- og transportplanlegging, slik siste NTP legger opp til med sin justerte målformulering (Meld. St. 20 (2020-2021), s. 110).

For å nå målet innenfor studiens rammer, må spørsmålsstillingen begrenses og presiseres. Utslippsmål følger av forpliktelser Norge har internasjonalt, og dette undersøkes som en egen kvalitetsdimensjon ved scenariene. Det er flere måter å regne klimagassutslipp på. To prinsipielt ulike beregningsmåter er lokale (eventuelt nasjonale) utslipp og livssyklusutslipp. Studien estimerer både nasjonale utslipp og livssyklusutslipp for scenariene, slik at analysene og mulige konklusjoner kan ta hensyn til begge.

De overordnede målene som det også vurderes mot, er NTPs mål om effektivitet, miljøvennlighet og trygghet (se underkapittel [Overordnede mål i transportsektoren](#)).

Spørsmål som skal besvares med basis i studiens sett av scenarier og estimatene for og bedømmelsene/analysene av dem, er dermed

1. Hvordan sammenfaller grad av oppnåelse av nullvekstmål i en region med reduksjon i mengde utslipp av klimagasser?
2. Hvordan sammenfaller oppnåelse av nullvekstmål i en region med oppnåelse av de overordnede målene i Nasjonal transportplan?

Scenariene som konstrueres, er designet ut fra behovene som ligger i disse spørsmålene. De er ikke tenkt å være dekkende for alle variasjoner som en ville ha nytte av i en reell fremtidsplanlegging. Dette utdypes i kapittel 4 [Scenarier](#).

1.3. Om rapportens struktur

Innledningen, dette kapitlet, gir bakgrunnen for valg av tema, samt formulering av forskningsspørsmål. Kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#) beskriver dokumenter og forskning som handler om overordnede mål i norsk transportsektor, og om nullvekstmålets

relevans for oppnåelse av mål. Annen litteratur som er grunnlag for valg av og bruk av metoder gjennomgås også. Kapittel 3 [Metoder](#) diskuterer og beskriver metodene som studien bruker for å svare på forskningsspørsmålene, herunder begrunnelsen for og bruken av scenariometoden. Kapittel 4 [Scenarier](#) omhandler selve scenariene, med beskrivelser av fysiske forhold og estimerte transportmengder. Kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#) finner spesifikke data for utslipp og estimerer trafikkarbeid og reduksjoner, og kapittel ?? [Oppnåelse av overordnede mål i NTP T1](#) beskriver hvordan scenariene er bedømt for oppnåelse av overordnede mål. Kapittel 7 [Diskusjon](#) diskuterer resultatene, og konklusjoner står i kapittel 8 [Konklusjoner](#).

Referansene det er henvist til gjennom hele denne rapporten, listes opp i kapittel 9 [Referanser](#).

I [Vedlegg A](#) dokumenteres estimering av transportarbeid i scenarier. [Vedlegg B](#) gir de underliggende tallene for utslipp som vises i figurer og tabeller i kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#), og [Vedlegg C](#) inneholder utdyping av noen usikkerhetsforhold ved estimering av transportarbeid og konsekvenser av dem. [Vedlegg D](#) viser estimerer for utslipp med lavere henholdsvis høyere elektrifiseringsgrad buss og bil i 2030 enn i følsomhetsanalysen i hoveddelen av studien. [Vedlegg E](#) gjengir dokumentet som ble sendt til respondentene (se kapittel 6 [Oppnåelse av overordnede mål i NTP](#)) med informasjon om scenariene og respondentoppgaven.

2. Teori og eksisterende kunnskap

Om man ikke vet noe, kan det likefullt klassifiseres (Walker et al., 2010, s. 918):

Level 1 uncertainty is any uncertainty that can be described adequately in statistical terms. (...)

Level 2 uncertainty implies that there are alternative, trend-based futures and/or different parameterizations of the system model, and some estimate can be made of the probability of each of them. (...)

Level 3 uncertainty represents deep uncertainty about the mechanisms and functional relationships being studied. We know neither the functional relationships nor the statistical properties, and there is little scientific basis for placing believable probabilities on scenarios. In the case of uncertainty about the future, Level 3 uncertainty is often captured in the form of a wide range of plausible scenarios.

Level 4 uncertainty implies the deepest level of recognized uncertainty; in this case, we only know that we do not know. (...)

Total ignorance. (...)

Dette kapitlet beskriver mye man vet, og noe man vet at man ikke vet - når den aktuelle fremtiden er langt unna øker usikkerheten. Kapitlet innledes med beskrivelse av hvordan litteratursøk er gjort (2.1). Deretter følger underkapitler om litteraturstudiene som er gjort for de ulike delene av studien: overordnede mål (2.2) med funn og diskusjon, nullvekstmålets relevans (2.3) med funn og oppsummering status, metoder for fremtidsbilder (2.4), og estimerings- og vurderingsmetoder (2.5). En oppsummering følger til slutt (2.6).

2.1. Litteratursøk

Studiens tema er om nullvekstmålet støtter eller hindrer oppnåelse av Norges overordnede mål for transportsektoren. Det er i og for seg interessant med fordypning i hvordan de overordnede målene kan nås, eller hvordan nullvekst kan nås som eget mål, men denne studiens tema er å bedømme egnetheten av det ene målet om nullvekst i personbiltransport for å oppnå de overordnede målene. Mye forskning faller derfor utenfor når litteratur skal refereres (se Tabell 2.1, der antall treff er høyere enn antall benyttede funn).

Litteratursøk har vært utført i regjeringens og Agder fylkeskommunes nettsider, NTNU Innsida Oria og Scopus, og i Google Scholar. Tabell 2.1 viser en oversikt over foretatte søk og relevante resultater. I tillegg har lesing av funne dokumenter gitt info om konkrete andre dokumenter og rapporter, som da er lokalisert med spesifikke søk i Oria eller med vanlig Google-søk. Endelig har veilederne tipset om interessante dokumenter.

Tabell 2.1. Litteratursøk som er foretatt

Kilde	Søkestreng	Antall treff	Relevante/interessante resultater
Regjeringen	"nasjonal transportplan" (innholdstype Meldinger, departement Samferdselsdepartementet)	28	St.meld. nr. 16 (2008-2009) Meld. St. 26 (2012-2013) Meld. St. 33 (2016-2017) Meld. St. 20 (2020-2021)
Regjeringen	"norsk klimapolitikk" (innholdstype Meldinger, departement Klima- og miljødepartementet)	24	Meld. St. 21 (2011-2012)
Regjeringen	nullvekstmål	77	Samferdselsdep., 2020
Agder fylkes- kommune	byvekstavtale	8	[ingen direkte dokumenttreff, men https://agderfk.no/vare-tjenester/samferdsel/samarbeid-og-nettverk/byvekstavtale-for-kristiansandsregionen/]
Innsida Oria	nullvekstmål	22	Meld. St. 33 (2016-2017) Vestgård og Wensaas, 2021
Innsida Oria	"zero car growth"	9	-
Innsida Oria	urban "travel mode choice" metrics	187	Wang og Ross, 2018 Javaid et al., 2020
Innsida Oria	"mobility as a service"	9391	Ackermann, 2021 Liljamo et al., 2020 Hensher et al., 2021 Hensher et al., 2022
Innsida Oria	micromobility	1110	Bahrami og Rigal, 2021 Fearnley, 2021 Reck et al., 2021 Galan et al., 2021
Innsida Oria	"happiness research" urban transport	110	Hansen, 2015 Mattauch og Hepburn, 2016 Pfeiffer, 2016 Duarte et al., 2010
Scopus	nullvekstmål	0	-
Scopus	"zero car growth"	0	-
Scopus	scenario AND method AND "transport planning"	92	Lyons og Marsden, 2019 Shiftan et al., 2003
Scopus	co2 AND emissions AND urban AND transport AND vehicle (kun Conference Papers)	113	Braun og Rid, 2017
Scholar	nullvekstmål	78	Østli et al., 2017 Korsbakken et al., 2021 Krogstad og Leknes, 2020 Sanner et al., 2018
Google	comparison co2 emissions by modes of transport	10000+	Our World In Data, 2021 TNMT, 2021

2.2. Overordnede mål i transportsektoren

2.2.1. Litteraturstudium

Stortingsmeldingene med Nasjonal transportplan (NTP) gjennom tidene er hovedkilde for overordnede mål i transportsektoren.

Det er NTP for 2022-2033 (Meld. St. 20 (2020-2021)) som er gyldig nå. Den formulerer sine egne mål, men henviser også til mål som Norge har forpliktet seg på internasjonalt. FN vedtok 17 bærekraftsmål i 2015, og de er gjeldende for norsk transportsektor (ibid, s. 33-34). EU har utformet en mobilitetsstrategi (ibid, s. 34) som har betydning for Norge på

grunn av EØS-medlemskapet. Det gis mål som skal nås innen milepælsårene 2030, 2035 og 2050, blant annet om 90% reduksjon i klimagassutslipp innen 2050. Norge har også i forbindelse med Parisavtalen forpliktet seg til å nå 55% reduksjon i klimagassutslipp innen 2030 (ibid, s. 36), målt mot nivået i 1990.

Nullvekstmålet kom inn i NTP 2014-2023 (Meld. St. 26 (2012-2013)), og utviklingen i målene skal følges fra denne utgaven og fremover. Første avsnitt i denne NTPens innledning (ibid, s. 14) sier at det skal utvikles et «moderne og fremtidsrettet transportsystem som gjør trafikkavviklingen enklere, raskere og sikrere». Bedret trafiksikkerhet og begrensning av miljøskadevirkninger nevnes også. Regjeringens overordnede mål for transportpolitikken står eksplisitt: «Å tilby et effektivt, tilgjengelig, sikkert og miljøvennlig transportsystem som dekker samfunnets behov for transport og fremmer regional utvikling» (ibid, s. 17).

I NTP for 2018-2029 (Meld. St. 33 (2016-2017)) står det som benevnes som den overordnede og langsiktige målformuleringen slik: «Et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskaping og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet» (ibid, s. 10).

Per nå siste NTP, for 2022-2033 (Meld. St. 20 (2020-2021)), markerer dette som sitt overordnede mål: «Et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i 2050» (ibid, s. 9).

Formuleringene i de tre transportplanene er ulike, men elementer kjennes igjen: sikkerhet/trygghet, verdiskaping/effektivitet og miljøvennlighet. I 2013-utgaven er i tillegg tilgjengelighet satt på overordnet nivå. Det er blitt borte fra 2017- og 2021-utgavene. Rekkefølgen på elementene varierer, slik Tabell 2.2 viser, og kan ha betydning.

Tabell 2.2. Nøkkelord i overordnede målformuleringer i NTP

	Ord nr. 1	Ord nr. 2	Ord nr. 3	Ord nr. 4
NTP 2014-2023	Effektivt	Tilgjengelig	Sikkert	Miljøvennlig
NTP 2018-2029	Sikkert	Verdiskaping	Lavutslipp	
NTP 2022-2033	Effektivt	Miljøvennlig	Trygt	

Siste NTP har også en oversikt over mål på nivået under effektivitet, miljøvennlighet og trygghet. De er «mer for pengene», «effektiv bruk av ny teknologi», «bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål», «nullvisjon for drepte og hardt skadde», og «enklere reisehverdag og økt konkurranseevne for næringslivet» (ibid, s. 35).

I regionale planer kan det være egne målformuleringer. Krogstad og Leknes (2020) gir en sammenlikning av historikk og transportforhold i tre norske byområder: Bergen, Trondheim og Nord-Jæren. Utviklingen i deres avtaler med staten om deltakelse i finansiering av transporttiltak gjennomgås, fra bypakker via bymiljøavtaler til byvekstavtaler.

Nullvekstmålet for personbiltrafikk presenteres som overordnet mål for avtalene fra og med ca. 2015. Det settes tilnærmet likhetstegn mellom oppnåelse av nullvekstmålet og oppnåelse av nasjonale klimamål (ibid, s. 8). Rapporten er utgitt i desember 2020, etter at nullvekstmålet ble videreutviklet i og med brev av juni 2020 (Samferdselsdep., 2020). Dens behandling av den nye formuleringen er summarisk (Krogstad og Leknes, 2020, s. 29-30). Den viktigste endringen i og med det videreutviklede målet, at en potensielt vedtatt ytre sone ikke teller for oppnåelse av nullvekstmålet, er ikke nevnt.

2.2.2. Diskusjon

Tabell 2.2 gjengir bruk av nøkkelord i NTPs overordnede målformuleringer. Rekkefølgen målelementene nevnes i kan ha betydning, men de er på omtrent samme nivå når de nevnes slik de gjør. Effektivitet (verdiskaping), sikkerhet (trygghet) og miljøvennlighet (lavutslipp) er alltid med. Norske regjeringer har altså ikke sett det slik at ett av disse

målene er klart overordnet de andre. Tiltak innen transport bør gi samfunnet løsninger som balanserer miljøvennlighet, trygghet og effektivitet. Hvis det skal bli mindre transport, bør samfunnet likevel ikke bli mindre effektivt, for eksempel. På den andre siden: skulle det være mulig å ha mer (og mer effektiv) transport uten at miljøvennlighet blir dårligere, kan det være en god balanse.

De tre overordnede målene i gjeldende NTP kan sees på som NTPs måte å inkorporere økonomisk, økologisk og sosial bærekraft (United Nations, 2015) i norsk transportsektor.

I den grad rekkefølgen i NTP måtte stå for rangering av målene seg imellom, kan effektivitet synes å beholde en høy posisjon, og at det har vært en viss utvikling i retning av at miljøspørsmål veier tyngre nå enn de gjorde før. At Norge har forpliktet seg til å redusere sine innenriks utslipp av klimagasser med 55% fra 1990-nivået innen 2030, kan bli et avgjørende punkt. Så langt denne forpliktelsen oppfattes som et absolutt krav til transportsektoren, vil det legge føringer for hvordan tiltak planlegges og implementeres. Formuleringene med overordnede mål i NTP gjør at effektivitet og trygghet likevel ikke kan bli satt helt til side.

Det kan spørres om Norges forpliktelse om 55% reduksjon i utslipp fra 1990-nivå til 2030 gjelder som målnivå for veitransporten. NTPs kapittel 6 (Meld. St. 20 (2020-2021), s. 67ff) diskuterer transportsektoren og dens deler, og forholdet til reduksjoner i andre ikke-kvotepfiktige virksomheter. Figur 6.2 (ibid, s. 71) viser en ønsket bane for utslippsreduksjon fra 2021 til 2030, uten at det er relatert til 1990-utslipp. Denne studien benytter målet om 55% reduksjon av utslipp i Norge som referanse for veitransport i den studerte regionen (se kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#)), men ser ikke bort fra at en større reduksjon enn dette vil kunne være god balansering av ulike hensyn.

Krogstad og Leknes (2020) betegner nullvekstmålet som et overordnet mål i byvekstavtalene. I norsk transportplanlegging gir NTPs hovedmålformulering de overordnede målene. Byvekstavtalene er underordnet NTP, og byvekstavtalenes overordnede mål kan være verken overordnet eller sideordnet NTPs overordnede mål. Krogstad og Leknes (2020) er derfor ikke til hjelp i å avklare om nullvekstmålet bidrar til eller hindrer oppnåelsen av NTPs overordnede mål. Det er nettopp det eventuelt problematiske ved å løfte nullvekstmålet til å være et virkelig overordnet mål, som studien undersøker.

2.3. Nullvekstmålets relevans for oppnåelse av overordnede mål

2.3.1. Litteraturstudium

I forbindelse med «institusjonaliseringen» av nullvekstmålet rundt 2015 ble to rapporter gitt ut av Miljødirektoratet: Lindegaard et al. (2015) *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030* (M-386) og Bråten et al. (2015) *Klimatiltak mot 2030* (M-438).

Lindegaard et al. (2015) har en katalog med 84 ulike tiltak for utslippsreduksjon som den beskriver og beregner. Tre av tiltakene gjelder nullvekst i ulik grad, se Tabell 2.3. «De store byene» som det refereres til i tabellen, er 13 byer som deltok i prosjekt *Framtidens byer*: Oslo, Bærum, Drammen, Sarpsborg, Fredrikstad, Porsgrunn, Skien, Kristiansand, Sandnes, Stavanger, Bergen, Trondheim og Tromsø (Kommunaldep., 2016).

Blant tiltakene som er med i Lindegaard et al. (2015) er også noen tiltak med overgang til nullutslippsteknologi. To av disse tiltakene er tatt med i Tabell 2.3.

Tabell 2.3. Noen tiltaks mulige virkninger på utslipp av CO₂e (Lindegaard et al., 2015, s. 161-166)

Tiltak/mål	Reduksjonspotensial 2030 [CO ₂ e]	Kostnadskategori	Gjennomføringskategori
Nullvekst i personbilkilometer i de store byene	186.000 tonn	Under 500 kr/tonn	Middels krevende
Nullvekst i personbilkilometer i hele landet	620.000 tonn	500-1500 kr/tonn	Mer krevende
10 % reduksjon av personbilkilometer i de store byene og nullvekst i resten av landet	753.000 tonn	500-1500 kr/tonn	Mer krevende
Personbiler: 100 % av nybilsalget i 2030 er el- eller hydrogenbiler	2.270.000 tonn	500-1500 kr/tonn	Middels krevende
Personbiler: 100 % av nybilsalget i 2025 er el- eller hydrogenbiler	2.700.000 tonn	500-1500 kr/tonn	Mer krevende

Rapporten bemerker at usikkerheten ved alle beregninger er stor, og at det er en ren tiltaksanalyse med begrenset belysning av ressursinnsats og bivirkninger. For alle tre tiltak som går på nullvekst gis viktige forutsetninger i deres detaljbeskrivelser, deriblant dette:

Det er antatt at veksten i personbil-kilometer er redusert uten at dette fører til økt trafikkarbeid for andre motoriserte transportmidler. Det er for eksempel ikke lagt inn et økt kollektivtilbud. I praksis betyr dette at tiltaket forutsetter at det skjer en overgang til gange eller sykkel, til kollektivtransportmidler som uansett kjører (utnytte ledig kapasitet), eller at reiser ikke gjøres. (Lindegaard et al., 2015, likelydende s. 162, 164, 166)

Bråten et al. (2015) har sett på hvordan tiltakene som Lindegaard et al. (2015) har vurdert, kommer ut på både kort og lang sikt, og om tiltakene gir helsegevinst. Tre tiltak trekkes frem som samlet sett best (Bråten et al., 2015, s. 1):

Overgang til el- og hydrogen i person- og varebiler

Elektrifisere ferger og passasjerskip

Reduksjon av biltrafikken i de store byene og nullvekst i resten av landet

Rapporten bemerker usikkerheter i sine egne beregninger av utslipp og andre effekter (ibid, s. 12). Det er ikke gjort nye vurderinger av usikkerheter ved tiltakene som sådan, slik at forbeholdene fra Lindegaard et al. (2015) når det gjelder tiltakenes realisme gjelder her også.

Madslie og Kwong (2015) tar utgangspunkt i forventninger til spesifikke lokale utslipp (utslippsfaktorer) i fremtiden, slik forventningene var i 2015. De beregner ved hjelp av nasjonal transportmodell (NTM6) og regional transportmodell (RTM) for Bergensregionen transportarbeid i 2028 og 2050, for både lange reiser, korte reiser og gods, med sju ulike tiltak pluss noen kombivarianter av dem. Alle tiltak er kraftige, for eksempel 50% høyere kilometerkostnader, 50% høyere drivstoffpriser, høyt prisede parkeringsordninger uten muligheter for gratisparkering, og null bilhold i enkelte soner.

Madslie og Kwong (2015) sier at uten tiltak øker kjøretøykilometer (kjtkm) for korte reiser med personbil i Bergensregionen fra ca. 2,6 milliarder kjtkm per år i 2014 til ca. 3,1 milliarder kjtkm i 2028. De ulike tiltakenes reduksjonsvirkning varierer fra ca. 20 millioner kjtkm til ca. 600 millioner kjtkm. Endringene i lokale utslipp for korte reiser totalt (alle transportmidler samlet) er uttrykt i prosent fra ca. 15% ned til ca. 1% opp (ibid, figur s. VIII), blant annet fordi modellberegningene tilsier økninger i utslipp for andre transportmåter når personbilkilometer reduseres.

At utslippsreduksjonene ikke er større, kan ha sammenheng med lav anslått elektrifiseringsgrad på 2% i 2028. Rapporten gjør alternative beregninger for en elektrifiseringsgrad satt til 15% for biler og «en kraftigere vridning mot lav- eller nullutslippsbusser» (Madslie og Kwong, 2015, s. II), og får større utslippsreduksjoner (ibid, tabell nederst s. 38), men ikke med mye: for hvert av tiltakene øker reduksjonen med 0 til 2 prosentpoeng.

Tiltakenes forhold til nullvekstmålet kommenteres utfyllende (Madslie og Kwong, 2015, s. 30ff). Kun tre av tiltakene unngår vekst i personbilbruk (kjøretøykilometer) i 2028 i forhold til 2014. Disse tre tiltakene, 50% økte kilometerkostnader og de to parkeringstiltakene, gir reduksjon i utslipp på mellom 11% og 15% (ibid, tabell nederst s. 37). Andre tiltak gir utslippsreduksjoner opp til 14% uten å bevirke nullvekst. Tabell 2.4 viser en oppsummering av tiltaksresultatene hos Madslie og Kwong (2015).

Tabell 2.4. Tiltak og virkninger på bil-km og utslipp (fra Madslie og Kwong, 2015, figurer s. VI-VIII)

Tiltakskode	Tiltak - stikkord	Endring km bil	Nås nullvekstmålet? (trengs ca -17,5 %)	Endring utslipp CO2
Kmk50	Kilometerkostnad bil +50 %	-19%	ja	-15%
Kolltakst50	Kollektivtakst -50 %	-1%	nei	1%
Park1	Høyere parkeringskostnader	-20%	ja	-13%
Park2	Differensierte høye parkeringskostnader	-17%	nesten	-11%
Ovekst	Tilnærmet null økonomisk vekst	-4%	nei	-3%
NullBH	Null bilhold i grunnkretser med bybanestasjoner	-2%	nei	-1%
Altarealtog	All befolkningsvekst til grunnkretser med bybanestasjoner	-7%	nei	-7%
Altarealtog_NullBH	Kombinasjon	-14%	nei	-13%
Driv50	Drivstoffkostnad bil +50 %	-9%	nei	-7%
Driv50Altarealtog	Kombinasjon	-15%	nei	-14%

Rapporten tar forbehold - sitat fra innledningen:

Det vil alltid være en betydelig usikkerhet i slike beregninger. I tillegg er utslippsfaktorene som legges til grunn for å beregne den fremtidige effekten på klimagassutslipp usikre. Resultatene må derfor ikke sees på som en «fasit» for transportomfang, transportmiddelfordeling eller utslipp, men som en sannsynlig retning og størrelsesorden på effekten av tiltaket, samt gi en pekepinn på relative forskjeller mellom tiltakene. (Madslie og Kwong, 2015, s. I)

Den bemerker også

(...) at mye av dette er svært stilistiske alternativer, som det pr. i dag ikke er enkelt å gjennomføre. Dette gjelder særlig tiltakene med null bilhold, fullstendig styrt befolkningsvekst, og svært høye kostnadsøkninger for privatbil. (ibid, s. VII)

Vestgård og Wensaas (2021) har i en artikkel i *Plan* undersøkt om nye bomstasjoner i Bergen har ført til noen uønskede konsekvenser: om barn og unge deltar mindre i fritidsaktiviteter, om det blir oppsplitting av lokalmiljø, og om eldre og andre grupper som benytter seg av tilbud på dagtid deltar mindre i disse aktivitetene. Deres konklusjon er at den type negative konsekvenser ikke finnes eller finnes i bare svært begrenset grad. Det er tatt forbehold om at det kun er korttidseffekter som er undersøkt.

Østli et al. (2017) gjennomgår ved hjelp av litteraturstudium noen antatt kommende teknologier og vurderer om de har betydning for oppfyllelse av nullvekstmålet. Tre innovasjoner vurderes for sine effekter for trafikkarbeidet med bil: delingsmobilitet, autonome kjøretøy og Mobility as a Service (MaaS). En tabell gir en forholdsvis detaljert oversikt (ibid, s. III), og virkningene antas å være delvis positive (det vil si mindre bruk av bil), delvis nøytrale og delvis negative, med «usikkerhet om de totale virkningene på trafikkarbeidet» (ibid, s. V).

Sanner et al. (2018) er en rapport som gir god oversikt over problematikk og virkemidler innenfor bærekraftig mobilitetsplanlegging, og nevnes derfor her. Men den bidrar ikke med belysning av nullvekstmålets relevans for overordnede mål.

Endelig skal nevnes byutredningen for Kristiansandsregionen (Statens vegvesen region sør, 2017). Utredningen stipulerer at kollektivtilbud i Kristiansandsregionen må dobles i frekvens, sammen med andre tiltak, for at nullvekstmålet skal nås (ibid, s. 32).

2.3.2. Oppsummering og diskusjon kunnskapsstatus; forskningsbehov

Denne studiens tema er ikke hva som kan føre til mindre trafikkvekst, men om det uttrykte nullvekstmålet for personbiltrafikk støtter eller hindrer oppnåelse av NTPs overordnede mål for transportsektoren. Litteratursøkene har ikke hatt som mål å finne forskning om trafikkreduksjon, men har likevel vist at ønsker om å begrense personbilbruk er svært utbredt i mange land. Når det gjelder et eksplisitt nullvekstmål må det ut fra mangel på funn i utenlandsk litteratur konkluderes med at dette målet finnes bare i Norge.

Forskning på nullvekstmålets relevans for to av de tre overordnede målene, effektivitet og sikkerhet/trygghet, ser ut til å mangle helt. *Plan*-artikkelen av Vestgård og Wensaas (2021) handler om mulige bompenger-bivirkninger. Bomstasjoner finnes i Norge uavhengig av om byvekstavtaler med nullvekstmål er inngått. Innholdet er derfor ikke relevant for studien.

Østli et al. (2017) ser på og beregner tiltak for å begrense trafikk med sikte på å nå nullvekstmål for personbiltrafikk. De setter i sine vurderinger nullvekstmålet over alle andre mål, uten å vurdere dets relevans for utslipp eller andre bærekraftsdimensjoner. Rapporten bedømmer enhver økning i bilbruk som uønsket, og enhver reduksjon som ønsket. Selv om rapporten handler om ny teknologi, overser den den teknologiske innovasjonen som sannsynligvis bidrar mest til å nå utslippsmålene: overgang til fornybare energikilder (primært elektrifisering; kfr. sitat fra Bråten et al., 2015, i underkapittel 2.3.1). Rapporten bidrar ikke til å belyse om nullvekstmålet er til hjelp eller hinder for oppnåelse av NTPs overordnede mål, men står for den tenkingen som denne studien undersøker gyldigheten av: at oppfyllelse av nullvekstmålet impliserer oppnåelse av overordnede mål.

Rapportene Lindegaard et al. (2015) og Madslie og Kwong (2015) som er referert, tar begge klare forbehold angående de resultatene for utslippsreduksjoner som de presenterer. Når det gjelder Lindegaard et al. (2015) er for eksempel dens stipulering av nullvekst i personbiltrafikk uten at annen motorisert trafikk øker, en forutsetning som ikke holder i praksis. Madslie og Kwong (2015) har, som referert i underkapittel 2.3.1, transportmodellberegninger som kommer til det tydelig motsatte for Bergensregionen. Byutredning for Kristiansandsregionen (Statens vegvesen region sør, 2017) regner på sin side, som referert, med dobling av busstilbud som del av tiltakspakken for å oppnå nullvekst.

Madslie og Kwong (2015) viser, med sine «stilistiske» og for en stor del kraftige tiltak, reduksjoner på maksimalt 15% i 2028 (ibid, figur S.4 s. VI og figur S.5 s. VII, gjengitt i Tabell 2.4 her). Noen tiltak gir oppnåelse av nullvekstmålet, andre ikke. Utslipp med forholdsvis høy trafikkreduksjon gir også mest reduksjon i utslipp, men ikke slik at tiltak der

nullvekstmålet nås er klart bedre enn andre tiltak når det gjelder utslippsreduksjon. Tiltak som gir oppnåelse av nullvekstmålet gir forholdsmessig mindre reduksjon i utslipp enn noen av tiltakene som ikke gir oppnåelse av nullvekstmålet. Ingen av de resultatene som presenteres, er tilstrekkelige for å nå Parisavtale-forpliktelsen om 55% reduksjon av utslipp innen 2030.

Eksisterende forskning viser altså at nullvekst kan virke for utslippsreduksjon, og at også andre tiltak kan virke. Om nullvekst alene eller i kombinasjoner har nok virkning til å nå mål om 55% reduksjon av utslipp, er ikke påvist i eksisterende forskning. Heller ikke hvilke kombinasjoner av tiltak som gir rimeligst og mest balansert oppnåelse av alle overordnede mål i NTP, kan eksisterende forskning vise. Dermed er det avdekket et «hull» i eksisterende forskning. Studiens tema, å undersøke nullvekstmålets relevans for overordnede mål (gitt i NTPer), kan føre til bidrag til å fylle noe av dette hullet.

Hullet er også så pass stort at det ikke finnes etablerte metoder for utførelse av denne forskningen. Madslie og Kwong (2015) kan være en inngang til metodesøk. Deres opplegg med å beregne trafikkarbeid (kjøretøykilometer) og utslipp som gis av ulike tiltak, fungerer i prinsippet godt. Men resultatene påvirkes av at de er bygget på data som stemmer dårlig med dagens forhold. Særlig gjelder det grad av overgang til fornybare energikilder i transport – noe som vil gi utslag både for tiltak som gir oppnåelse av nullvekstmål, og for de som ikke gjør det.

Et annet forhold ved Madslie og Kwong (2015) er at de selv karakteriserer sine tiltak som stilistiske og for en stor del kraftige. Det kan være minst like viktig å undersøke kombinasjoner av flere mindre kraftfulle tiltak, som å undersøke kraftige utgaver av noen få tiltak. Madslie og Kwong har benyttet transportmodellering (NTM og RTM) for å få frem sine tall for transportarbeid, og dette kan ha påvirket hvilke tiltak de har valgt å undersøke. Både denne problematikken og det som har vært betont tidligere i dette notatet og videre i dette kapitlet, om usikkerheter overfor fremtidig utvikling, gjør at andre metoder å bruke i denne studien er søkt etter.

2.4. Litteraturstudium metoder for fremtidsbilder

Fremtidsbilder kan lages på ulike måter. I studien er det behov for varierte fremtidsbilder uten at det skal legges vekt på høyeste sannsynlighet – behovet er mer å undersøke et spekter av alternative fremtider. Forskningslitteratur gjennomgås her for å klargjøre for og begrunne et valg. Selve valget dokumenteres i kapittel 3 [Metoder](#).

Et utgangspunkt for metodesøk er Lyons og Marsden (2019), som inneholder en gjennomgang av offisielle britiske prognoser for veitrafikk, National Road Traffic Forecasts (NRTF). Prognosene er laget av Department of Transport fra 1989 til 2018, i hver utgave med beregninger ca. 35 år frem i tid. Lyons og Marsden (2019) legger særlig vekt på prognosene fra 2013, 2015 og 2018. I hovedsak er prognosene laget som trendfremskrivninger med den britiske National Transport Model (NTM), gjennomgående med høyt – middels – lavt anslag for befolkningsutvikling, brutto nasjonalprodukt (BNP) per innbygger og drivstoffkostnader. For de siste utgavene er det også gjort simuleringer med fortsettelse av observert nedgang i turfrekvens, og at det ikke lenger nødvendigvis er en kobling mellom inntekt og reisevolum. I 2018-utgaven er det i tillegg tatt inn effekter av overgang til elektriske kjøretøy.

Lyons og Marsden (2019) påpeker at de utførte prognosene har mange svakheter. Deres hovedpoeng er at transportmodell og trendfremskrivning ikke er best egnet til prognostisering når usikkerheten er stor. Den nevner disse usikkerhetsfaktorene:

changing demand for travel in society, its causes and likely continuation (...)
impacts of climate change on infrastructure resilience and investment needs (...)
speed and nature of any transition away from fossil fuel powered transport (...)
future way in which road travel will be priced in a shift to electric vehicles (...)
digital age maturing with a myriad of developments in information and communications
technology (ICT) that in turn influence behaviours (...)
advent, deployment and impacts of increasingly intelligent, automated and connected vehicle
technology (...)
and the traditional factors of population growth, fuel price, disposable income and land-use
distribution. (Lyons og Marsden, 2019, s. 596)

I dette bildet anbefaler artikkelen scenarier som ikke bare dekker det (antatt) sannsynlige, men også det plausible og det mulige (Lyons og Marsden, 2019, s. 611).

Myers og Kitsuse (1999) fremsetter synspunkter om hvordan planlegging kan ha utviklet seg til å være for mye basert på tekniske og matematiske fremskrivninger, slik at visjoner og intensjoner kommer i bakgrunnen. Noe av deres forklaring ligger i økende bruk av samfunnsvitenskapene (*social science*), med avhengighet av data som per definisjon er fra fortiden:

An overriding factor is the rise of social science as the guiding intellectual framework for planning, which has directed academic inquiry to data and events that have been accumulated in the recent or distant past. Lack of data or known events in the future precludes their analysis by social scientists. (ibid, s. 5)

En av Myers og Kitsuses spissformuleringer er «Has planning in fact lost sight of the future?» (ibid, s. 2); en annen er «Unlike demographers or economists, planners have an active role in not only predicting but shaping the future» (ibid, s. 9), og en tredje er «Also absent from planners' approach to the future is a systemic understanding of how multiple trends will extend forward and interact with one another, shaping new possibilities and patterns of behavior in the process» (ibid, s. 3).

Myers og Kitsuse (1999) beskriver tre metoder for planlegging som de ser som lovende: *visioning*, *scenario-writing* og *persuasive storytelling*. Dette er et nøkkelsitat om scenarier:

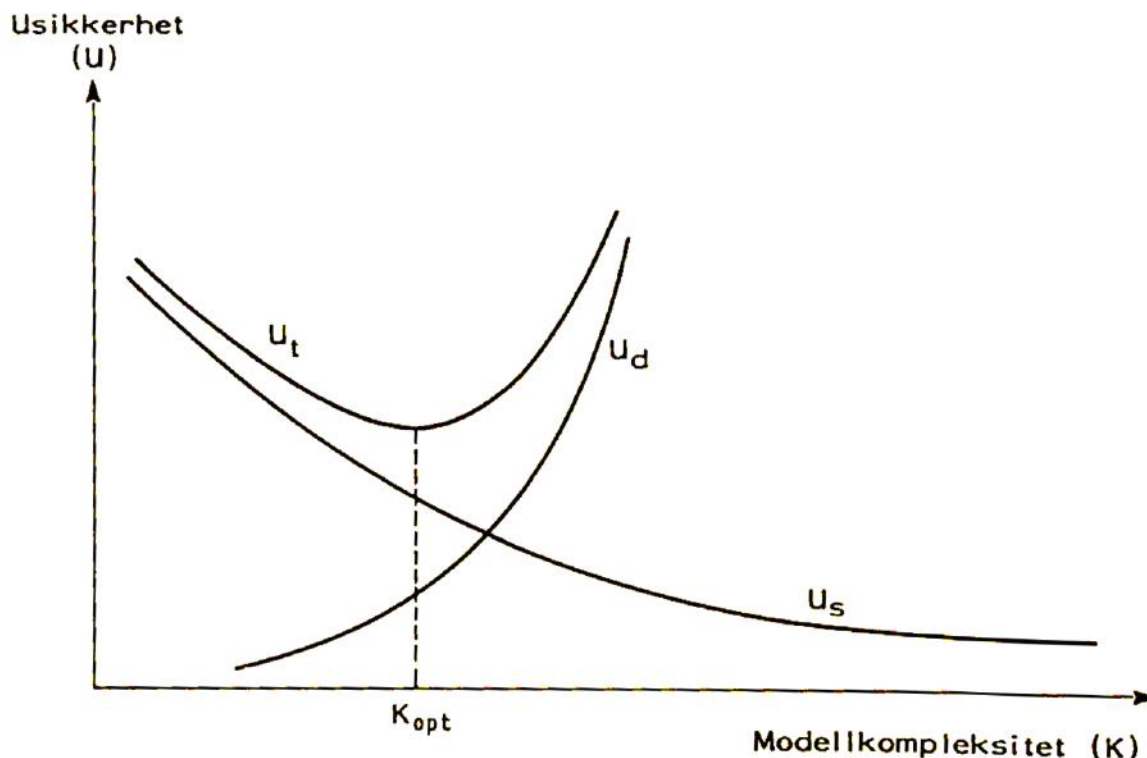
In the scenario-building process, planners invent a number of stories about equally plausible futures, study the implications of each future for their organization, then strategize their organization's response as though each of these scenarios had in fact come to pass. (ibid, s. 22)

Sager (2017) med vedlegg Næss (2017) er en kilde til mye kunnskap og rettleiding i bruk av både scenario som metode, og andre metoder. Her er det også informasjon å finne som bidrar til neste tema.

2.5. Litteraturstudium estimerings- og vurderingsmetoder

Det er nødvendig med metoder som setter krav til innsats passende til situasjonen denne studien gjøres i. Som alltid i forskning og utredning, er det et spørsmål om å se på mengde innsats ut fra nødvendig og mulig sikkerhet. Et apropos finnes i Sager (1991, s. 170ff), med hypotesen om sammenhenger mellom modellkompleksitet, datausikkerhet, spesifikasjonsusikkerhet og samlet usikkerhet. Der presenteres figuren som gjengis i Figur 2.1. Kurve Us viser hvordan usikkerheten som ligger i ulikhet mellom modellering og virkelighet faller når modellkompleksiteten øker, mens kurve Ud viser hvordan datausikkerheten øker når modellkompleksiteten øker. Den totale usikkerheten i

modelleringen, summen av de to usikkerhetene, vises med kurve U_t , som har et lavpunkt et sted mellom «for enkel» og «for komplisert» modell.



Figur 2.1. Hypotesen om sammenheng mellom modellkompleksitet og usikkerheter (Sager, 1991, figur 13.6)

Med andre ord: økt modellkompleksitet kan ha liten hensikt dersom det drar med seg økt usikkerhet ved de data som brukes. Minst total usikkerhet oppnås når modellkompleksitet er valgt ut fra datausikkerhet, eller motsatt - i alle fall at de er avstemt mot hverandre. Datausikkerheten er i denne studien i utgangspunktet stor (det gjelder fremtidige forhold det er vanskelig å vite noe sikkert om), og gevinster ved mer modellkompleksitet (mer dyptgående og datakrevende beregninger) kan være ikke-eksisterende eller til og med negative. Det er derfor lagt vekt på å finne estimerings- og vurderingsmetoder som er enkle, men likevel gir rimelig god sikkerhet.

Som for metodevalg for fremtidsbilder, er dette underkapitlets innhold basis for diskusjon og valg av studiens metoder, som dokumenteres i kapittel 3 [Metoder](#).

2.5.1. Transportmodeller for estimering av transportarbeid

Transportmodellens beregninger av brukeres valg av blant annet transportmiddel bygger på forskning og undersøkelser der Daniel McFadden var en pioner. Hans artikkel *Measurement of urban travel demand* (McFadden, 1974) er sentral.

Modeller er utviklet både internasjonalt og i Norge. Teoretisk foregår modellenes beregninger i fire trinn («firetrinnsmetodikk»): turproduksjon, turfordeling, reisemiddelfordeling og nettfordeling. Det ligger omfattende data, parametre og formelverk i modellene, deriblant befolkningsfordeling, attraksjoner som det kan være ønsket om å reise til, veinett, og preferansedata om hva og hvordan befolkningen velger.

Atferdsvitenskap med innslag av både psykologi og økonomi har etter hvert fått stor innflytelse gjennom preferansedata og algoritmer.

I Norge finnes både Nasjonal transportmodell (NTM) og Regional transportmodell (RTM). Modellene utvikles og vedlikeholdes av Statens vegvesen, og benyttes innen planlegging for å beregne transport og trafikk. Blant mange planer er byutredningene, deriblant den for Kristiansandsregionen (Statens vegvesen region sør, 2017) tuftet på bruk av RTM. Statens vegvesen (2022) er en inngangsport på nett til fagstoff om modellene. Det kreves mye kompetanse og erfaring for å bruke modellene slik at resultatene av modellerte tiltak kan ha en anvendbar grad av sikkerhet.

Javaid et al. (2020) gjør en bred litteraturstudie for å vise påvirkningsfaktorer (preferansedata) til bruk ved transportmodellering. Deres påstand er at «a consistent cross-disciplinary understanding of psychological, sociological, and urban form determinants of urban mobility choices is, perhaps surprisingly so, still lacking» (ibid, s. 1). Artikkelen gir først og fremst en oversikt over et bredt spekter av mulige faktorer, men gir også kvantifiserte karakteristikk av faktorenes virkninger.

Som et apropos til svake sider ved etablerte transportmodeller: Wang og Ross (2018) beskriver maskinlæring (*machine learning*), en form for kunstig intelligens, som en alternativ metode for å se system i brukeres valg av reisemåter. Resultater fra en modell basert på maskinlæring («XGB») sammenliknes med resultater fra en mer tradisjonell modell («MNL»). Artikkelen konkluderer med at «(...) when biking is removed from the dataset, the performance of the XGB model exceeds that of the MNL model substantially» (ibid, s. 43). Men maskinlæring ser ikke ut til å ha fått noen utbredelse i modellene i praksis.

Diskusjonene i underkapittel [Litteraturstudium metoder for fremtidsbilder](#) har også tatt frem betenkeligheter ved å bruke modeller som NTM og RTM for situasjoner langt frem i tid. Statens vegvesen region sør (2017) nevner selv «faktorer som modellen ikke fanger opp», s. 61. Rapporten som dokumenterer beregningene, Norconsult (2017), har med et eget kapittel om «Transportmodellens egnethet», s. 67-68, der usikkerheter beskrives.

Kritikken i referert litteratur (for eksempel Lyons og Marsden, 2019) går både på at variasjonen i fremtidsbilder blir for liten (det fremkommer kun fremtidsbilder som har stor grad av overensstemmelse med historisk utvikling), og på at beregningsresultatene må tas med forbehold. Det siste, usikkerhet i beregninger, vil gjelde alle beregninger uansett metode og må tas hensyn til i analyse. Det første, lite variasjon, tilsier at denne studien må ha betydelig innslag av fremtidsbilder som er satt sammen på friere grunnlag.

2.5.2. Påvirkning av transportarbeid, transportmiddelfordeling

Galan et al. (2021) beskriver flere innovasjonsfelter som er aktuelle å ta hensyn til i scenarier for fremtidige mobilitetsløsninger: *Carsharing Services*, *Micromobility Services*, *Demand Responsive Transport Services*, *Connected Autonomous Vehicles*, *Urban Air Mobility* og *Mobility-as-a-Service*. Noen av disse elementene tar de friere fremtidsbildene i denne studien opp i seg. Det er lite tilfang av RTM-baserte beregninger eller andre utredninger om disse elementenes effekter på trafikkvolumer, noe som medfører behov for andre estimeringsmetoder.

Noen av fremtidsbildene i studien inkluderer innfartsparkeringer, som per nå ikke har kunnet modelleres i RTM. Parkhurst (2000) belyser hvordan innfartsparkeringer fungerte i Storbritannia i årene før årtusenskiftet. Artikkelen konsentrerer seg om store innfartsparkeringer (200 til 900 plasser) forholdsvis nært bysentra som i britisk målestokk

er middels store (Brighton, Cambridge, Coventry, Norwich, Plymouth, Reading, Shrewsbury og York), og med dedikerte bussforbindelser til sine sentra. Både antall biler som fanges opp, hva de reisende ville ha valgt om ikke innfartsparkeringen fantes, om anleggene induserer ekstra biltrafikk, og hvilke biltrafikk-reduksjoner som oppnås, blir vurdert. Dessuten beregnes busskilometer og belegg, og økonomien i løsningene blir gjengitt i sammendrag. Konklusjonene er mange, blant annet at bilkilometer i det store bildet går noe ned, men at løsningenes busskilometer trekker totalvirkningen for kjørte kilometer over null (Parkhurst, 2000, s. 171). Den viktigste effekten er en flytting av kjørte kilometer med bil fra sentrale strøk til utenfor sentrum, og at busser kjører mer i sentrale strøk (ibid). Om mengde kø går opp eller ned, blir ikke undersøkt.

Artikkelen peker også på at faktisk reduksjon i totale bilkilometer i et område avhenger av at det ikke finnes udekkede transportbehov som vil fylle opp det som måtte bli av ledig veikapasitet (ibid).

For Norge finnes Hanssen et al. (2014) med undersøkelser og vurderinger av et sett eksisterende innfartsparkeringer. Her er sju parkeringsanlegg, spredt ut over mye av Sør-Norge, undersøkt med tellinger og intervjuer (Melhus i Trøndelag; Ringerike sykehus, Asker og Slependen i Viken; Rosenholm i Oslo; Tangvall i Agder; Kleppestø i Vestland). Data fra dem er benyttet på et litt større antall innfartsparkeringer som bedømmes som samme typer som de undersøkte. Kjøreavstander for dem som bruker anleggene er undersøkt, likeså hvor de parkerendes destinasjon for reisene er. Det er spurt om hva de reisende ville ha valgt om ikke anleggene fantes, og 25% sier de ville kjørt bil hele veien. De øvrige fordeler seg på å parkere et annet sted i nærheten eller i annen innfartsparkering (44%), gå eller sykle til stasjon/holdeplass (16%), og reise kollektivt fra en annen stasjon/ holdeplass (15%) (ibid, s. 25).

Hovedkonklusjonen er at alle 12 innfartsparkeringer i dagens situasjon har trafikkreduserende effekt (ibid, s. II). Best effekt oppnås jo lengre ut fra sentrum parkeringsanlegget er, og jo mindre det stimulerer til unødig kjøring (ibid, s. III). I et lengre tidsperspektiv vil parkeringsanlegg som er plassert rundt områder med potensial for indusert trafikk, føre til at andre trafikanters behov gir økte trafikkmengder igjen, og at «dette særlig gjelder i Osloområdet» (ibid, s. III). Oversikten for de 12 anleggene (ibid, tabell 1 og 2, s. 48-49) sier at dette også gjelder Bergensområdet, men ikke de øvrige byene som har fått anlegg undersøkt (Trondheim, Kristiansand).

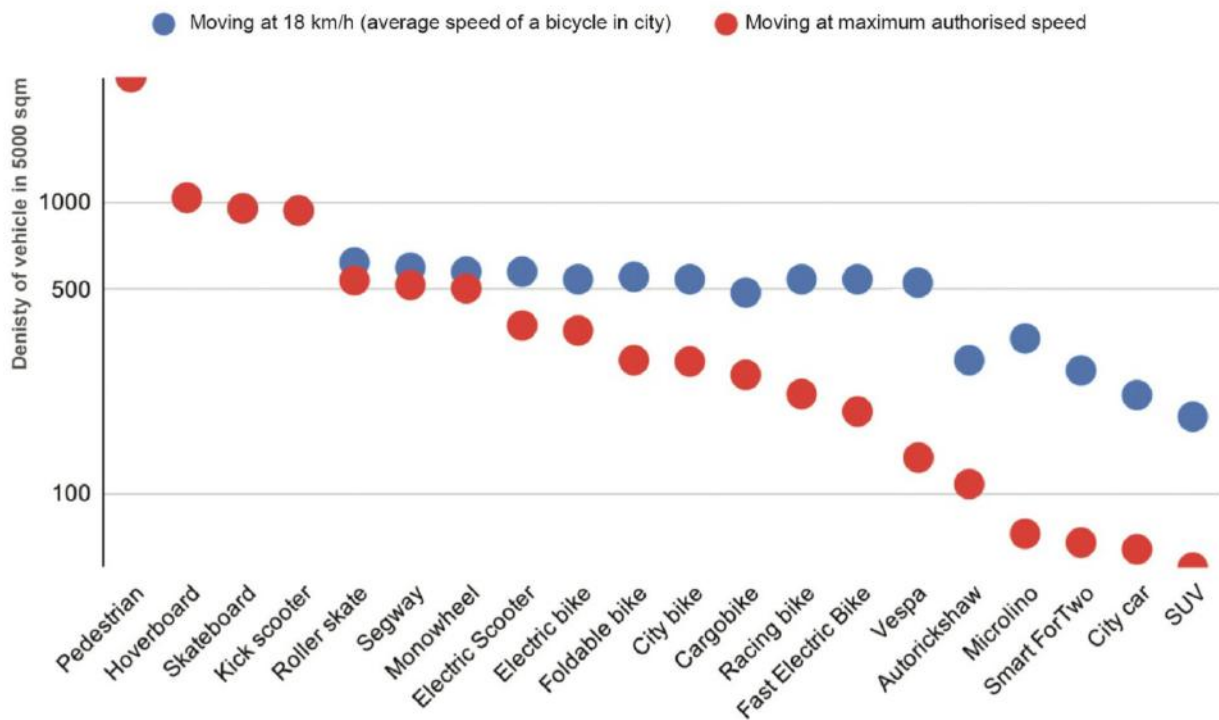
Det er i Hanssen et al. (2014) ikke vurdert om innfartsparkeringene fører til økt busstrafikk, derfor er det ikke regnet inn økninger i kjøretøykilometer og utslipp fra kollektivtrafikken. Anbefalingene baserer seg på at det er ledig kapasitet i kollektivsystemene og at avgangsfrekvensene ikke økes.

Mikromobilitet, bruk av små kjøretøy (mindre enn personbiler), har tradisjonelt vært syklenes domene. Fearnley (2021) gir et innblikk i en fremtidig større plass for også andre små kjøretøy, særlig elsykler og elsparkesykler, med både muligheter og problemer. Fra siste avsnitt i artikkelen:

Bicycles, skateboards, and e-scooters are undoubtedly here to stay. But new technologies, vehicles, and business models will inevitably emerge and disrupt urban mobility into the future. It is therefore essential that governments at all levels are proactive, flexible, and facilitative in order to achieve wider goals for transport, society and climate. The role of micromobility in a multimodal transport future must be maintained and promoted. (ibid, s. 440)

Noen av studiens fremtidsbilder har med dette som bakgrunn og begrunnelse innslag av mikromobilitet. Men spekteret av fremtidige kjøretøytyper innen mikromobilitet er større

enn det som dekkes av Fearnley (2021). Bahrami og Rigal (2021) viser dette større bildet. Figur 2.2 er hentet fra deres artikkel, og gir både en oversikt over det de mener er kjøretøytyper innen mikromobilitet, og deres plassbehov i bruk.



Figur 2.2. Kjøretøytyper og deres plassbehov (Bahrami og Rigal, 2021, s. 11)

Artikkelen gir, i tillegg til en oversikt over kjøretøytyper og egenskaper, også et historisk overblikk over utviklingen. Den påstår at

(...) the failed attempts of reinventing urban mobility with a focus on micro-vehicles in the previous century stemmed from a lack of large-scale vision. Envisioning a transition from car dominance implies reversing the perspectives towards cities where a limited but carefully designated network of roads for cars and trucks, serving essential access axes, are provided as an exception rather than a norm. The major part of the road network, in this hypothetical future city, can be dedicated to lighter and more open urban vehicles, where cars are admitted only exceptionally or with reduced speeds. (Bahrami og Rigal, 2021, s.15)

Kjøretøytype «Microlino» er nevnt i Figur 2.2, som et eksempel på mikrobil. Figur 2.3 viser kjøretøytypen, den er tilgjengelig på markedet allerede nå i 2022.



Figur 2.3. Microlino (Microlino, 2022)

Reck et al. (2021) ser på bruk av mikrokjøretøy i Zürich, Sveits: hva som bidrar til mer bruk, og hva mindre. Kjøretøytyper som er med, er sykler med og uten elmotor, og elsparkesykler. Én konklusjon er at driftsmodeller med basestasjoner legger bedre enn de baseløse til rette for bruk i faste reisemønstre som til/fra arbeid. Antall tilgjengelige kjøretøy har også stor betydning, opp til et visst nivå.

Nemoto et al. (2021) gjengir foreløpige resultater fra pilotprosjektet AVENUE i fire europeiske byer (Lyon, Geneve, Luxemboug og København). Prosjektet pågår i årene 2018 til 2022, og opererer autonome minibusser (kapasitet 15 passasjerer) i begrensede strøk av byene. De finner betydelige hindringer som ikke er overvunnet ennå, både teknisk, innen sosial aksept, og juridisk. Konklusjonen så langt er likevel at autonome minibusser vil ha en stor og viktig plass: «(...) a preparation for the transition for the mobilities of the future, aiming to contribute to a more sustainable mobility paradigm, based on shared, electric, and automated mobility» (ibid, s. 283).

Nagy og Horvath (2021) undersøker om autonome busser har lavere driftskostnader enn tradisjonelle, ved å analysere rutenett i tre ungarske byer. Bedre utnyttelse av materiell og mindre nødvendig personell trekker kostnadene ned, mer kapitalintensive busser trekker opp, men de kommer til at nettoresultatet er en klar nedgang i kostnad per kjørt kilometer.

Mobility as a Service (MaaS) har vært et begrep i utvikling av integrerte transporttjenester de seneste årene. Ackermann (2021) gir en oversikt over feltet sett fra en industrileders perspektiv. Hans tolkning er at «MaaS is the idea that transportation does not need to be either public, like trains, or personally owned, like cars. People have the choice to consume multiple forms of mobility» (ibid, s. 2). Markedspotensialet for MaaS-løsninger, og behovet for tradisjonelle kjøretøyprodusenter til å følge markedet, betones gjennom hele boken.

Hensher et al. (2021) trenger flere ord for å definere hva MaaS er (s. 153):

MaaS is a framework for delivering a portfolio of multi-modal mobility services that places the user at the centre of the offer. MaaS frameworks are ideally designed to achieve sustainable policy goals and objectives. MaaS is an integrated transport service brokered by an integrator through a digital platform. A digital platform provides information, booking, ticketing, payment (as PAYG and/or subscription plans), and feedback that improves the travel experience. (...)

Artikkelen fremholder at det trengs en «MaaS Champion» for å frembringe et MaaS-tilbud som kan tilfredsstillende brede samfunnsinteresser, og at myndighetene er mest sannsynlig de som kan fylle rollen (ibid, s. 154). MaaS som et rent kommersielt tilbud er etter forfatterens oppfatning lite levedyktig (ibid, s. 155):

Unless other developments make MaaS more desirable, such as bundling mobility services with non-mobility utility services providing a more convenient way to live beyond only tackling mobility, we suggest that MaaS, defined as above, is unlikely to be going anywhere.

Hensher et al. (2022) kommer med tanker som kan synes fremmede i MaaS-sammenheng, og sier blant annet «the big challenge, which is not new, is how best to tame low occupancy use whether it is the private car or a shared car» (ibid, s. 212). Det henvises til forskning etter et pilotprosjekt i Sydney, der en konklusjon er at MaaS-tilbud kan redusere bruken av bil og dermed køer, men klimagassutslipp adresseres ikke (ibid, s. 214-215). Dette står mot slutten av artikkelen (ibid, s. 215):

Messages such as “the car will not go away” (indeed it is quite efficient in low density areas) are important to ground the discussion with the question on how to integrate the car and a shared green mode into a multimodal MaaS setting being key.

Liljamo et al. (2020) utfører en større undersøkelse i Finland for å få frem betalingsvillighet (*willingness to pay*) for MaaS-tjenester. Blant konklusjonene er (ibid, s. 110):

Based on the results, the respondents were willing to pay, on average, approximately 64% of their current mobility costs for a mobility package. However, MaaS studies and the results related to willingness to pay for MaaS include many uncertainties. First, as MaaS and mobility packages are still unfamiliar to most people, there are ambiguities concerning people's understanding regarding the topic. Secondly, the mobility needs of people vary considerably, and thus also the mobility services which would cover these needs vary. Additionally, it can be questioned, how well the stated willingness to pay would relate to the actual use of money for a mobility package.

Som oppsummering av dette underkapitlet: når transportarbeid skal estimeres for scenariene, er det et bredt spekter av kunnskap fra mange kilder å ta av. Men det må heller ikke overses at når denne kunnskapen skal anvendes på fremtidsbilder, kan den ikke brukes ukritisk.

2.5.3. Estimering av utslipp av klimagasser (CO₂e)

På grunn av forskningsspørsmål nr. 1 blir én egenskap ved scenariene, deres klimagassutslipp, estimert og vurdert separat. Norge har forpliktet seg på konkrete reduksjoner i utslipp, og resultatene på dette punktet kan være avgjørende. Man kan være mer eller mindre tvunget til å velge en styring av utviklingen for å tilfredsstille utslippskrav, og så må nytte og kostnader komme i annen rekke.

Litteratur som gir informasjon om transportmåters utslipp beskrives kort i det følgende. Kildenes data blir vurdert nærmere og studiens utslippsfaktorer etableres i kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#) som en syntese av disse informasjonskildene, for bruk sammen med estimerte trafikkmengder.

TNMT (2021) gir en grafisk fremstilling med oversikt over utslipp for mange transportmåter, fra gange til bil og båt. Bakenforliggende tall er tilgjengelige. Tallverdiene er ikke alltid i overensstemmelse med andre kilders verdier, noe som tyder på at ikke alle kilder er relevante for nordiske forhold.

Det danske Klimarådets rapport *Hvor klimavenlige er elbiler sammenlignet med benzin- og dieslbiler?* (Klimarådet, 2018) viser beregninger av både lokale utslipp og livssyklusutslipp. Det er dansk strømmiks som inngår i beregningene, som historiske tall og med estimerte fremtidige verdier.

Artikkelen *Life cycle assessment of city buses powered by electricity, hydrogenated vegetable oil or diesel* (Nordelöf et al., 2019) gir nyttige data for busser.

Rupp et al. (2019) viser beregninger av livssyklus-utslipp for busser i Tyskland.

Braun og Rid (2017) har testkjørt to biler som er like bortsett fra fremdriftsmaskineri (batterielektrisk og diesel), på gater og veier i Erfurt i Tyskland. Energiforbruket er målt. For dieselen er det brennverdi til forbrukt diesel som teller, uten innregning av produksjon og transport av diesel. For den elektriske utgaven er forbruk multiplisert med 1,1 for å ta hensyn til tap ved lading. Resultatene presenteres som kWh/100 km, ikke som utslipp. Forfatterne bemerker at lokal energibruk og lokale utslipp gir et begrenset bilde, og at livssyklus-utslipp bør telle med (ibid, s. 474).

Både Hollingworth et al. (2019) og Møller et al. (2020) ser på elsparkesyklers miljøbelastninger. De ser på to ulike situasjoner, blant annet plassert på hvert sitt kontinent (Nord-Amerika og Europa), og kommer til nokså ulike verdier.

Hoekstra (2019) trekker frem synsmåter som er viktige når livssyklus-utslipp beregnes. Hans påstand er at mange utslipp-utredninger ikke bruker virkelighetsnære nok parametre når de gjør sine beregninger, og at det kan være tendenser til at elektriske kjøretøy kommer kunstig dårlig ut av sammenlikninger med fossile (ibid, s. 1412).

2.5.4. Bedømmelse av scenariers oppnåelse av de overordnede målene

De overordnede målene er i kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#) påvist å komme fra gjeldende NTP som nøkkelordene effektivitet, miljøvennlighet og trygghet.

Forskningsspørsmål nr. 2 krever at scenariene bedømmes på oppnåelse av de overordnede målene fra NTP, og sammenliknes på det. Ordene som står for målene er ikke utydelige, men de bør likevel undersøkes for innhold og nyanser, slik at bedømmelsene ser på spekteret av ønskede egenskaper.

Gjeldende NTPs beskrivelse av målene på nivået under de tre i hovedformuleringen, kan være til hjelp. På dette nivået beskrives målene som «mer for pengene», «effektiv bruk av ny teknologi», «bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål», «nullvisjon for drepte og hardt skadde», og «enklere reisehverdag og økt konkurransevne for næringslivet» (Meld. St. 20 (2020-2021), s. 35). Dette kunne være nok som momentliste for bedømmelsen.

Men et annet sted å hente kunnskap om kompletterende målinformasjon er Vegdirektoratet, som har som en av sine oppgaver å vurdere veiprosjekter. Konsekvensanalyser er ikke samme disiplin som å vurdere mot NTPs overordnede mål, men kan gi relevant innsikt i momenter eller konsekvenser som teller i bedømmelsene.

Håndbok V712 *Konsekvensanalyser* (Vegdirektoratet, 2021) er standardverket for utførelse av forhåndsvurdering av norske veiprosjekter. Håndboken gir metoder for utregning av prissatte konsekvenser og utredning av ikke-prissatte konsekvenser for et prosjekt. Utslipp av CO₂ og andre klimagasser er her regnet inn blant de prissatte konsekvensene, ved hjelp av en omregningsfaktor for kroner per tonn. Den totale listen med konsekvenstyper ifølge Vegdirektoratet (2021) (både prissatte og ikke-prissatte) er gjengitt i Tabell 2.5.

Tabell 2.5. Konsekvenstyper i konsekvensanalyse ifølge Vegdirektoratet (2021)

Konsekvenstype	Prissatt / ikke prissatt
trafikan- og transportbrukernytte	prissatt
operatørnytte	prissatt
budsjettvirkning for det offentlige	prissatt
ulykker	prissatt
støy og luftforurensning	prissatt
klimagassutslipp	prissatt
restverdi	prissatt
skattekostnader	prissatt
landskapsbilde	ikke prissatt
friluftsliv / by- og bygdsliv	ikke prissatt
naturmangfold	ikke prissatt
kulturarv	ikke prissatt
naturressurser	ikke prissatt

Det kan forventes at hver konsekvenstype kan relateres til minst ett overordnet mål.

At de overordnede målene kan medføre krav om eller forventninger til også andre egenskaper i scenarier enn de konsekvenstypene Vegdirektoratet (2021) dekker, kan ikke utelukkes. Trygghet, for eksempel, er et omfattende ord som også har andre meninger enn ulykkesbegrensning. Helseforhold er én egenskap. Økonomi kan også ha noe å bety, den er

ikke bare en effektivitetssak: den teller for at mennesker skal føle seg trygge. I siste instans skal transportsystemet tjene befolkningen, og det kan være verdifullt å se på hva nyere forskning sier om folks *lykke* (happiness) og hvordan den påvirkes.

Welsch (2009) gir både en generell innføring i begrepet lykke i forskningsmessig forstand, og setter det i sammenheng med miljøvalg. Nytte og lykke er forbundet med hverandre: «Using subjective well-being – or happiness – as a measure of utility, it is possible to test fundamental issues of utility and choice theory (...)» (ibid, s. 2735).

Pfeiffer og Cloutier (2016) presenterer de to hovedtypene lykke ifølge forskning: *hedonic happiness* og *eudaimonic happiness* (ibid, s. 268). De kan oversettes som nytende henholdsvis ytende lykke: «positive or negative emotions stemming from immediate experiences and overall life satisfaction» henholdsvis «a more enduring sense of purpose, fulfillment, and self-realization» (begge ibid, s. 268). Begge typer hører med når lykke skal tilrettelegges for.

Pfeiffer og Cloutier (2016) viser også sammenhenger mellom lykke og fysiske forhold der folk bor. Sosial involvering, personlig sikkerhet og tilgang til grøntarealer legges stor vekt på (ibid, s. 270-271). Mye annen forskning som refereres, tyder på at lav befolkningstetthet bidrar positivt til lykke, og at å bo i store byer gir negativt eller ikke noe bidrag til lykke (ibid, s. 269-270). Fire interessante tendenser er at nærhet til undergrunnsbane bidrar positivt, nærhet til buss og trikk har ikke tydelig påvirkning, gode forhold for sykling og gange ser ut til å bidra positivt, og likeså om det er tilrettelagt for bileierskap (ibid, s. 272).

Duarte et al. (2010) fremholder at «Transport happiness, as part of the individual's well-being system, should be a target point for policy makers» (ibid, s. 30), og at transportmodeller må ta hensyn til lykke-komponenten når de simulerer transportbrukernes valg (ibid, s. 7).

Det overordnede målet om trygghet kan romme kvalitetselementer i dette feltet, enten det kalles lykke eller levekår.

Som referert tidligere fra Lyons og Marsden (2019), er befolkningens preferanser og ønsker ikke nødvendigvis statiske – også innenfor dette kan det bli trendbrudd. Men Mattauch og Hepburn (2016) påpeker enda en problematikk: at utførte tiltak påvirker folks preferanser over tid: «we can neither accurately predict nor coherently evaluate the likely consequences of new policies or institutions without taking account of preference endogeneity» (ibid, s. 77, som er et sitat fra Bowles (1998)). Mattauch og Hepburn (2016) sier selv:

If policy measures can change preferences, this is a difficulty for the standard evaluation of policies by the satisfaction of stable revealed preferences. The reason is that if policies shape preferences, they shape the scale by which they are to be evaluated. If policies shape their very standard of evaluation, the standard itself becomes unsound. (ibid, s. 77)

Alt dette er momenter som spiller inn i diskusjonen når metode bestemmes i kapittel 3 [Metoder](#).

2.5.5. Metoder for utførelse av vurdering av scenarier

Studiens metode for bedømmelse av scenariene må beskrive både hva som bedømmes i scenariene, og hvordan prosessen for bedømmelse er. Det forrige underkapitlet dreier seg om det første, dette dreier seg om det siste. Prosessen omfatter både sammenstilling av informasjon og påføring av bedømmelsesresultat. I noen typer prosess er sammenstilling og påføring integrert med hverandre, i andre utføres de hver for seg.

Læreboken *Planlegging med samfunnsperspektiv – analysemetode* (Sager, 1991) gir en oversikt over ulike metoder for å sammenstille informasjon om alternativene som står til valg (i denne studiens situasjon scenariene): *nominal metode*, *ordinal metode*, *økonomisk metode* og *vekt- og poengmetode*. Den første er bare en opplisting uten rangering. Ordinal metode gir en rangering, for eksempel etter «antall førsteplasser» i kategoriene; hvilke sprang det er i rangeringen fremkommer ikke uten videre. Økonomisk metode forutsetter at alternativenes egenskaper lar seg kalkulere i pengeverdi. Vekt- og poengmetode består i å sette vektning på hver kategori av egenskaper, og poeng for hvert alternativs kvalitet med hensyn på hver kategori av egenskaper, og der alternativet med høyest sum av vekt multiplisert med poeng rangeres øverst.

Konsekvensanalyse ifølge Vegdirektoratet (2021) bruker en blanding av økonomisk metode og ordinal metode. Tabell 2.6 er en gjengivelse av tabell 7-1 fra Vegdirektoratet (2021), som eksempel på sammenstilling med rangering. Netto nytte er regnet ut, likeså netto nytte per budsjettkrone (NNB), og alternativene er rangert så langt på linjen «NNB rangering» med økonomisk metode. De ikke-prissatte konsekvensene er karakterisert og rangert. Den samlede rangeringen fremkommer ved sammendragning av de to rangeringene med ordinal metode, eventuelt med sterkere vekt på ikke-prissatte konsekvenser (slik forholdet mellom alternativ B og C er i Tabell 2.6).

Tabell 2.6. Rangeringseksempel ifølge Vegdirektoratet (2021, tabell 7-1)

		0	A	B	C	D
Netto nytte	Netto nytte	0	-2000	-3900	-2200	-1600
	Netto nytte per budsjettkrone (NNB)	0	-0,31	-0,53	-0,24	-0,18
	NNB rangering	1	4	5	3	2
Ikke-prissatte	Ikke-prissatte konsekvenser	0	stor negativ	stor negativ	kritisk negativ	svært stor negativ
	Ikke-prissatte konsekvenser, rangering	1	2	3	5	4
	Foreløpig rangering	1	2 eller 3	4	5	2 eller 3

Med vekt- og poengmetode (Sager, 1991) gjøres oppstilling og valg integrert: oppstillingen må gjøres med «korrekt» vekttall og poenggivning. Det tilligger altså den eller de som har oppstillingsoppgaven å også besitte nødvendig kompetanse og integritet til å vurdere egenskapene godt nok for formålet - og at alle tellende egenskaper er kjent for dem.

Med nominal metode (ibid) listes alternativene opp med beskrivelser av deres egenskaper (kvaliteter), men uten at det er synlig i opplistingen hva som vektlegges og dermed kommer ut best. Ved en slik oppstillingsmåte må vurderinger gjøres og konklusjon trekkes i et eget arbeidstrinn etter at oppstillingen (beskrivelsen) er gjort. Sager sier (1991, s. 76) at nominal metode ««løser» (...) avveiningsproblemene ved å overlate dem til beslutningstakerne».

I forbindelse med bruk av nominal metode, er det da nødvendig med en metode for disse «beslutningstakerne». Blant alternativene som finnes, skal nevnes Delfi-undersøkelse, arbeidsgruppe/fokusgruppe og spørreundersøkelse. Alle disse metodene har mulige innsatsområder som går langt ut over å bedømme kvaliteter, men behandlingen her er rettet inn mot å vurdere dem for det.

Grisham (2008) beskriver Delfi-metoden slik:

The method requires knowledgeable and expert contributors individually responding to questions and submitting the results to a central coordinator. The coordinator processes the contributions, looking for central and extreme tendencies, and their rationales. The results are then fed back to the respondents. The respondents are then asked to resubmit their views, assisted by the input provided by the coordinator. This process continues until the coordinator sees that a consensus has formed. (Grisham, 2008, s. 114)

Også Sager (2017) beskriver Delfi-undersøkelse, mest med tanke på bruk som støttende for utvikling av scenarier. Ifølge rapporten er det ikke nødvendigvis slik at bruk av Delfi er tenkt å bygge konsensus, men metoden har en viss tendens i den retningen, og er ikke godt egnet for å avdekke trendbrudd. Det nevnes også at en Delfi-prosess kan ta betydelig tid (Sager, 2017, s. 38).

Sager (2017) beskriver også fokusgruppe som del av en byggeprosess for scenarier. Anvendt til å bedømme scenariekvaliteter vil gruppearbeidet være noe annerledes, men det kan hentes verdifull kunnskap fra beskrivelsen. Det poengteres at konsensus vanligvis ikke oppnås.

Spørreundersøkelse kan gjøres ved samtale eller i web-løsning. For forskning innen NTNU er det insitammenter til å bruke web-løsningen Nettskjema som er tilgjengelig gjennom Innsida (NTNU, 2022). Det kan gjennomføres både anonyme undersøkelser (helt uten persondata) og undersøkelser der persondata lagres.

2.6. Oppsummering

Dette kapitlet har gjennomgått teori og eksisterende kunnskap innen flere felter: hvilke overordnede mål som gjelder i transportsektoren, status kunnskap om nullvekstmålets relevans for oppnåelse av mål, og metoder som denne studien kan benytte for dannelse av fremtidsbilder, estimering av utslipp og generell bedømmelse av dem. Avveining og utvikling av studiens metoder, herunder for bedømmelse av scenariene, dokumenteres i kapittel 3 [Metoder](#).

3. Metoder

Scenarier har ikke som formål å gi spådommer om fremtiden, men skal åpne folks øyne for mulige alternative fremtider. Det ligger et potensielt kritisk eller radikalt element i dette: Fremtiden er ikke et uavvendelig resultat av «utviklingen». Den utviklingen som er observert frem til nå innenfor et område av samfunnet, er resultatet av en rekke prioriteringer og valg, og ikke naturgitt. Den er sosialt konstruert, på samme måte som situasjonene som vil komme. Utviklingsbanen fremover avhenger delvis av forhold som aktørene i en planleggingssituasjon ikke har noen innflytelse på (men som man gjennom scenarier kan skape større bevissthet om og robusthet overfor), og delvis av forhold som lokale beslutninger kan påvirke. (Næss, 2017)

Dette kapitlet inneholder diskusjon og hovedvalg for primær metode for fremtidsbilder (3.1), metodebeskrivelse for estimering av utslipp (3.2), og diskusjon og valg for støttende metoder (3.3). Analyse av valgte metoders svake sider og begrensninger følger i eget underkapittel (3.4). Et underkapittel om etiske overveielser og persondata står til slutt (3.5).

3.1. Diskusjon hovedvalg forskningsdesign og metode (analytisk tilnærming)

Forskningsspørsmålene (i underkapittel 1.2 [Mål med studien, forskningsspørsmål](#)) er blitt laget gjennom en iterativ prosess. Utgangspunktet har vært å undersøke om nullvekstmålet for personbiltrafikk bidrar til eller hindrer oppnåelse av overordnede mål, slik den siste delen av studiens tittel lyder. En sammenlikning av ulike fremtidsbilder, med og uten oppnåelse av nullvekstmålet, pekte seg tidlig ut som hoveddesign for å belyse konsekvenser av nullvekstmålet.

Det har ikke vært forhåndsbestemt at scenariometoden skulle brukes (spørsmålene var åpner på metode i tidlige utgaver). Men litteraturundersøkelser (se underkapittel 2.4 [Litteraturstudium metoder for fremtidsbilder](#)) og vurderinger ble gjort underveis i prosessen og førte til valget, som så ledet til studiens konkrete formuleringer av forskningsspørsmål og tittel. Det som står i det følgende er en dokumentasjon og utdyping av begrunnelsen.

Metodevalget har kandidater ifølge blant annet Myers og Kitsuse (1999): *visioning*, *scenario-writing* og *persuasive storytelling*. I tillegg kunne vurderes å bygge fremtidsbildene i transportmodeller, slik blant annet Lyons og Marsden (2019) beskriver (og kritiserer) og slik Madslie og Kwong (2015) utfører sine beregninger. Andre metoder ifølge Sager (2017) diskuteres også i det følgende.

Kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#) viser et stort teppe med hva man vet - inkludert noe om hva man vet at man ikke vet. Det går igjen i flere refererte kilder at forutsetningene som transportmodeller bygger på, med blant annet preferansemodellene for trafikantenes valg, ikke er uproblematiske (Lyons og Marsden, 2019; Mattauch og Hepburn, 2016). Prinsippene om betalingsvillighet brukes, basert på utførte undersøkelser på *revealed* og/eller *stated preference* for trafikantene. Disse undersøkelsene har i seg selv usikkerhet ved seg, og når deres resultater brukes på transportforhold langt frem i tid øker usikkerheten ved dem.

I tillegg kan det spørres om hvordan «markedet» trafikantene velger i fungerer. For mange av reisene har trafikantene ikke noe valg om å reise eller ikke: arbeid må de ha, derfor må de reise – forenklet sagt. Villigheten til å betale styres av behovet man har for arbeid, ikke behovet for eller ønsket om reisen som sådan. Markedstenking kan virke godt for å belyse

valg av transportmåte der det er alternativer, men hvis markedet er slik at man nærmest tvinges til å kjøpe (inelastisk etterspørsel) og har i utgangspunktet få valgmuligheter, kan usikkerheten ved preferansedata være enda større etter hvert som samfunnet utvikler seg og nye muligheter kan komme til (for eksempel hjemmekontor).

Bruk av transportmodell som primær metode er ut fra dette tatt ut av videre vurdering (men ikke benyttelse av transportmodell til enkelte estimeringer). Metodene hos Myers og Kitsuse (1999), *visioning*, *scenario-writing* og *persuasive storytelling*, og metodene Delfi-undersøkelse, fokusgruppe, idédugnad, morfologisk metode og prediksjonsmarked fra Sager (2017) er da vurdert nærmere.

Proessen som beskrives for *visioning*, med mye involvering av lokalbefolkning (Myers og Kitsuse, 1999, s. 21) gjør metoden lite anvendbar i denne studien.

Myers og Kitsuse (1999, s. 26) presenterer *persuasive storytelling* som en metode for å overbevise befolkning om historiefortellerens foretrukne fremtidsbilde. Dette er ikke en god match mot behovene i studien, der det ikke er ett bilde som skal fremheves, men mange i utgangspunktet likeverdige som skal analyseres sett opp mot hverandre. Storytelling faller derfor også ut av metodekonkurransen.

Både Delfi-undersøkelse, fokusgruppe, idédugnad og morfologisk metode (Sager, 2017) forutsetter forholdsvis omfattende involvering av flere ressurspersoner. Dette bedømmes som vanskelig utførbart innenfor studiens rammer, og gjør metodene mindre egnede her. De er også mer rettet mot å finne sannsynlige fremtidsbilder, enn å finne et bredt spekter av alternative fremtidsbilder.

Prediksjonsmarked (Sager, 2017) beskrives som en metode innrettet på «å anslå hvor sannsynlige fremtidige hendelser er, ikke for å kartlegge muligheter eller foreskrive handlinger» (ibid, s. 51). Sannsynlighetsvurdering av fremtidsbilder er ikke innenfor studiens rammer. Metoden anses dermed som ikke egnet.

Scenariemetode står igjen, og skal vurderes for egnethet. Dette kapitlets innledende sitat uttrykker en bruk av scenario som treffer godt på studiens behov. Det finnes mye kunnskap og erfaring å bygge på for scenarier – blant annet Sager (2017) med vedlegg Næss (2017). Å velge scenariometode vil dermed knytte studiens arbeid til en tradisjon. At scenarier kan gjøres håndfaste i ønsket grad og derfor lettere kan analyseres videre for blant annet utslipp, befester avgjørelsen i deres favør.

Fra Myers og Kitsuses (1999) typologi for scenarier er det *state*-scenarier (ibid, s. 22) som blir brukt. Utviklingen frem til 2030-tilstanden blir ikke beskrevet, kun de rådende tiltakene og tilstanden. Dette er for å forenkle arbeidet med utvikling og beskrivelse av scenariene. De er utforskende (eksplorative) og skal være mulige, men er ikke nødvendigvis sannsynlige. Deres grad av sannsynlighet er en underordnet komponent i vurderingene, nettopp av de grunner som det innledende sitatet i dette kapitlet viser: fremtiden blir ofte annerledes enn det man anså som sannsynlig (Næss, 2017). Fremtiden kan også påvirkes når man tidlig nok ser noe man vil ønske seg (ibid). Dersom ett eller flere av de beskrevne scenariene skulle vise seg å være ønsket, kan man bruke *backcasting*-metoder (Sager, 2017) for å finne veien frem fra nåtiden – men dette er utenfor studiens formål og rammer.

For den regionen i Norge som er blitt valgt for analysene, Kristiansandsregionen, finnes byutredning (Statens vegvesen region sør, 2017) med fylldige data for 2030-tilstander avhengig av beskrevne tiltak, beregnet primært ved hjelp av transportmodell-kjøringer. Det er både rasjonelt og relevant å ha noen av scenariene slik at de følger utvalgte tiltakspakker i byutredningen. 2030 er også et nøkkelår for målet om reduserte klimagassutslipp.

Ut over scenarier for noen av byutredningens fremtidsbilder, trengs noen flere for å få analysert en større variasjon i enkelttiltak og tiltakskombinasjoner, og også andre utviklingskrefters påvirkninger inn i fremtiden, enn de byutredningen viser. Dette er med bakgrunn i kritikken som Lyons og Marsden (2019) retter mot britiske prognoser laget med transportmodeller, og som på samme vis kan rettes mot byutredningen. Kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#) har også gitt andre kritiske argumenter som gjelder her.

Forskningsdesignet for å svare på forskningsspørsmålene, er dermed at et sett scenarier for 2030 lages. Scenariene gir for minst etts del oppnåelse av nullvekstmålet. Andre egenskaper ved scenariene varieres for å teste ulike strategiers, virkemidlers og utviklingstreks virkninger for utslipp og andre kvaliteter. De konkrete scenariene utvikles og beskrives i kapittel 4 [Scenarier](#).

For å få frem resultatene, følger arbeidet prosessen i Tabell 3.1.

Tabell 3.1. Oversikt over forskningsprosessen

1	Utarbeide scenarier
2	Etablere og begrunne spesifikke CO ₂ e-utslippstall for de relevante transportmåtene og fremdriftsteknologiene i 2030
3	Estimere transportarbeid og trafikkarbeid i hvert scenario
4	Utvikle et formelapparat som brukes "manuelt" i regneark og gir utslippstallene, med synliggjøring av usikkerhet
5	Fremskaffe bedømmelser når det gjelder scenarienes egenskaper
6	Besvare studiens forskningsspørsmål

3.2. Metode for svar på forskningsspørsmål nr. 1

Forskningsspørsmål nr. 1 lyder

Hvordan sammenfaller grad av oppnåelse av nullvekstmål i en region med reduksjon i mengde utslipp av klimagasser?

Spørsmålet krever estimering og sammenlikning av scenarienes CO₂e-utslipp. Dette valget henger sammen med forpliktelser i Parisavtalen om reduksjon i utslipp av drivhusgasser (Meld. St. 20 (2020-2021), s. 36). Primært gjelder Parisavtalen for nasjonale utslipp (Levin et al., 2015, s. 33), ikke livssyklus-utslipp. Men å se på bare nasjonale utslipp betyr at man ikke tar hensyn til konsekvenser av bruken av et transportmiddel andre steder enn innenfor landets grenser. Ulike transportteknologier har helt ulike fordelinger av utslipp i fasene produksjon (både transportmiddel og energibærer), bruk og gjenvinning. Studien viser både nasjonale og livssyklus-baserte utslipp for å få frem denne ulikheten, for at de kan inngå i diskusjonen.

Utslipp av klimagasser kan regnes ut som sum for alle transportmidler av produktet av estimert trafikkarbeid og spesifikt utslipp (utslippsfaktor) for hvert transportmiddel. Metoder for fastsetting av trafikkarbeid og utslippsfaktor må derfor bestemmes.

Byutredningen (Statens vegvesen region sør, 2017) viser RTM-beregnete transportarbeider for én typisk arbeidsdag i 2030, dette velges som tidspunkt og periode for alle scenarier i oppgaven.

For de tre scenariene som bygger på byutredningen (Statens vegvesen region sør, 2017) er transportarbeidet gitt der (med forbehold) for hvert transportmiddel. For de øvrige scenariene er transportarbeidet estimert basert på beskrevne tiltak og tilstander i scenariene. Det er ulike innslag av transport-innovasjoner i dem. Noen av tiltakenes effekter er estimert ut fra RTM-baserte utregninger i byutredningen eller i andre rapporter (kfr. litteraturgjennomgang i underkapittel 2.5.1), for eksempel Norconsult (2017) og

Madslie og Kwong (2015). Antall ulike tiltak som er gjennomgått i disse rapportene er betydelig, innen vei, kollektiv, gange og sykling, bompenger, parkering og arealbruk, og gir bakgrunn for noen av studiens estimeringer.

For noen tiltak, og særlig for effekter som baserer seg på innovasjoner, vil RTM-resultater eller preferansedata fra andre sammenhenger ikke kunne bidra. Effektene estimeres da med argumenter og vurderinger som vises åpent.

Når det er ulike estimeringsmetoder, vil det også være ulike usikkerheter for de friere scenariene versus de tre scenariene som er tatt direkte fra byutredningen for Kristiansandsregionen. I [Vedlegg A](#), der transportarbeid i scenario 4 til 7 estimeres, blir de særegne usikkerhetene ved dem kommentert.

Litteraturfunn som er vist til i underkapittel 2.5.3, benyttes i utviklingen av utslippsfaktorene. Spesifikt utslipp for hvert transportmiddel er tallfestet felles for alle scenarier, i fire utgaver: nasjonalt og livssyklus-basert utslipp (LCA-utslipp) for henholdsvis fossil og fornybar (primært elektrifisert) utgave av transportmiddelet. For innenriks bruk av elektrisitet antas en gjennomsnittlig norsk strømmiks for det aktuelle året. Utslipp på grunn av infrastruktur eller vedlikehold av den (primært veier) medtas ikke for LCA-utslipp. Ved sammenlikning mot transportmåter som ikke er veibaserte ville dette være en svakhet, men transport i Kristiansandsregionen er i all hovedsak på veier, og alle transportmidler som estimeres er veibaserte.

Følsomhetsvariasjon i utslippsfaktor (gram CO_{2e} per kjøretøykilometer) (lavt – middels – høyt) og fornybarhetsgrad (middels – høy), separat for buss og bil, blir vist som flere beregninger for hvert scenario. Variasjon i antatt teknologisk utvikling på kjøretøytyper og autonomi er del av beskrivelsene av scenariene.

Det er laget regneark som produserer resultatene som en tabell, illustrert i Tabell 3.2, for hvert scenario. Full oppløsning av alle fire følsomhetsfaktorer gir $3 \times 2 \times 3 \times 2 = 36$ resultatrader. Alle 36 resultater veier likt ved utregning av gjennomsnitt osv. for et scenario, altså at det ikke skiller på sannsynlighet for kombinasjonene. Noen kombinasjoner av følsomhetsfaktorer kan være mindre sannsynlige enn andre og burde i så fall veie mindre i beregningene, eller ikke veie med. Men det er en krevende øvelse å gjøre en slik sannsynlighetsbetraktning, derfor blir alle resultatrader presentert, og brukt uten veiing.

Tabell 3.2. Oppsett utslipp per dag i et scenario

Faktor utslipp buss	Fornybar-andel buss	Faktor utslipp bil	Fornybar-andel bil	Lokale utslipp [tonn CO ₂ e]	LCA-utslipp [tonn CO ₂ e]
Lav	Middels	Lav	Middels		
Lav	Middels	Lav	Høy		
Lav	Middels	Middels	Middels		
Lav	Middels	Middels	Høy		
Lav	Middels	Høy	Middels		
Lav	Middels	Høy	Høy		
Lav	Høy	Lav	Middels		
Lav	Høy	Lav	Høy		
Lav	Høy	Middels	Middels		
Lav	Høy	Middels	Høy		
Lav	Høy	Høy	Middels		
Lav	Høy	Høy	Høy		
Middels	Middels	Lav	Middels		
Middels	Middels	Lav	Høy		
Middels	Middels	Middels	Middels		
Middels	Middels	Middels	Høy		
Middels	Middels	Høy	Middels		
Middels	Middels	Høy	Høy		
Middels	Høy	Lav	Middels		
Middels	Høy	Lav	Høy		
Middels	Høy	Middels	Middels		
Middels	Høy	Middels	Høy		
Middels	Høy	Høy	Middels		
Middels	Høy	Høy	Høy		
Høy	Middels	Lav	Middels		
Høy	Middels	Lav	Høy		
Høy	Middels	Middels	Middels		
Høy	Middels	Middels	Høy		
Høy	Middels	Høy	Middels		
Høy	Middels	Høy	Høy		
Høy	Høy	Lav	Middels		
Høy	Høy	Lav	Høy		
Høy	Høy	Middels	Middels		
Høy	Høy	Middels	Høy		
Høy	Høy	Høy	Middels		
Høy	Høy	Høy	Høy		

Det gjøres statistiske beregninger på resultatene per scenario: gjennomsnitt, median, standardavvik, minimum, maksimum og persentiler. Tabeller og grafiske fremstillinger med utvalgte nøkkelverdier blir vist.

Utvikling av utslipp over tid estimeres ikke, det er utslippene som regnes ut for en typisk hverdag i 2030 som vises og brukes i analyser, ref. hvordan Statens vegvesens byutredning regner.

Sammenstilte resultater av utslipp-estimeringen er benyttet, sammen med utregnede prosentall for oppnåelse av nullvekstmålet i hvert scenario, for diskusjon og konklusjoner for forskningsspørsmål nr. 1.

[Vedlegg C](#) utdyper andre usikkerheter ved estimeringene enn de som er medtatt i følsomhetsanalysen.

3.3. Metode for svar på forskningsspørsmål nr. 2

Forskningsspørsmål nr. 2 lyder

Hvordan sammenfaller oppnåelse av nullvekstmål i en region med oppnåelse av de overordnede målene i Nasjonal transportplan?

Det innebærer dermed bedømmelse av scenarioene på deres kvaliteter mer generelt: i hvilken grad de gir effektivitet, miljøvennlighet og sikkerhet (se underkapittel 2.2 [Overordnede mål i transportsektoren](#) der overordnede mål dokumenteres og diskuteres). Til sist skal det også vurderes om oppfyllelse av nullvekstmålet skjer sammenfallende med oppfyllelse av de overordnede målene.

Både kriterier for bedømmelsen og metoden å utføre bedømmelsen etter beskrives i dette underkapitlet. Noen punkter skal nevnes.

- Det er tre overordnede mål, og en bedømmelse av hvert scenarios oppnåelse av hvert av de tre målene vil fylle oppgaven.
- Gjeldende NTP fører opp fem mål som utdyping av de overordnede, se underkapittel 2.2 [Overordnede mål i transportsektoren](#).
- Som diskutert i kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#), er det stor usikkerhet ved kvantitative data som beregnes eller estimeres for forhold langt frem i tid. Kvantitative data kan gi en falsk følelse av presisjon. Forskningsspørsmålet kan besvares uten kvantitativ presisjon. Kvalitative bedømmelser og beskrivelser er godt egnede.
- Konsekvensanalyser etter Håndbok V712 (Vegdirektoratet, 2021) har mange kvalitetskomponenter, og kan fungere som stikkord for bedømmelse.
- Men minst én av konsekvensanalyse-komponentene, trafikantnytte (Vegdirektoratet, 2021), har metodiske utfordringer når den brukes for forhold langt frem i tid, slik diskusjon i kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#) viser.
- Også andre kvalitetskomponenter enn de som inngår i konsekvensanalyse vil kunne telle med.

Tabell 3.3 viser en oversikt over momenter til bedømmelsene. Momentene er hentet fra NTP (Meld. St. 20 (2020-2021), s. 35), Vegdirektoratet (2021) og andre kilder. Der to kilder har momenter som bedømmes som å dekke det samme eller er svært nær hverandre, er de satt opp sammen eller slått sammen. Dette gjelder både *trafikanter*- og *transportbrukernytte*, *operatørnytte* og *restverdi*, som anses dekket av andre poster under Effektivitet; *klimagassutslipp* som anses dekket innen oppfyllelse av klima- og miljømål; og *ulykker* som er satt sammen med nullvisjonen. Kvaliteten lykke, som litteraturstudiet indikerte bør være med for bedømmelse, er med som ordet *leveår* som et moment for overordnet mål om trygghet.

Tabell 3.3. Momenter for vurdering forskningsspørsmål nr. 2

Overordnet mål	Momenter
Effektivitet	mer for pengene effektiv bruk av ny teknologi enkler reisehverdag økt konkurranseevne for næringslivet budsjettvirkning for det offentlige skattekostnader
Miljøvennlighet	bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål friluftsliv / by- og bygdsliv støy og luftforurensning kulturarv landskapsbilde naturmangfold naturressurser
Trygghet	nullvisjon for drepte og hardt skadde; ulykker helsevirkninger levetår

Bedømmelse av måloppnåelse kunne vært gjort uten involvering av eksterne personer, men risikoen for ensrettet tankegang og utelatelse av interessante perspektiver ville da vært betydelig. Derfor ble det rekruttert fagpersoner til å utføre bedømmelsene.

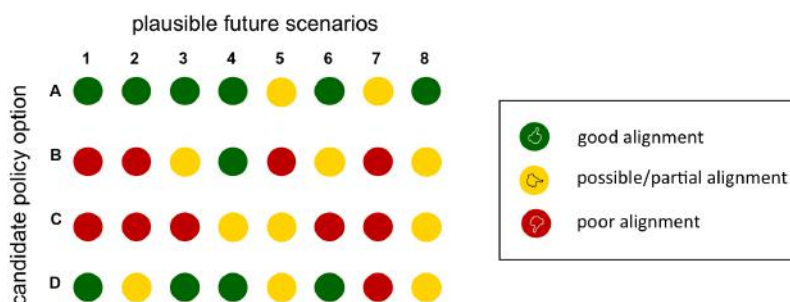
Prosesen skulle ta balansert hensyn til at fagpersonene fikk gjort bedømmelsene etter sine egne kriterier, samtidig som det skulle gjøres effektivt. Å forstå scenarienes karakteristikk og egenskaper er et krevende arbeid. Prosessen burde også motvirke at det oppsto misforståelser. Det var ikke et behov for enighet om bedømmelsene: der det måtte være uenigheter var det mer ønskelig å få dem frem, i stedet for at uenighet skulle bli forsøkt overkommet i prosessen.

Tre metoder ble vurdert: spørreundersøkelse, Delfi-metode og en arbeidsmøtemetode. Dette er vurderinger som ble gjort relatert til denne studien:

- En *spørreundersøkelse* med et nokså begrenset antall spørsmål er ikke spesielt omfattende, men det ville likevel være krevende for fagpersonene å gi relevante bedømmelser. Det kunne være laget kortfattede beskrivelser av scenarienes egenskaper på hvert bedømmelsespunkt, med dypere informasjon tilgjengelig for dem som måtte ønske å gå inn på det. Risiko for for stort innsatskrav med avbrutte besvarelser ville likevel være stor, eventuelt at bedømmelsene ikke ble foretatt med ønsket grundighet. Forfatteren av kortfattede beskrivelser ville også kunne ha stor innflytelse på resultatene.
- *Delfi-metode* ville være arbeidskrevende å gjennomføre for alle parter, og kunne være kalendertidkrevende. Metoden er ikke særlig gunstig for direkte interaktivitet mellom deltakerne, det ville være forholdsvis stor risiko for misforståelser og ekstra arbeid. Delfi-metode er oftest rettet mot å oppnå enighet, men det er ikke et uttrykt mål her. Til tross for dette motargumentet, ville det kunne være en egnet metode dersom nok innsatstid kunne allokere.
- *Arbeidsmøter*, med en til tre respondenter hver gang (hver fagperson deltar i ett arbeidsmøte), kunne gi reelle svar fra fagpersonene med forholdsvis lav arbeidsinnsats fra dem. Kortfattede beskrivelser og innspill til bedømmelser kunne forelegges deltakerne, med tilsvarende risiko for for stor innflytelse som ved spørreundersøkelse. Men det ville være enkelt for deltakerne å gå aktivt i dybden og stille spørsmål ved både sammendrag og forslag.

Ut fra behovet for å tilrettelegge for individuelle bedømmelser og å redusere fare for misforståelser, samtidig med ønske om å ikke kreve mye innsats fra de deltakende, ble arbeidsmøtemetoden valgt. Et eget dokument med informasjon om respondentenes oppgave og scenariene ble sendt ut på forhånd i god tid før arbeidsmøtene, og er lagt ved i innleveringen av denne studien.

Når det gjelder oppsett for utførelse og levering av bedømmelse, beskriver Lyons og Marsden (2019) en prosess der figuren som gjengis i Figur 3.1 inngår (ibid, s. 609). Prosessen beskrives der for bruk når man har flere mer eller mindre like sannsynlige scenarier med usikkerhet på hvilket som vil inntreffe, og skal velge tiltak som helst virker godt i en ønsket retning.



Figur 3.1. Vurdering av tiltak i scenarier (Lyons og Marsden, 2019, s. 609)

Ved å endre «candidate policy option» til målene som scenariene skal bedømmes på, er dette utviklet til å dekke studiens behov. Bedømmelsene fra hver respondent er samlet i et skjema som er gjengitt som illustrasjon i Figur 3.2, der hvert scenarios forhold til hvert av de tre overordnede målene skulle gis karakter på skalaen fra -2 til +2. Hver respondent ble bedt om å levere sitt skjema anonymt på papir, slik at det ikke skulle kunne spores til individ.

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Effektivitet		-2	+1		-1	+2	
Miljøvennlighet	+2		-1	+2		-2	+1
Trygghet	-1	+1		-1	+2		-1

Figur 3.2. Skjema for bedømmelse av scenariers måloppnåelse (tallene og fargene er for illustrasjon)

De innleverte bedømmelsene er vist i underkapittel 6.1 [Innleverte bedømmelser](#). Diskusjon av bedømmelsene er i underkapittel 7.2 [Oppnåelse av overordnede mål i NTP](#).

3.4. Svakheter og begrensninger ved valgt forskningsdesign

Det er generelt beheftet med usikkerhet å beregne fremtidsbilder. Per definisjon finnes ingen data fra fremtiden, og alle fremskrivninger basert på eksisterende data vil ha usikkerhet ved seg. Når man står overfor sannsynlige eller mulige trendbrudd er det enda et lag av usikkerhet. Disse usikkerhetene er behandlet i diskusjoner rundt metoder, både i kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#) og dette kapitlet. Scenario-metoden med flere scenarier og usikkerhetsanalyser er valgt for å dekke et spekter av «mulige fremtider», men scenario-metoden gir ikke sikker informasjon. Det gjør ingen andre metoder heller.

I det følgende skal nevnes noen mer konkrete elementer i usikkerheten og begrensningene. År 2030 er valgt som sammenlikningsår for scenariene, begrunnet i foreliggende estimater i byutredning (Statens vegvesen region sør, 2017). Dette er ikke mange år frem i tid, likevel

er graden av usikkerhet for tilstandene betydelig. Scenariene er beskrevet med varierende innslag av trendbrudd, og følsomhetsanalysen tar inn varierende grad av eksempelvis elektrifisering. Både teknologisk, økonomisk og annen samfunnsutvikling (påvirket av for eksempel pandemier eller migrasjon) kan få andre retninger og hastigheter enn hva spekteret av scenarier står for, og kan gjøre noen scenarier urealistiske og andre mer aktuelle. Men ingen av scenariene er ment å være en prognose for hvordan det blir i 2030, de er laget for å belyse alternative valg planleggere kan gjøre nå for å påvirke hvordan 2030 blir.

Én konkret byregion, Kristiansand, er valg for scenariene. Konklusjoner basert på resultatene trenger ikke være overførbare til andre regioner.

Antall scenarier i denne studien, med dens ressursbegrensninger, er ikke stort. Flere kombinasjoner av infrastruktur-tilstander og (doseringer av) tiltak kunne vært sett på for å gi bedre grunnlag for konklusjoner.

Mange typer data inngår i beregninger og estimeringer, og det er usikkerhet ved alle. For eksempel skal utslipp for hvert transportmiddel og fremdriftsteknologi i 2030 anslås, likeså fordeling på transportmidler ut fra scenariebeskrivelser. Forskningen kan ikke designes bort fra denne usikkerheten, som bare må tas med i analyseringen av resultatene.

Valg av kvalitativ metode for å svare på forskningsspørsmål nr. 2 er gjort ut fra behov for en ressursmessig overkommelig gjennomføring. En grundigere prosess ville kunne gitt mer og bedre data.

De kvalitative bedømmelsene som svar på forskningsspørsmål nr. 2 bygger på, gjøres av respondenter som deltar i arbeidsmøter. Rekruttering av respondenter med mulig skjevhet i hvem det rekrutteres blant, såvel som svarprosent og skjevhet i hvem som responderer, vil påvirke kvaliteten på analysen for svar på forskningsspørsmålet, og dermed også eventuelt svekke mulige konklusjoner. Den enkeltes bedømmelse av kvalitetspunktene er også beheftet med usikkerhet for tilstrekkelig grundig tilegnet kunnskap om scenariene.

Kvalitetene som bedømmes av respondentene er begrenset til å gjelde konsekvenser som relaterer seg til de overordnede målene i NTP. Dette er tilstrekkelig for å svare på forskningsspørsmålet, men trenger ikke være tilstrekkelig for en fullgod vurdering av om noe scenario kan klassifiseres som mest ønskelig. (Å vurdere ønskelighet i sin fulle bredde er en politisk prosess som går ut over hva denne studien dekker.)

Forskningsdesignet er altså ikke slik at det sikkert gir klare konklusjoner. Innenfor ressursbegrensningene er det likevel ment å være et design som optimerer mulighetene for konklusjoner med noen grad av sikkerhet, alle usikkerhetene ved fremtidsstudier tatt i betraktning.

3.5. Ethiske overveielser og persondata

Studien behandler ikke persondata. Som grunnlag for avklaring av forskningsspørsmål nr. 2 er det holdt arbeidsmøter med fagpersoner som respondenter. Antall påmeldte respondenter er forholdsvis lavt, antallet deltakere er enda lavere med fire respondenter. Deltakerne er ikke stilt spørsmål om personforhold, alle svar er gitt i form av det skjemaet som er illustrert i Figur 3.2, eller avskrift av skjemaet, og skjemaene er ikke merket med noen persondata om respondent. Det har ikke vært ført påmeldingslister for arbeidsmøtene, deltakerne i arbeidsmøtene er ikke oppført i lister, og det er ikke ført referat fra arbeidsmøtene. Men utdannings- og yrkesbakgrunn for deltakerne er notert og dokumentert

i kapittel 6 [Oppnåelse av overordnede mål i NTP](#). På denne bakgrunnen er det konkludert med at studiens behandling av data ikke skulle meldes til NSD.

4. Scenarier

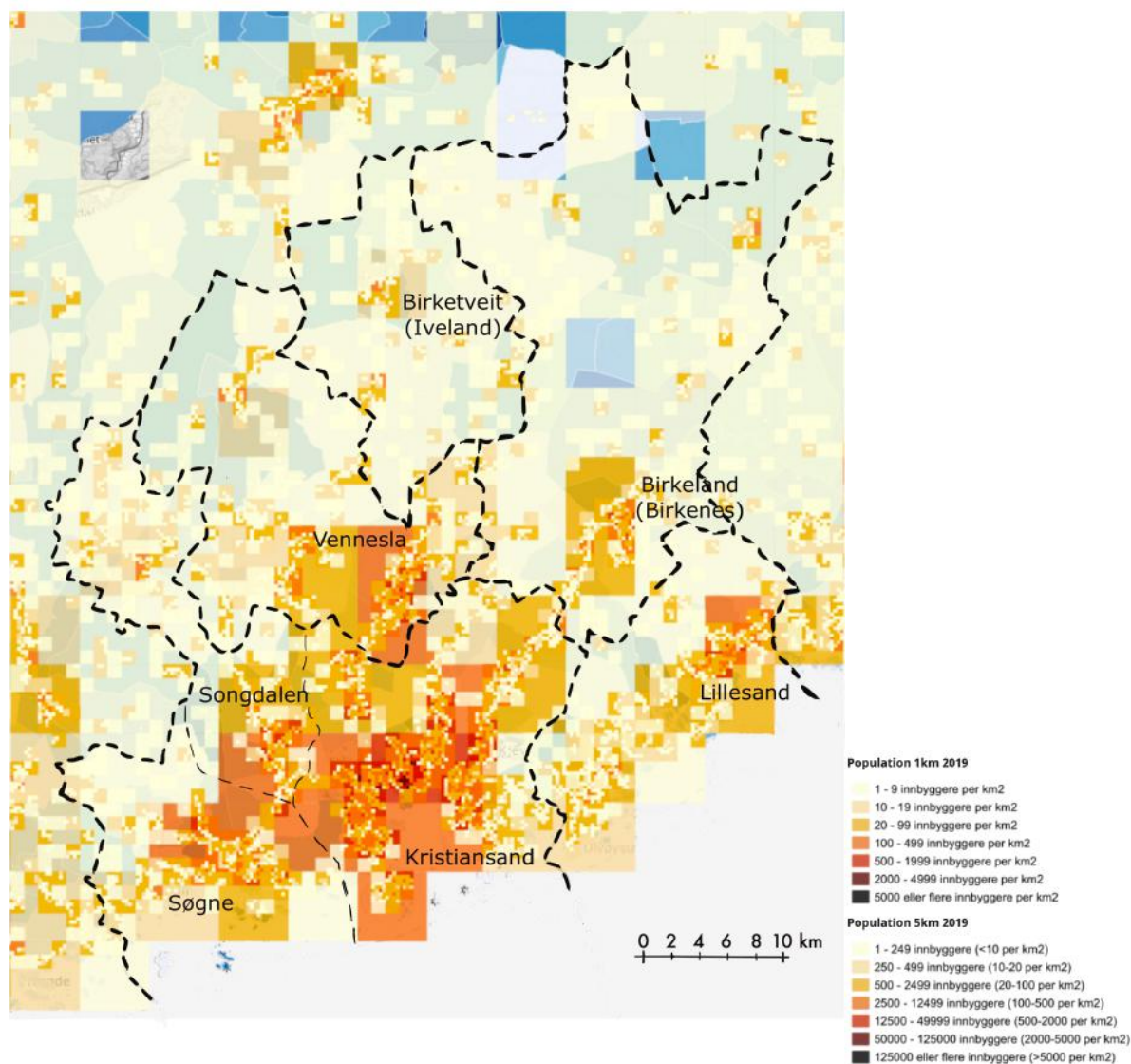
Kristiansandsregionen er valgt som konkret sted å gjøre beregningene for. Regionen har til sammen omkring 145.000 innbyggere i 2022, og består av kommunene Kristiansand, Vennesla, Iveland, Birkenes og Lillesand. Kristiansand kommune, med ca. 112.000 innbyggere, er fra 1. januar 2020 en sammenslåing av gamle Kristiansand, Songdalen og Søgne kommuner, og er Norges femte største by etter folketall. Vennesla kommune har ca. 15.000, Iveland ca. 1.300, Birkenes ca. 5.000 og Lillesand ca. 11.000 innbyggere.

Fra 2021 er også den vestligere kommunen Lindesnes, med ca. 23.000 innbyggere og Mandal som kommunesenter, med i det interkommunale regionsamarbeidet. Dette var ikke tilfelle da byutredningen (Statens vegvesen region sør, 2017) ble laget, derfor er Lindesnes ikke inkludert i denne studien.

Kristiansandsregionens plassering i Norge er vist i Figur 4.1. Kommunene i regionen, slik denne studien behandler den, er vist i Figur 4.2, sammen med Statistisk Sentralbyrås kart over befolkningstetthet. De gamle grensene innen storkommunen Kristiansand (etter sammenslåing 1. januar 2020) er vist med tynnere grenselinje.



Figur 4.1. Kristiansands plassering i Norge (Wikipedia)



Figur 4.2. Kristiansandsregionen med befolkningstetthet (Statistisk Sentralbyrå, 2021)

Antall scenarier som kan utarbeides og analyseres i denne studien, er begrenset. Med den metoden for beskrivelse og sammenlikning som gis i metodekapitlet, er sju scenarier ansett som passende.

Scenariene har variasjon i utforming innenfor spekteret av det antatt mulige innen tidshorisont omkring 2030. De er ment å være utforskende, uten mål om å være mest mulig sannsynlige. Ulike utviklinger i bruk av nye/nyere kjøretøytyper som elsparkesykler og andre små kjøretøy er med som scenario-variasjon, likeså innslag av autonome kjøretøy. Utvikling i andel nullutslippskjøretøy¹ antas å skje i det vesentlige uavhengig av utviklingen i Kristiansandsregionen, men noen tiltak i scenariene påvirker andelene. (Følsomhetsanalyse på andel nullutslippskjøretøy blir gjort i estimering av utslipp i kapittel 5.)

Veinettet er i hovedsak det samme i alle scenariene. Scenario 2 og 3 har inne ny bro kun for kollektivtrafikk, gående og syklende over Otra ved Eg (nord for de to eksisterende

1. Begrepet «nullutslippskjøretøy» brukes i den vanlige betydningen ingen lokale utslipp, selv om nasjonalt utslipp ved bruken ikke er null, og livssyklus-analyse viser betydelige utslipp av klimagasser.

kjørebroene). Noen kryssutbedringer og andre endringer er med i scenario 2, og dermed også i 3, men ikke i 1 eller 4 til 7.

Ett stort tiltak som er inkludert i alle scenariene, skal beskrives særskilt: Ytre ringvei. I 2017 var det uklart fremdriftsplan for dette prosjektet – det var ikke en gang sikkert om det ville bli prioritert. I desember 2021 ble det klassifisert som prioritert prosjekt i Nye Veiers portefølje (Nye Veier, 2021). Reguleringsprosessen er i gang. Tidspunkt for ferdigstilling er ikke satt, men det er grunn til å regne med at det blir før 2030 (ibid). Trasé fremgår av Figur 4.3. Veien skal finansieres med statlige midler og bompenger, uavhengig av eventuell byvekstavtale. Plassering av bomsnitt og prising er ikke vedtatt ennå, men Nye Veier har kommet med et forslag (Reite, 2022) om bruttosatser for personbil på 17 og 8 kroner på de to delstrekene, med justering for prisstigning og rabatter for brikkebruk og nullutslipp. I scenario-kartene i denne studien er bommene på Ytre ringvei vist med grå farge.

Verken byutredningen (Statens vegvesen region sør, 2017) eller den bakenforliggende dokumenterende rapporten (Norconsult, 2017) nevner hvilke bomtakster som er benyttet for Ytre ringvei i modelleringene, men Norconsult har opplyst² om at det er regnet 22 kroner (2016-kroner) for lette kjøretøy. Alle scenarier har derfor Ytre ringvei inne med samme takst.



Figur 4.3. Ytre ringvei utenom Kristiansands sentrale områder (Nye Veier via Reite, 2022)

Utbygget veinett i 2030 vil altså ha vesentlig mer kapasitet enn dagens veinett, og reduksjoner i nettet kunne vært mer relevant å undersøke enn tillegg, men er ikke gjort i denne studien.

Ulike regimer for arealdisponering (unntatt innfartsparkeringer) er heller ikke analysert.

Variasjon i reguleringer (bompenger, parkeringsregler og prising, soner med begrensede kjøremuligheter) er derimot med i studien. Scenario 2 og 3 sprer sine restriksjoner ut over større deler av regionen, med flere nye bomsnitt. For å belyse alternativer har scenario 4 til 7 mest variasjoner av tiltak i de sentrale delene av regionen, der utfordringene med trengsel finnes. Dette er et sentralt aspekt ved studien, blant annet avledet av det justerte nullvekstmålet (Samferdselsdep., 2020) slik det er dokumentert i kapittel 1 [Innledning](#).

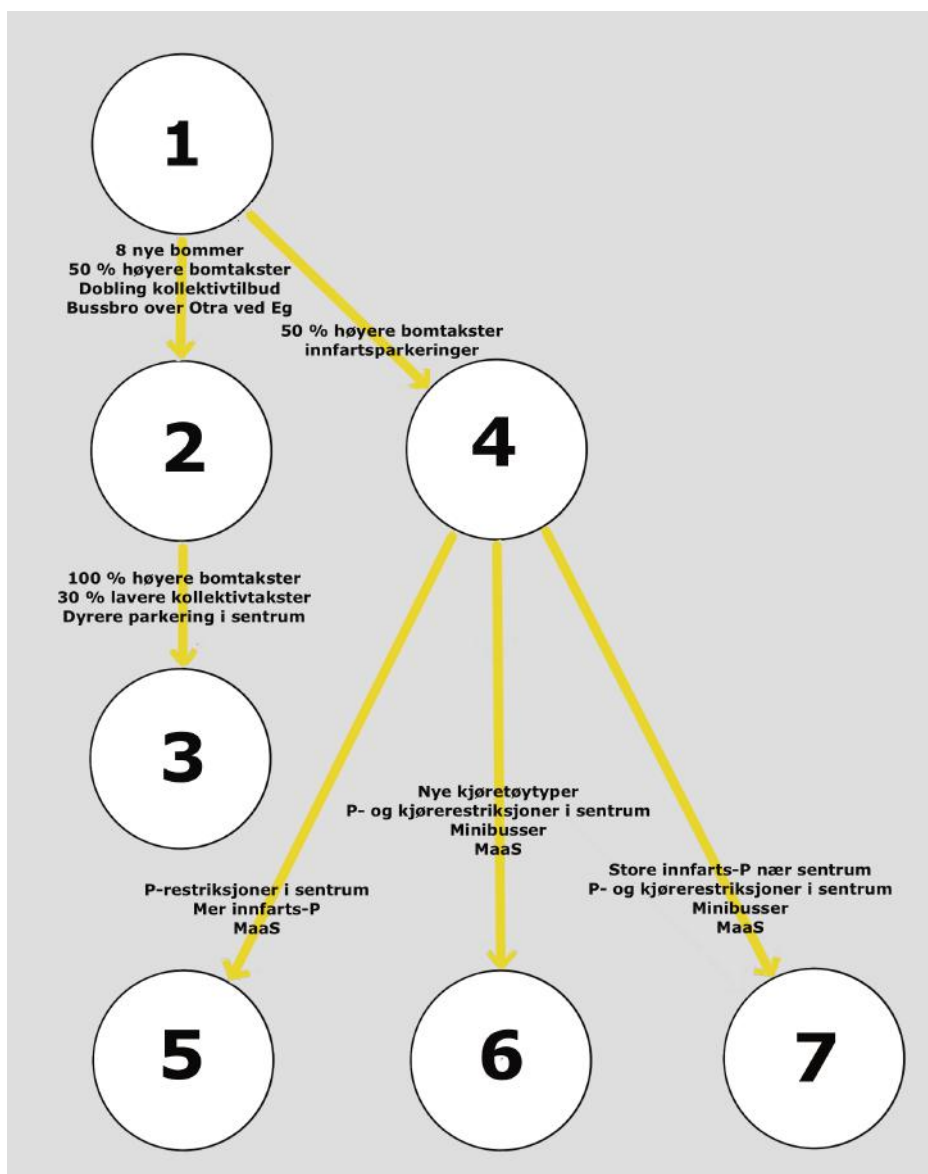
2. Mottatt i epost fra Michele Delapaz Hansen 14. januar 2022.

Byutredningen for Kristiansandsregionen (Statens vegvesen region sør, 2017) benytter transportmodell (RTM) til å beregne transport i 2016 («nåsituasjonen») og flere alternativer for 2030, med ulike tiltak innlagt. Tre av disse alternativene er tatt med som scenarier i studien. De dokumenteres som scenario 1, 2 og 3 i det følgende. Scenario 1 er nullalternativ 2030 tatt fra byutredningen, scenario 2 er «BMA-grunnlaget»³ fra byutredningen, og scenario 3 er BMA-grunnlaget pluss tilleggstiltak for nullvekst slik byutredningen beskriver det. Verdiene for «avtaleområdet» (hele regionen som vist i Figur 4.2) benyttes.

Scenarier 4 til 7 bygger videre på scenario 1 (nullalternativ 2030) uten å være hentet fra byutredningen. Disse scenariene beskrives i tilstrekkelig detaljeringsgrad til at samlet transportarbeid og fordeling på reisemidler kan estimeres, og med det gi tallgrunnlag for estimering av utslipp tilsvarende som for byutredning-scenariene. Det legges vekt på at de, og særlig scenario 6 og 7, er utformet friere enn scenario 1 til 3, for å kunne studere et bredere spektrum av mulige fremtider. Scenario 4 og 5 har tiltak som er i nær slekt med tiltak det finnes RTM-baserte utregninger for, derfor er disse to scenarienes transportarbeid estimert ved hjelp av sammenhold med andre RTM-beregnete tiltak. Scenario 6 og 7, på sin side, er ment å være mer utforskende for å undersøke hva trendbrudd kan gi av muligheter og effekter, og estimeringen kan vanskeligere gjøre bruk av etablerte data. Detaljert dokumentasjon av hvordan transportarbeidet i scenario 4 til 7 er estimert, finnes i [Vedlegg A](#).

Usikkerhetene ved transportberegninger et stykke frem i tid er betydelige, slik litteraturstudium og diskusjon i kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#) utreder. Hvis utviklingen mellom nå og 2030 går gjennom et (eller flere) trendbrudd, vil transportmodellberegninger bygge på forutsetninger som har redusert gyldighet for 2030. Estimeringene som er brukt ut over RTM-anvendelse er også usikre, slik at det er betydelig usikkerhet ved alle estimater av transportarbeid. Følsomhetsanalyse i forbindelse med utslippsestimatene (kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#)) fanger opp noe av usikkerheten. Figur 4.4 viser sammenhengene mellom scenariene og stikkord for hovedtiltakene som skiller et scenario fra sin forløper.

3. BMA står for bymiljøavtale, en avtaletype mellom stat og region som er en forløper for byvekstavtaler.



Figur 4.4. Viktige tiltakssammenhenger mellom de sju scenariene

Tanker om andre utviklingstrekk og muligheter for påvirkning er samlet i et *scenario X*, som det ikke er gjennomført estimeringsarbeid for. Det inngår heller ikke i analysene for å svare på forskningsspørsmålene - scenario 1 til 7 er ansett som tilstrekkelig for dette. Omtalen av scenario X er gitt for å tydeliggjøre at denne studien ikke er et planleggingsarbeid, men styrt av forskningsspørsmålene.

I de følgende underkapitlene gis grundig beskrivelse av hvert scenario. Nøkkelinformasjon om scenariene oppsummeres i underkapittel 4.10.

4.1. 2016: «nåsituasjonen»

Statens vegvesen region sør (2017) beregner en nåsituasjon 2016 for å kunne sammenlikne sine alternativers vekst i personbilbruk. Verdiene er ikke basert på tellinger, men på transportmodellberegninger. Byutredningens tabell 6-1 (ibid, s. 43) gir transportarbeid-resultatene for avtaleområdet, mens dens figur 4-2 (ibid, s. 42) oppgir andelene av antall reiser som transportarbeidet står for.

Antall reiser er ikke oppgitt for noen alternativer, verken i byutredning eller i dokumenterende rapport (Norconsult, 2017). Norconsult er derfor forespurt direkte og har gitt⁴ de nødvendige ekstraopplysningene.

Transportarbeid og reiseantall gjengis i Tabell 4.1.

Tabell 4.1. Transportarbeid i nåsituasjon 2016 (fra Statens vegvesen region sør, 2017, s. 42-43, og Norconsult)

	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]	Antall reiser	Andel av reiseantall [%]
Som busspassasjer	720 000	19,9	48 177	11
Som bilfører	2 300 000	63,7	264 116	60
Som bilpassasjer	310 000	8,6	27 149	6
Som syklist	140 000	3,9	24 915	6
Som gående	140 000	3,9	77 685	18
Sum	3 610 000		442 042	

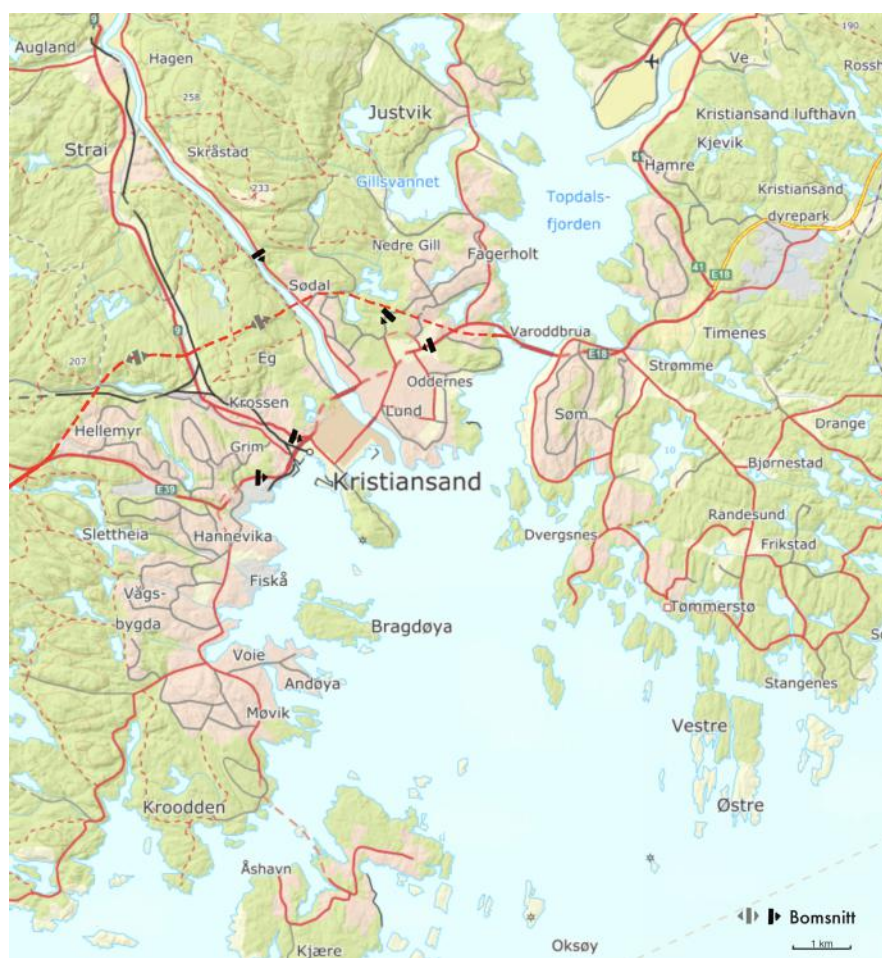
4. Mottatt i epost fra Michele Delapaz Hansen 18. februar 2022.

4.2. Scenario 1: nullalternativ 2030

Statens vegvesen region sør (2017) har nullalternativet som én av sine 2030-tilstander, og beskriver den slik:

Alle veg- og baneprosjekter som har fått statlige midler i perioden 2018–2023 skal inkluderes i virkemiddelpakkene. Dette gjelder hele Nye Veier sin portefølje, inkludert Ytre ringveg, og prosjektet E18/E39 Gartnerløkka–Kolsdalen. Dagens bompenggeordning, samt bompenggeinnkreving på Nye Veier's prosjekt er inkludert. I oktober 2017 ble det innført ny pris- og sonestruktur for kollektivtrafikken i Agder, og denne ligger inne i Nullalternativ 2030. (ibid, s. 41)

Figur 4.5 viser kart med viktige elementer i scenariet.



Figur 4.5. Kartskisse for elementer i scenario 1 og 4 (kartgrunnlag: Kartverket)

Alle bomsnitt har enveis betaling, og det er timesregel og rabattordninger. Transportarbeid er beregnet med Regional transportmodell (RTM). Beregningsresultatet er kun oppgitt som samlet antall kjøretøykilometer med bil (2.820.000) (ibid, s. 41). Fordeling av antall reiser på reisemidler er oppgitt i utredningens figur 6-4 (ibid, s. 42). Heller ikke den dokumenterende rapporten (Norconsult, 2017) har kilometertall per reisemiddel for nullalternativ 2030, ut over nevnte trafikkarbeid bil. Norconsult er forespurt direkte om å levere ut disse tallene⁵ for transportarbeid fra modelleringen, og de er ført i Tabell 4.2.

5. Mottatt i epost fra Michele Delapaz Hansen 14. januar 2022.

Likeså mangler antall reiser i de nevnte rapportene, også dette har Norconsult opplyst om⁶ ved henvendelse.

Tabell 4.2. Transportarbeid i scenario 1 (fra Statens vegvesen region sør, 2017, s. 41-42, og Norconsult)

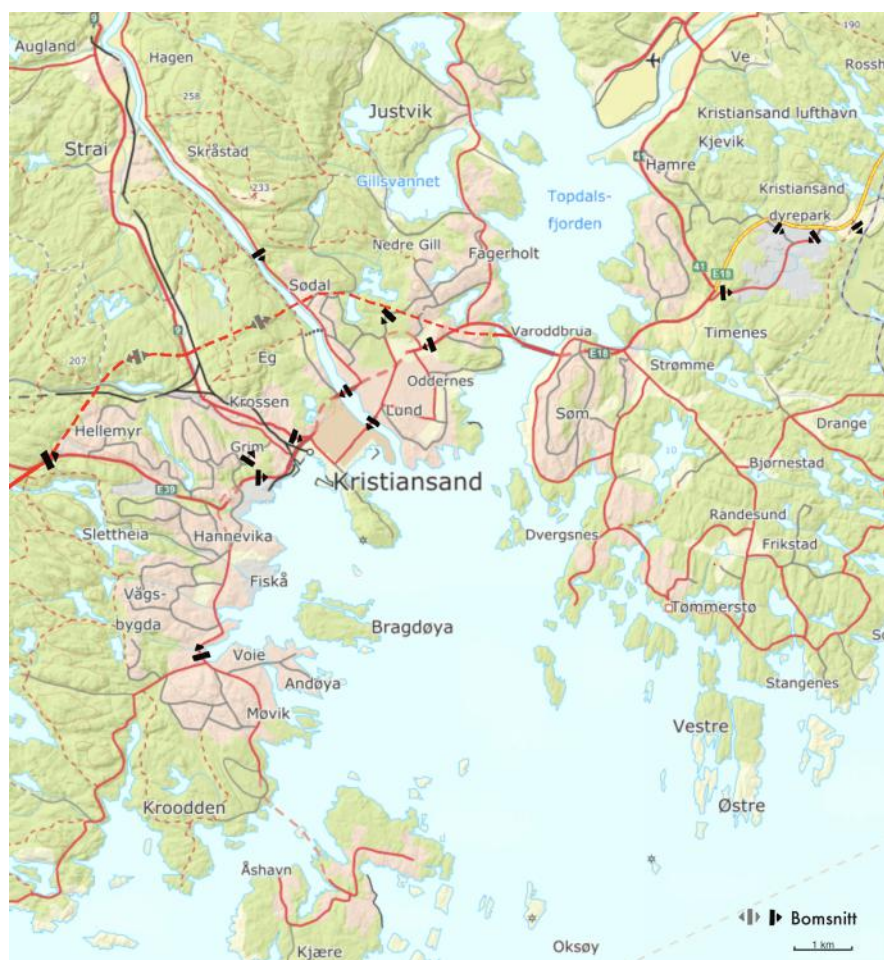
	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]	Antall reiser	Andel av reiseantall [%]
Som busspassasjer	960 000	21,7	61 353	11
Som bilfører	2 820 000	63,8	327 074	61
Som bilpassasjer	350 000	7,9	31 053	6
Som syklist	140 000	3,2	27 126	5
Som gående	150 000	3,4	89 732	17
Sum	4 420 000		536 338	

6. Mottatt i epost fra Michele Delapaz Hansen 18. februar 2022.

4.3. Scenario 2: BMA-grunnlaget

Denne tilstanden betegnes også som «KVU/Bypakke 2030» i Statens vegvesen region sør (2017), s. 41. Det inngår styrking av kollektivtilbud ifølge «Kollektivkonsept 2030» i Agder kollektivtrafikkens strategiplan (AKT, 2016), noen kryssutbedringer, ny Havnegate, store tiltak for sykkel og gange, og endring i bomregime ifølge prinsippvedtak om flere bomstasjoner og 50% høyere takster (Statens vegvesen region sør, 2017, s. 41-42). For kollektivtilbudet beskrives endringene slik: «Avgangshyppigheten på bortimot alle kollektivlinjer skal dobles sammenliknet med i dag, og standarden skal heves. Det skal også opprettes noen nye linjer.» (ibid, s. 67).

Figur 4.6 viser kart med viktige elementer i scenariet.



Figur 4.6. Kartskisse for elementer i scenario 2 og 3 (kartgrunnlag: Kartverket)

Byutredningen presenterer modellberegningene for BMA-grunnlaget i sin tabell 6-1 (ibid, s. 43). Fordeling av antall turer på reisemidler finnes i figur 4-2 i Norconsult (2017). Verdiene gjengis her i Tabell 4.3, på samme form som for scenario 1. Tallene viser at transportarbeid kollektiv øker fra ca. 960.000 pkm i scenario 1 til ca. 1.080.000 pkm i scenario 2, altså en økning på 12,5%. Verdiene for antall reiser er regnet ut fra tilsvarende i 2016 med tillegg for verdiene i Figur 4-3 i Norconsult (2017, s. 26).

Tabell 4.3. Transportarbeid i scenario 2 (fra Statens vegvesen region sør, 2017, s. 43)

	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]	Antall reiser	Andel av reiseantall [%]
Som busspassasjer	1 080 000	25,1	68 727	13
Som bilfører	2 590 000	60,2	307 486	59
Som bilpassasjer	330 000	7,7	30 079	6
Som syklist	150 000	3,5	26 725	5
Som gående	150 000	3,5	87 595	17
Sum	4 300 000		520 612	

4.4. Scenario 3: BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2

Byutredningen (Statens vegvesen region sør, 2017) gjør beregninger av ulike tilleggspakker av tiltak ut over BMA-grunnlaget. Virkemiddelpakke 2 foreskrives i to varianter (ibid, s. 70-71), der den mest omfattende varianten trengs for å nå nullvekstmålet i avtaleområdet. Denne pakken består av 30% reduksjon i kollektivtakster, økning i bomtakster til 42 kr utenom rush og 64 kr i rush, og økning av parkeringstakster i Kvadraturen. Utredningen sier også: «For å kompensere for at det pr. i dag ikke er mulig å pålegge private å avgiftsbelegge parkeringsplasser er det lagt til grunn at ordningen med timesregel ikke gjelder for bomsnittene rundt Sørlandsparken. Det betyr at bilistene må betale både når de passerer bomsnittene rundt Kvadraturen og når de passerer bomsnittene ved Sørlandsparken, selv om passeringene skjer innenfor en time.» (ibid, s. 71).

Figur 4.6 viser scenariet i kartform – det er samme fysiske utforming som for scenario 2.

Byutredningen presenterer modellberegningene for BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2 i sin tabell 9-2 (ibid, s. 73). De gjengis her i Tabell 4.4, på samme form som for scenario 1 og 2. Verken i byutredningen eller i dokumentasjonsrapporten (Norconsult, 2017) er det graf eller tabell som viser andeler av reiseantall for denne fremtidssituasjonen.

Med disse tiltakene nås nullvekstmålet i avtaleområdet, ifølge byutredningen (Statens vegvesen region sør, 2017, s. 71).

Tabell 4.4. Transportarbeid i scenario 3 (fra Statens vegvesen region sør, 2017, s. 73)

	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]	Antall reiser	Andel av reiseantall [%]
Som busspassasjer	1 220 000	29,3	ikke oppgitt	ikke oppgitt
Som bilfører	2 320 000	55,8	ikke oppgitt	ikke oppgitt
Som bilpassasjer	310 000	7,5	ikke oppgitt	ikke oppgitt
Som syklist	160 000	3,8	ikke oppgitt	ikke oppgitt
Som gående	150 000	3,6	ikke oppgitt	ikke oppgitt
Sum	4 160 000			

4.5. Scenario 4: bomtakster, innfartsparkeringer

Dette scenariet bygger på nullalternativ 2030 (scenario 1), og tar inn to virkemidler: 50% høyere bompengeretakster i de eksisterende fem bommene rundt sentrum (enveis innkrevning, ingen nye bommer) og ca. 1000 P-plasser i innfartsparkeringer. Innfartsparkeringer av mindre størrelse (inntil ca. 100 P-plasser i hver) er anlagt i knutepunkter der god betjening med buss finnes, og med gjennomsnittlig avstand fra sentrum 10 km (men uten at konkrete steder er fastlagt i studien). Prising i bommer og for parkering er satt for å gi et ekstra insitament til bruk av nullutslippskjøretøy.

Kollektivtilbudet er forbedret slik at det holder tritt med befolkningsutviklingen, med takster som ikke endres i pengeverdi, men det er ikke gjort utvidelse av rutenett eller frekvenser. I stedet legger kollektivtransporten mer ressurser i å bruke nullutslippsteknologier, som vises som høyere andel nullutslippskjøretøy når utslipp estimeres (kapittel 5).

Kartskisse i Figur 4.5 gjelder for dette scenariet.

Virkingen av tiltakene er dokumentert i Vedlegg A. Tabell 4.5 viser resultatene for scenariet. (Antall reiser er ikke estimert, derfor mangler de i denne tabellen sammenliknet med tabellene for scenario 1 til 3.)

Tabell 4.5. Transportarbeid i scenario 4

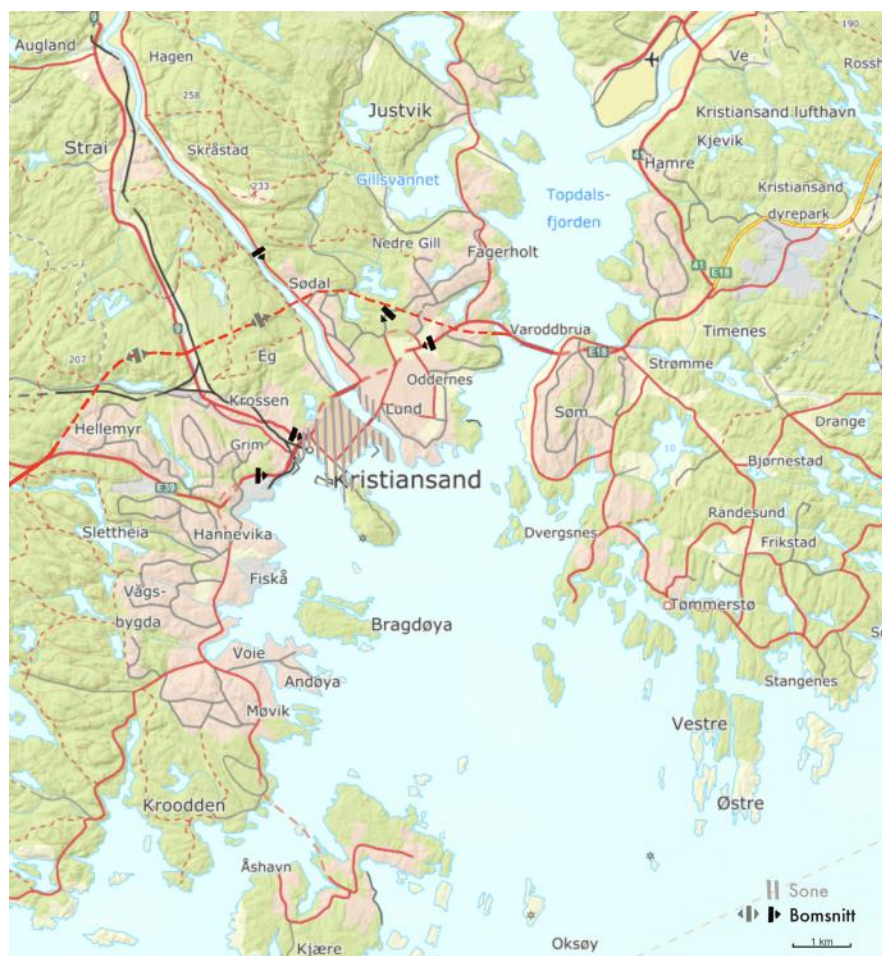
	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]
Som busspassasjer	991 000	23,4
Som bilfører	2 615 000	61,8
Som bilpassasjer	329 000	7,8
Som syklist	141 000	3,3
Som gående	152 000	3,6
Sum	4 228 000	

4.6. Scenario 5: parkeringsrestriksjoner i sentrum

Dette scenariet tar scenario 4 som utgangspunkt og legger på flere restriksjoner. Parkeringsreguleringene i sentrum er skjerpet. Større dimensjonerte anlegg for innfartsparkering er anlagt i knutepunkter der god betjening av kollektivtrafikk finnes. Takster for parkeringer og kollektivbruk er koordinert i Mobility-as-a-Service-system (MaaS) slik at det er tilstrekkelig insitament til å benytte innfartsparkeringene. MaaS-effektene er regnet inn i de endringene som parkeringsrestriksjoner og innfartsparkeringer gir.

Kartskisse med bommer og sentrumssone er vist i Figur 4.7.

Virkingen av tiltakene er dokumentert i [Vedlegg A](#). Tabell 4.6 viser resultatene for scenariet.



Figur 4.7. Kartskisse for elementer i scenario 5 (kartgrunnlag: Kartverket)

Tabell 4.6. Transportarbeid i scenario 5

	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]
Som busspassasjer	1 110 000	26,8
Som bilfører	2 343 000	56,6
Som bilpassasjer	378 000	9,1
Som syklist	151 000	3,6
Som gående	159 000	3,8
Sum	4 141 000	

4.7. Scenario 6: nye kjøretøytyper

Scenariet tar utgangspunkt i scenario 4, med justeringer for raskere teknologisk utvikling de nærmeste årene enn det er vanlig å legge til grunn. Nye kjøretøytyper som mikrobiler (Ferraris et al., 2019; Arcimoto, 2021; Microlino, 2022) og elsykler i ulike former er tatt i utbredt bruk, også uten ekstra stimuli, fordi de tilbyr bedre kost-nytte-forhold for mange brukere enn tradisjonelle kjøretøy. I sammenheng med det antas overgang til fornybare energikilder i transportmidlene å være kommet enda lenger enn i andre scenarier. Det er innført begrensninger for både kjøring og parkering med personbiler i sentrumsone (med unntak for sentrumbeboeres kjøring og parkering), begrunnet i at andelen kjøretøy som tar mindre plass er så stor at ulempene ved å utelukke de større er akseptable, at mindre kjøretøystørrelser gjør at kapasiteten både på veier og til parkering blir bedre, og at de nye kjøretøytypene uten unntak er elektrifiserte.

I deler av kollektivnettet med lavt belegg er fullstørrelse busser byttet ut med autonome elektriske minibusser som kjører på tilkalling, med kjøring inn til lokale sentra som også er knutepunkter for ordinær bussdekning. Bestilling av og betaling for bruk av transportmidler gjøres i integrert MaaS-system, der også bruk av private kjøretøy til innfartsparkeringer dekkes (betaling for parkering og bruk av buss med mulighet for pris-insentiver). MaaS-effekter er estimert inn i de øvrige anslåtte endringene.

Kart i Figur 4.8 viser dette scenariets infrastruktur.



Figur 4.8. Kartskisse for elementer i scenario 6 (kartgrunnlag: Kartverket)

Transportarbeidet er estimert i Vedlegg A. Tabell 4.7 viser resultatet for scenariet.

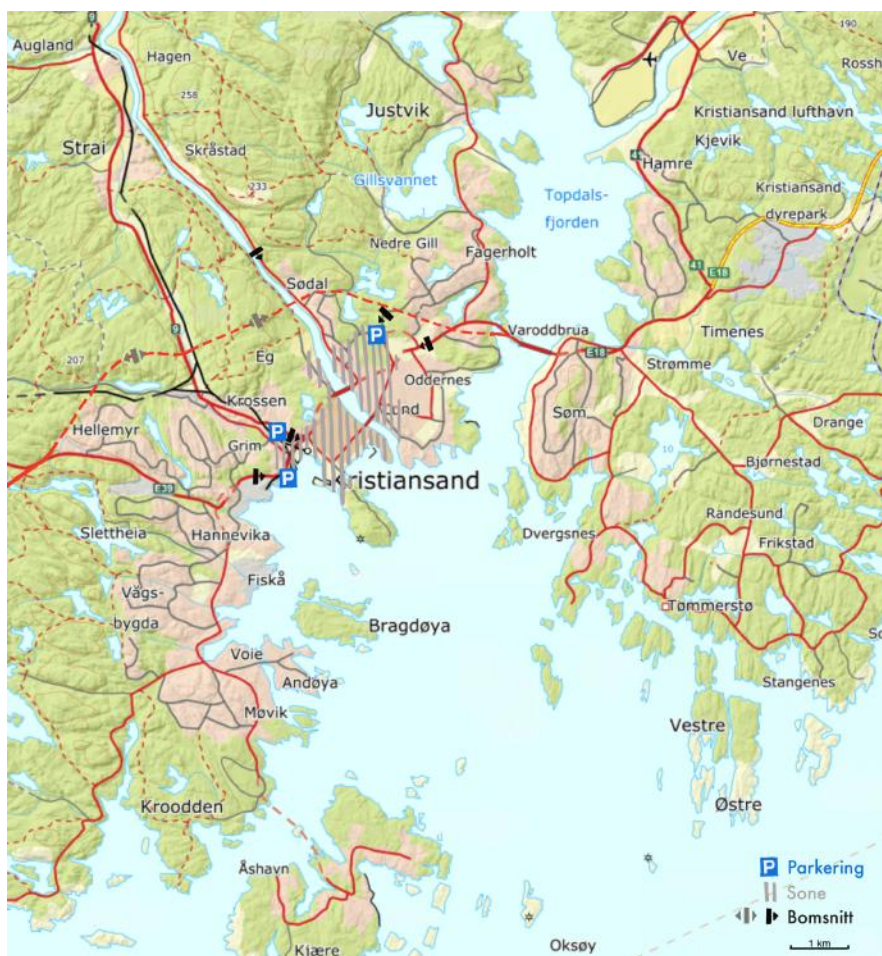
Tabell 4.7. Transportarbeid i scenario 6

	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]
Som busspassasjer	1 009 000	23,8
Som minibusspassasjer	59 000	1,4
Som bilfører	2 293 000	54,2
Som bilpassasjer	358 000	8,5
Som mikrobilfører	194 000	4,6
Som elsparkesyklist	20 000	0,5
Som elsyklist	33 000	0,8
Som syklist	129 000	3,0
Som gående	138 000	3,3
Sum	4 233 000	

4.8. Scenario 7: store innfartsparkeringer

Dette scenariet er en annen videreutvikling av scenario 4 enn scenario 5 og 6 er. Det forutsetter i likhet med scenario 6 en teknologisk utvikling for mikrobiler og minibusser, men vekten er mindre på mikrokjøretøy og mer på autonome minibusser. Det er lagt til to store og en mellomstor innfartsparkering nær sentrum, mens bomsnitt er som i scenario 4. Innfartsparkeringene er kombinert med tilbud om kollektivtransport i autonome nullutslipps-minibusser i sentrumssonen innenfor dem. I sentrum innenfor innfartsparkeringene er det nullutslippssone, og begrenset med parkering for biler i personbilstørrelse, med delvis unntak for korttids- og beboerparkering.

All transport og parkering dekkes av Mobility-as-a-Service-system (MaaS), med integrering av det man ønsker å kjøre og parkere med eget kjøretøy. Takstsystemet er slik at kombinert bruk av privatbil til innfartsparkering (også gjennom én bom) og kollektivløsning sentralt blir gunstig å velge. Innfartsparkering i seg selv er et insitament til samkjøring, ved at den sentrumsnære delen av reisene ikke trenger koordinering av de samkjørende, bare den perifere. Samkjøring både til innfartsparkering og til sentrum generelt stimuleres i tillegg med takstsystemet, blant annet ved at prisen for innfartsparkering inkluderer minibussbruk i sentrum for alle bilpassasjerer i parkeringstiden. MaaS-systemet stimulerer dessuten til bruk av mikrobiler inn til innfartsparkeringene ved hjelp av prising og tilrettelegging av parkeringskapasiteten.



Figur 4.9. Kartskisse for elementer i scenario 7 (kartgrunnlag: Kartverket)

Bruk av el(sparke)sykler er også estimert, parallelt med slik de er inne i scenario 6.

Kartskisse for scenariet er vist i Figur 4.9.

Innfartsparkeringene er plassert slik at de fanger personbiltrafikk før den kommer til de reelt trengselsutsatte strekningene på E18, E39 og i sentrum, og er lette å nå fra hovedveiene. De to store innfartsparkeringene, i øst og vest, er plassert slik at de kan kombineres med dekning av parkeringsbehov for Universitetet i Agder henholdsvis ferjetrafikken. Britiske innfartsparkeringer har i noen grad vært laget etter prinsippet som undersøkes i dette scenariet, og Parkhurst (2000) har undersøkt dem. Den norske undersøkelsen utført av Hanssen et al. (2014) konkluderer med å ikke anbefale sentralt plasserte anlegg, for at bruk av privatbil skal minimeres. Men scenariet kan belyse om totalbildet av trafikk og utslipp likevel kan være tjent med dem.

Transportarbeidet er estimert i Vedlegg A. Tabell 4.8 viser resultatet for scenariet.

Tabell 4.8. Transportarbeid i scenario 7

	Transportarbeid [pkm/dag]	Andel av transportarbeid [%]
Som busspassasjer	995 000	23,6
Som minibusspassasjer	106 000	2,5
Som bilfører	2 399 000	56,9
Som bilpassasjer	348 000	8,3
Som mikrobilfører	72 000	1,7
Som elsparkesyklist	18 000	0,4
Som elsyklist	30 000	0,7
Som syklist	123 000	2,9
Som gående	123 000	2,9
Sum	4 214 000	

4.9. Scenario X

Scenario 1 til 7 er rettet inn mot å gi data som kan underbygge svar på studiens forskningsspørsmål. De er konsentrert om reguleringer og insitamenter, og med ulike innslag av trendbrudd for teknologi og brukervalg. I en reell planleggingssammenheng ville det vært på sin plass å undersøke enda flere variasjoner, ikke minst for *veinett* og *arealbruk*.

Veipricing er et nøkkelord for årsaker og virkninger som kunne vært undersøkt. Scenario 5 til 7 har en del antydende MaaS-ordninger i seg, og veipricing ville være et mer vidtfnende regime for å bygge noe av den samme samordningen og oppnå insitament-virkninger. I en MaaS-sammenheng kan veipricing sees på som enda et element som kan inngå i systemet og gjøre det mer treffsikkert.

Et mulig utviklingstrekk som det ikke er funnet plass til å utforske grundig i scenario 1 til 7, er tendensen til mindre privat eierskap til personbil, med mer *bildeling*. For en middels folkerik region som Kristiansandsregionen vil dette kunne bli et vesentlig innslag i transportløsningen i kombinasjon med autonome kjøretøy i generell trafikk. 2030 kan være noe tidlig for en slik utvikling her. Men i den grad autonome delte personbiler regnes som privatbilisme og faller inn under nullvekst-regimet, ville det utfordre måloppnåelse i tillegg til veikapasitet. En eventuelt utvidet utgave av studien ville ha kunnet belyse forholdene.

4.10. Oppsummering scenarier

Tabell 4.9 gir en oversikt over nøkkelegenskaper ved alle sju scenariene, slik de er beskrevet i det foregående. *Veinett* for bil er det samme i alle scenarier, deriblant Ytre ringvei, som er inne med bomsnitt og takster som ikke er vedtatt ennå og ikke er dokumentert i byutredning (Statens vegvesen region sør, 2017). Alle bomsnitt unntatt Ytre ringvei er med enveis betaling, inn mot sentrum henholdsvis Sørlandsparken/IKEA. Bomtakstene for scenario 1 til 3 er hentet fra byutredningen (ibid). Bommer har timesregel, med unntak for bomber rundt Sørlandsparken og IKEA i scenario 3, og Ytre ringvei i alle scenarier.

Tabell 4.9. Oversikt scenarier

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Kollektivtilbud generelt		doblet	doblet*				
Kollektivtilbud perifert						minibuss	
Kollektivtilbud sentralt							mye
Bro over Otra ved Eg		ja	ja				
Innfartsparkering distribuert	noe	noe	noe	noe	mer	mye	noe
Innfartsparkering sentralt							3
Parkeringsrestriksjoner	noe	noe	mye	noe	mye	mye	mye
Kjørerestriksjoner						ja**	ja**
Bomsnitt [antall]	5	13	13	5	5	5	5
Bompris personbil [†] rush	21	32	64	32	32 ^{††}	32 ^{††}	32 ^{††}
Bompris personbil [†] ellers	14	21	42	21	21 ^{††}	21 ^{††}	21 ^{††}
MaaS ^{††}					noe	mye	mye

* og 30 % lavere takster

** i Kvadraturen og deler av omkringliggende strøk

† fullpris fossilbil før rabatter

†† takstsystem håndterer bompassering, innfartsparkering og bruk av kollektivmidler samlet

Transportarbeid slik det er vist for hvert scenario i det foregående, er oppsummert i Tabell 4.10. Biltransport er summert for hvert scenario, som sum av tallene for bilfører,

bilpassasjer og mikrobilfører (mikrobiler er altså regnet å telle fullt ut mot nullvekstmålet). Endring fra 2016 er regnet ut som prosent av endringen fra 2016 til scenario 1 og presentert som «Oppnåelse nullvekstmål». 100% oppnåelse betyr altså at biltransport ikke har økt fra 2016, mens 80% oppnåelse (eksempelvis) betyr at det har økt $100 - 80 = 20\%$ av økningen i nullalternativet (scenario 1). Utrekningen viser at scenario 3 er svært nær oppnåelse av nullvekstmålet (96%), scenario 5 er på 80%, scenario 7, 6, 2 og 4 er progressivt dårligere fra 63% ned til 40%, og scenario 1 er per definisjon helt nede på 0% oppnåelse.

Tabell 4.10. Oversikt scenariers transportarbeid og oppnåelse av nullvekstmål [tall i 1000 pkm/dag]

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
Busspassasjer	720	960	1 080	1 220	991	1 110	1 009	995
Minibusspassasjer							59	106
Bilfører	2 300	2 820	2 590	2 320	2 615	2 343	2 293	2 399
Bilpassasjer	310	350	330	310	329	378	358	348
Mikrobilfører							194	72
Elsparkesyklist							20	18
Elsyklist							33	30
Syklist	140	140	150	160	141	151	129	123
Gående	140	150	150	150	152	159	138	123
Sum persontransport	3 610	4 420	4 300	4 160	4 228	4 141	4 233	4 214
Sum biltransport	2 610	3 170	2 920	2 630	2 944	2 721	2 845	2 819
Biltransport som % av 2016	100%	121%	112%	101%	113%	104%	109%	108%
Oppnåelse nullvekstmål* [%]		0%	45%	96%	40%	80%	58%	63%

* relativt til nullalternativet i scenario 1 som har 0% oppnåelse

5. Utslipp av klimagasser

Dette kapitlet dokumenterer utslippsdata, i sju underkapitler. Underkapittel 5.1 gjennomgår kilder for spesifikke utslippsverdier, og diskuterer og fastsetter verdiene som brukes i denne studien. [Underkapittel 5.2](#) dokumenterer omregningene fra transportarbeid til trafikkarbeid i hvert scenario, og [underkapittel 5.3](#) dokumenterer og viser utslipp-estimeringene per scenario. Sammenstillinger av utslippsdata på tvers av scenarier står i [underkapittel 5.4](#), [underkapittel 5.5](#) følsomhetsanalyserer resultatene og dokumenterer valgt metode for sammenlikninger av scenariene som kommer i [underkapittel 5.6](#). Et kort sammendrag finnes i [underkapittel 5.7](#).

5.1. Spesifikke utslippsfaktorer

For bruk i utregningene av utslipp per scenario skal det settes spesifikke utslippsfaktorer ifølge Tabell 5.1. Ved utregning av utslippene blir det følsomhetsanalysert ved at verdiene økes/redueres prosentvis slik [Tabell 5.5](#) viser.

Både livssyklus-utslipp (LCA, Life Cycle Assessment) og utslipp i Norge skal estimeres. Beregning av utslipp i Norge velges som regnemåte i stedet for «lokale utslipp», for at det skal stemme best med måten oppfyllelsen av Norges forpliktelser for nasjonale utslipp beregnes. Utslipp i Norge kan tilnærmet sees på som en well-to-wheel-verdi for energien som brukes i driften av transport, mens LCA-verdiene dekker både energien og kjøretøyene. (Som tidligere bemerket er utslipp på grunn av bygging og drift av infrastruktur ikke tatt med, fordi det i all hovedsak er veibaserte transportmåter som er undersøkt, og utslipp på grunn av infrastruktur antas å ikke påvirke sammenlikninger sterkt. Hvis andre transportmåter enn veibaserte hadde vært med i sammenlikninger, kunne et videre LCA-perspektiv vært riktig.)

Når det i denne studien brukes uttrykket «i Norge» eller «nasjonalt», er altså utslippsfaktorene for dette brukt på regionens trafikk. Utslipp som trafikk utenfor regionen forårsaker, er ingen steder med i estimerte mengder (tonn) CO_{2e}.

I denne studien settes utslipp i Norge for sykkel og gange til 0, mens det for alle andre tilfeller baseres på litteratur og diskusjon slik det gjennomgås nedenfor. Tomme hvite ruter i Tabell 5.1 er hva det blir etablert verdier i. Grå ruter gjelder kjøretøytyper som ikke har noe trafikkarbeid i 2016.

Tabell 5.1. Spesifikke utslippsfaktorer som trengs [CO_{2e} i g/kjtkm] (grå ruter trenger ikke verdi)

Transportmåte	2016 i Norge	2016 livssyklus	2030 i Norge	2030 livssyklus
buss, fossil				
buss, elektrisk				
minibuss, fossil				
minibuss, elektrisk				
personbil, fossil				
personbil, elektrisk				
mikrobil, elektrisk				
elsparkesykkel				
elsykkel				
sykkel	0		0	
gange	0		0	

5.1.1. Innsamling av utslippsfaktorer fra forskning og utredninger

TNMT (2021) (*Travel and Mobility Tech*, et nettsted som drives av nåværende og tidligere ansatte ved Lufthansa Innovation Hub) gir en oversiktlig, men ikke særlig godt dokumentert, samling utslippsverdier for transport. Hovedtallene som gis er for livssyklus, men også lokale utslipp kan leses ut av tabellen bak presentasjonen. Blant verdiene som er relevante for denne studien, er (avrundet til hele tall) sykkel med 8 g/pkm livssyklus og 0 g/pkm lokalt; elsykkel med 18 g/pkm livssyklus og 0 g/pkm lokalt; elsparkesykkel med 102 g/pkm livssyklus og 25 g/pkm lokalt; elbuss med 22 g/pkm livssyklus og 1 g/pkm lokalt; fossilbybuss med 38 g/pkm livssyklus og 28 g/pkm lokalt; elbil med 99 g/pkm livssyklus og 3 g/pkm lokalt; fossilbil (snitt diesel og bensin) med 208 g/pkm livssyklus og 130 g/pkm lokalt. Det gis ikke informasjon om hvilke passasjerbelegg som forutsettes i beregningene.

Klimarådet (2018) beregner primært livssyklus-utslipp fra personbiler i Danmark med ulike fremdriftsteknologier, men også lokale utslipp fremgår. Rapportens verdier for 2018 for livssyklus elbil er ca. 90 g/kjtkm, og ca. 210 g/kjtkm for en gjennomsnittlig ny fossilbil (ibid, s. 4). Lokale utslipp fra den gjennomsnittlige nye fossilbilen i 2018 er ca. 150 g/kjtkm (ibid, s. 5). Rapporten regner kun CO₂, ikke CO_{2e}, slik at dens tall er noen prosent for lave relativt til denne studiens bruk av CO_{2e}. På den andre siden brukes dansk strømmiks for 2017 med 213 g/kWh (ibid, s. 10). Klimarådet (2018) antar at dansk strømmiks i 2030 vil bli generert uten utslipp av CO₂, som kombinert med antatt mer effektiv produksjon gir som resultat at elbil da faller til ca. 45 g/kjtkm (ibid, s. 16). En «effektiv dieselbil 2030» antas med tilsvarende utvikling å være på ca. 150 g/kjtkm livssyklus (ibid, s. 16). Bilenes samlede kjørelengde i levetiden antas å være 200.000 km for begge typer (ibid, s. 10), men rapporten nevner at dette kan være en for enkel antakelse (ibid, s. 11). Livssyklus-beregningene dekker kjøretøyene og deres bruk inkludert produksjon av fremdriftsenergi, men ikke infrastruktur – dette stemmer med denne studiens avgrensning.

Nordelöf et al. (2019) gjør beregninger for busser, basert på data fra Volvo Bus Corporation og kjøring i Göteborg, Sverige. Forutsetningene for beregningene er grundig beskrevet (ibid, s. 213), her gis et sammendrag. Livssyklus-beregningene dekker kjøretøyene og deres bruk inkludert produksjon av fremdriftsenergi, men ikke infrastruktur – dette stemmer med denne studiens avgrensning. Buslinjen som er analysert, er 7,6 kilometer lang med gjennomsnittlig passasjerbelegg på 16 (ibid, s. 214). Bussvekt er ikke oppgitt, men busstype: Volvo 7900 12-meter med ulike fremdriftskonfigurasjoner. Levetid for en buss, uansett type fremdriftsenergi, anslås til 780.000 km over 12 år (ibid, s. 214). Resultatene er at en konvensjonell dieselbuss med 7% innblandet biodiesel gir livssyklus CO_{2e}-utslipp på ca. 93 g/pkm (ca. 1500 g/kjtkm), mens en rent elektrisk drevet buss gir fra ca. 13 g/pkm (ca. 210 g/kjtkm) og oppover alt etter strømmiks der batteriene lades (Nordelöf et al., 2019, s. 215).

Rupp et al. (2019) undersøker primært hvordan tysk strømmiks og dens variasjon over tid (døgn, sesong) påvirker totalutslippene ved bruk av batterielektriske leddbuss (BEV) sammenliknet med diesel-leddbuss, passasjerkapasitet 139 til 152. Gjennomsnittlig faktisk belegg er observert til 18 personer. Drivstofforbruk for undersøkte dieselbusser oppgis til typisk ca. 0,6 liter per km, for elbusser ca. 1,7 kWh/km (ibid s. 625; riktignok står det 170 kWh/km, men det må menes 170 kWh/100km). At produksjonsfasen for elbusser forårsaker mer utslipp sammenliknet med dieselbusser betyr lite ifølge artikkelen («The larger CO_{2eq} emissions of BEV production are compensated for all scenarios within the first year of operation», ibid, s. 618). Hovedkonklusjonen i artikkelen er at miljømessig gunstig

bruk av elbusser er avhengig av strømmiks med betydelig innslag av strøm generert med lite utslipp, og at det er mye å vinne på å lade på gunstige tider.

Braun og Rid (2017) begrenser sin utredning til å se på energiforbruk i to like biler med ulike fremdriftsmidler: diesel og batterielektrisk. Deres resultater er at den dieseldrevne bilen forbruker 58,4 til 77,8 kWh per 100 km (tank-to-wheel, altså ikke inkludert tillegg for produksjon og frakt av diesel), mens den batterielektriske forbruker 15,8 til 27,5 kWh per 100 km (ibid, s. 473) inkludert ladetap på 10% (ibid, s. 472).

Både Hollingworth et al. (2019) og Møller et al. (2020) undersøker livssyklus-utslipp av CO₂ i forbindelse med bruk av «e-scooters», elektriske sparkesykler. Den første undersøker amerikanske driftsforhold, den andre er konsentrert om Europa med spesiell vekt på et konkret firmas drift av elsparkesykler i Paris. Hollingworth et al. kommer til høye spesifikke utslipp på fra ca. 140 g/p-mile og oppover, mens Møller et al. kommer til verdier fra 35 til 121 g/pkm (Møller et al., 2020, s. 21-22).

5.1.2. Diskusjon, utslippsfaktorer å bruke i estimeringer

Generelt. Produksjonsmetoder og levetidsmuligheter for kjøretøy må påregnes forbedret over tid. Dette gjelder i utgangspunktet alle kjøretøytyper, men særlig for de elektrisk drevne siden man er forholdsvis tidlig i utviklingsløpet for dem (ref. Klimarådet (2018) og deres begrunnelser for utvikling bak verdiene som brukes der). Vedlikeholdsarbeid på elektriske kjøretøy er mindre omfattende enn på fossile, og batteriers ytelse, kostnader og utslipp i forhold til antall ladesykluser vil forbedres med tiden. Disse forholdene gjør at studien bruker lavere utslippsverdier for 2030 enn for 2016 for de kjøretøytypene som finnes på begge tidspunkter.

Energibruk i drift av kjøretøy varierer med kjørehastighet og kjøretøystørrelse. Det regnes vanligvis med at ca. 60 km/h er optimal hastighet for fossile kjøretøy (se for eksempel Oh et al., 2022), mens kjøretøy med elektrisk motor kan være optimale ved noe lavere hastighet enn dette (Galvin, 2017). Denne delen av studien tar sikte på å bestemme utslipp ved midlere hastigheter for middels store kjøretøy. Følsomhetsvarianter (se [Utslipp i scenariene](#)) vil ta høyde for om hastighetene og kjøretøystørrelser avviker.

Kjøretøybestanden i 2030 vil bestå av både nyere og eldre kjøretøy. Andel elektrifiserte kjøretøy spesifiseres for hvert scenario (som høy – middels), slik at grad av elektrifisering ikke skal regnes inn i verdiene her. Men verdiene må stå for gjennomsnittet for hver kjøretøykategori i Tabell 5.2, ikke bare de sist produserte og kjøpte.

Strømmiks er nevnt i flere av rapportene som er kilder, og kan gi store utslag på spesifikke utslipp for transportmåtene. Strøm som brukes, må være generert fra en annen energiform, og genereringen kan ha forårsaket utslipp av klimagasser. Det gjøres i denne studien ikke betraktninger om hvilken strøm som brukes til hva. All bruk av strøm i Norge anses å være med gjennomsnittlig strømmiks – studien gjør ingen prioritering av importstrøm til noen formål og innenlandsk strøm til andre. NVE (2021) har beregnet norsk strømmiks, med en andel importstrøm, til 17 g CO_{2e}/kWh i 2019. Denne verdien brukes for 2016. Det antas at Europa med tiden får renere strøm (ref. Klimarådet, 2018, og deres beskrivelse av fremtidig dansk strøm), og da vil utslipp per kWh importert strøm bli mindre. I denne studien brukes 15 g CO_{2e}/kWh i 2030 for det som teller i Norges utslippsregnskap. (Se [Vedlegg C](#) for utregninger av transportens utslipp ved andre spesifikke utslipp per kWh generert.)

Dieselbuss. Rupp et al. (2019) er en detaljert kilde til informasjon om drift av leddbusser, både for diesel og elektrisitet. Nandhakumar et al. (2021) sier at «Heavier the bus more is the energy required to run it». Et forbruk på 0,6 l/kjtkm (ibid, s. 625) for en leddbuss (18

meter) kan med denne forutsetningen regnes om til forbruk for en buss på 12 meter ved å følge vektforskjellen: $0,6 \text{ l/kjtkm} \times (19.500 \text{ kg}/29.000 \text{ kg}) = 0,4 \text{ l/kjtkm}$ (vekter for Volvo 7900 av de to typene/lengdene ifølge Volvo (2022a) og Volvo (2022b)). Brenning av 0,4 liter diesel med 7% bioinnslag fører til 1310 g CO_{2e} (E3 Fleet, 2022). Dette er lokalt utslipp for diesalbuss i 2016, og brukes med noe reduksjon i 2030 på grunn av antatt teknologisk utvikling. For utslipp ved produksjon og frakt av diesel, som antas i hovedsak å foregå i Norge og derfor må tas med for nasjonale utslipp, kan det legges til ca. 20% (kilde ICCT, 2010, som sier utvinning, frakt og raffinering av olje står for 18% av well-to-wheel-utslipp i transport ved bruk av fossil energi). Verdiene som brukes for diesalbuss-utslipp i Norge er dermed 1550 g/kjtkm i 2016 og 1440 g/kjtkm i 2030.

For livssyklus-utslipp (LCA) vanlig størrelse diesalbuss (med 7% innblandet biodiesel) kommer Nordelöf et al. (2019) til ca. 93 g/pkm ved deres observerte gjennomsnittlige belegg på 16 passasjerer, som da blir ca. 1500 g/kjtkm.

Verdiene kan kontrolleres mot TNMT (2021), som har fossilbybuss på 38 g/pkm LCA og 28 g/pkm lokalt. TNMTs verdier må anvendes med tolkning, på grunn av manglende bakgrunnsdokumentasjon for verdiene der, for eksempel for belegg. Sammenholdes TNMTs 28 g/pkm lokalt med 1300 g/kjtkm fra Rupp et al. (2019), tilsvarer det et belegg på $1300 / 28 = \text{ca. } 46,4$ passasjerer. For LCA kan da $38 \text{ g/pkm} \times 46,4 = \text{ca. } 1760 \text{ g/kjtkm}$. Dette er noe høyere enn de nevnte 1500 g/kjtkm hos Nordelöf et al. (2019) fra deres Göteborg-undersøkelse. Ut fra beskrivelsen av rutetype og gjennomsnittlig hastighet (7,6 km lengde i by, 18 km/h (ibid, s. 214)), og at Kristiansandsregionen bruker større og tyngre leddbuss på noen ruter og har flere lengre ruter med høyere hastighet, velges for denne studien å bruke 1800 g/kjtkm LCA diesalbuss i 2016, og 1700 g/kjtkm i 2030 på grunn av effektivisering.

Elbuss. Drift av stor elbuss bruker ca 1,7 kWh/kjtkm ifølge Rupp et al. (2019, s. 625). Med samme faktor for reduksjon til vanlig størrelse elbuss og 15% tillegg for overførings- og ladetap blir forbruket i drift $1,7 \text{ kWh/kjtkm} \times (19.500 \text{ kg}/29.000 \text{ kg}) \times 1,15 = \text{ca. } 1,31 \text{ kWh/kjtkm}$. Strømmiks med 15 g/kWh i 2030 gir ca. 20 g CO_{2e}/kjtkm i Norge.

For elbuss LCA sier Nordelöf et al. (2019) ca. 210 g/kjtkm ved helt ren strøm og ca. 256 g/kjtkm ved strøm til 40 g CO_{2e}/kWh. Norsk strømmiks 2030 med 15 g/kWh vil da være $210 + ((15/40) \times (256 - 210)) = 227 \text{ g/kjtkm}$. Men også her skal det legges til ca. 15% for andel større busser og lengre ruter med høyere hastighet, og trekkes fra ca 5% for effektivitetsforbedring i 2030, slik at studien bruker 250 g/kjtkm for elbuss LCA i 2030.

Personbil - fossil. Klimarådet (2018) beregner LCA-utslipp for gjennomsnittlig ny fossilbil til 210 g/kjtkm, dette brukes som LCA-verdi 2030 i studien for å ta hensyn til bilparkens alder. For 2016 regnes en dårligere effektivitet med ca. 10%, altså 230 g/kjtkm. Lokale utslipp er hos samme kilde 150 g/kjtkm, dette anvendes for 2030 mens 2016 har dårligere effektivitet og 160 g/kjtkm. I tillegg kommer ca. 20% til produksjon, frakt og raffinering av drivstoff, tilsvarende som for buss når det skal regnes nasjonale utslipp i stedet for lokale, slik at utslipp i Norge i 2016 er 190 g/kjtkm og i 2030 er 180 g/kjtkm.

Braun og Rid (2017) gir ikke utslippsverdier som kan brukes direkte i denne studien, men deres forskning gir en kontrollmulighet. Den dieseldrevne bilen har energiforbruk på gjennomsnittlig ca. 0,65 kWh/km, som gir et lokalt utslipp av CO₂ på ca. 160 g/kjtkm når det regnes med 2660 g CO₂ per liter diesel og energiinnhold 10,7 kWh per liter. Dette stemmer godt overens med forrige avsnitt.

Elbil. Klimarådet (2018) har elbil på dansk strømmiks i 2018 med 90 g/kjtkm. Dansk strømmiks var da 213 g/kWh. Med et forbruk på rundt 0,2 kWh/kjtkm var nesten

halvparten av utslippene per kjøretøykilometer på grunn av strømgenereringen ($0,2 \text{ kWh/kjtkm} \times 213 \text{ g/kWh} = 42,6 \text{ g/kjtkm}$). Dersom denne strømmen er norsk 2016-utgave i stedet, lager strømgenerering $0,2 \text{ kWh/kjtkm} \times 17 \text{ g/kWh} = 3,4 \text{ g/kjtkm}$ i stedet for 42,6, derfor ville en elbil på norsk 2016-strøm ha livssyklus-utslipp på ca. 50 g/kjtkm på dette tidspunktet, med de samme forutsetninger som i Klimarådet (2018). På grunn av effektivitetsutvikling og alderssammensetning benyttes 55 g/kjtkm i 2016 og 45 g/kjtkm i 2030 for elbil LCA.

For utslipp i Norge på grunn av elektrisitet til drift regnes $0,2 \text{ kWh/kjtkm}$ og strømmiks med $17 \text{ g CO}_2\text{e/kWh}$ i 2016, $15 \text{ CO}_2\text{e/kWh}$ i 2030. Dette gir 3 g/kjtkm begge steder.

Minibuss og mikrobil. Det er ikke gjort litteratursøk etter utslippsverdier for minibuss og mikrobil. Minibuss kan være den typen som benyttes i Kongsberg (Kongsberg, 2021), EasyMile EZ10. Ifølge produsent er kapasiteten 12 passasjerer og bruttovekt 3.130 kg (EasyMile, 2022), mens utslippsverdier ikke er oppgitt av produsent. Vekt kan indikere ca. det dobbelte av liten el-personbil i drift. I denne studien anses denne måten å regne på som tilstrekkelig presis, selv om kjørelengde over levetiden vil ha stor betydning. For fossil minibuss, i tilfelle den skulle forefinnes i noen scenarier, regnes på samme måte det dobbelte av fossil personbil.

Mikrobil finnes i ulike størrelser, og som Arcimoto (2021) viser foregår mye nyutvikling på feltet. Miks og typer av mikrobiler i bruk i 2030 er vanskelig å anslå, men det vurderes at utslipp lik halvparten av dem for fullstørrelse personbil kan gjelde.

For både minibuss og mikrobil vil store trafikkvolumer for dem bety at den potensielle feilen forårsaket av så upresise anslag som dette, vil kunne ha betydning for sammenlikningene av scenarier. Men scenariene bedømmes til å ikke ha slike betydningsfullt store volumer, se [Tabell 4.10](#). Uansett er det betydelig usikkerhet ved alle utslippsverdier, og følsomhetsanalysen for spesifikke utslipp gjøres for et intervall på $\pm 20\%$.

Felles for elsparkesykkel, elsykkel, sykkel og gange. Personkilometer (pkm) regnes i denne studien lik kjøretøykilometer (kjtkm), uten omregningsfaktor, og oppgis i det følgende som kun km.

Elsparkesykkel. Verdier i TNMT (2021) for elsparkesykkel, 102 g/km LCA (livssyklus) og 25 g/km lokalt, kan sees opp mot andre rapporter. Hollingworth et al. (2019) har livssyklusverdier for CO_2e på fra ca. 88 til 126 g/km (141 til 202 g/mile ; *ibid*, Abstract). Artikkelen peker særlig på at driftsoperasjonen er energikrevende og utslippsgenererende, med utstrakt bruk av dieseldrevne kjøretøy. Det som gjør størst utslag er likevel levetiden på elsparkesyklene, som er observert ned til noen få måneder: det blir få km å fordele produksjon og distribusjon på.

Møller et al. (2019) har verdier som er annerledes enn de amerikanske fra Hollingworth et al. Operatøren Vois forhold i Paris er undersøkt konkret, og rapporten fra Møller et al. sier at CO_2e -utslippet der i deres operasjon i 2020 er på 35 g/km (*ibid*, s. 4).

I denne studien brukes 45 g/km for LCA 2030, og 2 g/km i Norge til lading, ladetap og andre driftsoperasjoner.

Elsykkel. TNMT (2021) har verdier for elsykkel med 18 g/km LCA , 0 g/km lokalt. TNMT bør som nevnt ikke anvendes alene som kilde, men for de transportmåtene som har lave eller ingen utslipp uansett, deriblant elsykkel, kan dens tall være anvendelige. Elsykkel LCA 2030 settes i denne studien til 15 g/km , noe lavere enn TNMT fordi strømmiks til produksjon og frakt mot 2030 antas å være renere. Som utslipp i Norge til drift settes 1 g/km fordi det

brukes noe strøm til lading og ladetap. Verdiene som brukes her, gjør uansett lite utslag i de samlede utslippene.

Sykkel. TNMT (2021) har verdier for sykkel med 8 g/km LCA, 0 g/km lokalt. TNMT-forbehold er allerede omtalt. Sykkel LCA 2016 settes i denne studien til 8 g/km; og 5 g/km i 2030, som er noe lavere enn TNMT fordi strømmiks til produksjon og frakt mot 2030 antas å være renere. Som utslipp i Norge til drift regnes 0 g/km. Verdiene som brukes her, gjør som for elsykkel lite utslag i de samlede utslippene.

Gange. Det kan diskuteres om gange er uten livssyklus-utslipp. Den som går, bruker mer energi enn den som ikke går, og energi skaffes gjennom mat som må produseres og distribueres og dermed forårsaker utslipp som kunne telle med. Tilsvarende som for elsykkel og sykkel kan det gjøres en vesentlighetsbetraktning: det er her så små tall at det for sammenlikning av scenarienes utslipp er uten betydning. Uten at det har noe å si for utslippene, kan det også bemerkes at den typen energiforbruk som gange (og sykkel i dens ulike former) medfører, har gevinster for samfunnet på andre felter, i hovedsak helse. Gange settes til 0 i utslipp i denne studien.

Oppsummering. Samlet sett tilsier datainnsamlingen og diskusjonen at spesifikke utslippsverdier kan benyttes slik Tabell 5.2 viser. Trafikk i Kristiansandsregionen er en blanding av bykjøring og landeveiskjøring, med små og større kjøretøy. Det antas at gjennomsnittstrafikken i regionen stemmer godt med forutsetningene for gjennomsnittlige spesifikke utslipp slik de er utredet, og at følsomhetsvariantene som dokumenteres i [Tabell 5.5](#) dekker for usikkerheter.

Tabell 5.2. Spesifikke utslippsfaktorer som benyttes [CO₂e i g/kjtkm]

Transportmåte	2016 i Norge	2016 LCA	2030 i Norge	2030 LCA
buss, fossil	1550	1800	1440	1700
buss, elektrisk			20	250
minibuss, fossil			360	420
minibuss, elektrisk			6	90
personbil, fossil	190	230	180	210
personbil, elektrisk	3	55	3	45
mikrobil, elektrisk			2	23
elsparkesykkel			2	45
elsykkel			1	15
sykkel	0	8	0	5
gange	0	0	0	0

5.2. Omregning fra transportarbeid til trafikkarbeid

Det er estimert transportarbeid (personkilometer, pkm) i scenariene, se kapittel 4 [Scenarier](#). Utslippsfaktorene som er bestemt i forrige underkapittel og vist i [Tabell 5.2](#), gjelder for kjøretøykilometer (kjtkm). Det må derfor regnes om ut fra beleggfaktorer.

For buss finnes det statistikk for Agder i årsrapporter fra Agder Kollektivtrafikk (AKT), deriblant den for 2016 (AKT, 2017). Deres rapporteringsområder sammenfaller ikke med denne studiens «Kristiansandsregionen», siden det er flere kontrakter om busskjøring innen regionen. Årsrapporten for 2016 beskriver kjøring i Kristiansandsområdet (passasjerantall ibid s. 20, rutekilometer ibid s. 24), som er størstedelen av regionen: Lillesand, Birkenes og Iveland faller utenfor, tilsammen ca. 12% av regionens innbyggere. Passasjerbelegg kan dermed beregnes ut fra Kristiansandsområdet med en forholdsvis liten feilmargin.

Årsrapport 2016 (AKT, 2017) oppgir passasjerantall, men ikke passasjerkilometer, og det er kjørte rutekilometer som er oppgitt, ikke faktisk kjørte kilometer med buss. AKT har oppgitt⁷ at gjennomsnittlig bussturlengde er ca. 10 km. Kombinert med årsberetningens 10.083.000 passasjerer og 6.797.000 kjørte kilometer blir belegget da $10.083.000 \times 10 / 6.797.000 = \text{ca. } 14,8$.

Operatøren i Kristiansandsområdet, Boreal Buss, er forespurt om forholdet mellom rutekilometer og faktisk kjørte kilometer, men har ikke respondert i tide til å komme med i denne studien. Problemet med å redusere «døde kilometre» for busser dekkes godt i forskningslitteraturen, men konkrete prosenter er vanskelig å finne. Det anses likevel rimelig at det foretas ca. 3% tomkjøring i Kristiansandsregionen (i hovedsak kjøring fra og til depot før og etter rutekjøring). I tillegg avrundes til heltall slik at det benyttes belegg på 14 i denne studien. Til sammenlikning oppgir Statistisk Sentralbyrå et nasjonalt belegg-gjennomsnitt for bybusser på 10,39 (Statistisk Sentralbyrå, 2022). (Resultater ved andre beleggfaktorer er analysert i [Vedlegg C.](#))

Det beregnede gjennomsnittsbelegget brukes for 2016 og scenario 1. Fastsetting av kjøretøykilometer buss i scenariene fra og med 2 fremkommer av beskrivelser i scenariene, slik det også er listet opp i Tabell 5.3, som viser hvordan belegg regnes i denne studien.

Tabell 5.3. Omregning fra pkm til kjtkm for transportmåtene

Transportmåte	Omregningsmåte pkm -> kjtkm
buss scenario 1	Beregnet gjennomsnittsbelegg 14 pkm per kjtkm
buss scenario 2	Bortimot doubling av avgangshyppighet, noen nye linjer: doubling av kjtkm fra scenario 1
buss scenario 3	Samme antall kjtkm som i scenario 2
buss scenario 4	Holder tritt med befolkningsøkning: 10% økning av kjtkm fra scenario 1
buss scenario 5	Samme antall kjtkm som i scenario 4
buss scenario 6	5% reduksjon i antall kjtkm relativt til scenario 4 (nokså mye minibuss)
buss scenario 7	10% reduksjon i antall kjtkm relativt til scenario 4 (mye minibuss)
minibuss	1 pkm -> 0,2 kjtkm (belegg 5 personer)
personbil	1 fører-pkm -> 1 kjtkm, belegg = fører + passasjerer
mikrobil	1 pkm -> 1 kjtkm
elsparkesykkel	1 pkm -> 1 kjtkm
elsykkel	1 pkm -> 1 kjtkm
sykkel	1 pkm -> 1 kjtkm

I Tabell 5.4 vises omregningene for hvert scenario fra transportarbeid (pkm, grønne tall), hentet fra scenariokapitlet, til trafikkarbeid (kjdkm, blå tall). For transportmidler der pkm er regnet lik kjtkm, er tallene vist i turkis farge. Tallverdiene for kjtkm og belegg brukes inn i et regneark per scenario, og resultater gjengis i neste underkapittel.

7. Gitt i epost fra økonomisjef Harald Eide til meg 8. april 2022.

Tabell 5.4. Utregning av trafikkarbeid (pkm til kjtkm) for transportmåtene

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
Busspassasjer [pkm]	720 000	960 000	1 080 000	1 220 000	991 000	1 110 000	1 009 000	995 000
Styrende belegg buss	14,000	14,000						
Buss [kjtkm]	51 429	68 571	137 143	137 143	75 429	75 429	71 657	67 886
Utregnet belegg buss			7,875	8,896	13,138	14,716	14,081	14,657
Minibusspass. [pkm]							59 000	106 000
Styrende belegg minib.							5,000	5,000
Minibuss [kjtkm]							11 800	21 200
Bilfører [pkm]	2 300 000	2 820 000	2 590 000	2 320 000	2 615 000	2 343 000	2 293 000	2 399 000
Bilpassasjer [pkm]	310 000	350 000	330 000	310 000	329 000	378 000	358 000	348 000
Personbil [kjtkm]	2 300 000	2 820 000	2 590 000	2 320 000	2 615 000	2 343 000	2 293 000	2 399 000
Utregnet belegg p.bil	1,135	1,124	1,127	1,134	1,126	1,161	1,156	1,145
Mikrobilfører*							194 000	72 000
Elsparkeyklist*							20 000	18 000
Elsyklist*							33 000	30 000
Syklist*	140 000	140 000	150 000	160 000	141 000	151 000	129 000	123 000
Gående*	140 000	150 000	150 000	150 000	152 000	159 000	138 000	123 000

* pkm = kjtkm

5.3. Utslipp i scenariene

Utslippsfaktorene per transportmiddel som er beregnet i underkapittel 5.2, er ikke sikre. Som følsomhetsanalyse skal de brukes med forhøyede og senkede verdier i tillegg til de beregnede. Tabell 5.5 viser prosentene det er forhøyet/senket med. Denne variasjonen skal primært gi feilmargen for estimeringen av utslippsfaktorene, men vil også i noen grad dekke inn feilmargen for estimert trafikkarbeid. Se også [Vedlegg C](#) for noen usikkerheter som ikke er med i følsomhetsanalyse.

Andel av nullutslippskjøretøy⁸ har stor innvirkning på utslippsmengder. For 2016 er det satt lave andeler, mens det for 2030-scenariene er anslått forholdsvis høye andeler. Andelene som er benyttet, gjengis i Tabell 5.5. Det er høyere andel nullutslippskjøretøy for buss i scenario 4 enn i de andre scenariene, fordi scenariobeskrivelsen nevner en ekstra satsing på nullutslippsbuss. For scenariene 4, 6 og 7 er det også satt høyere andeler for personbil enn ellers, fordi disse scenariene legger vekt på insitamenter (4 og 7) og antar raskere teknologisk utvikling (6 og 7).

Spennet for nullutslippsandel tar utgangspunkt i Korsbakken et al. (2021, s. 107-108), som oppgir fordeling av anvendte personbiler på energikilder med 32,5% bensin, 55,2% diesel og 12,3% el for 2019. I 2020 regnes 4 prosentpoeng økning, i 2021 regnes 5 prosentpoeng økning i el-andel, og i årene 2022 til 2030 regnes i gjennomsnitt 6 prosentpoeng økning hvert år. Alt dette gjelder bruk av personbiler innen Kristiansandsregionen, som antas å på grunn av bompenger og andre insitamenter ha en noe raskere utskiftningstakt for de bilene som er i bruk, enn gjennomsnittet for Norge. Dette resulterer i en el-andel som gjennomsnitt for 2030 på $12,3 + 4 + 5 + (6 \times 9) = \text{ca. } 75$ prosent for kjøretøy som er i bruk i regionen. 75% andel i 2030 benevnes da som «middels», og en alternativ 90%-andel benevnes som «høy». Høyere andel enn den viste banen til 75% kan oppnås ved en teknologisk-økonomisk utvikling som gjør eldrift enda mer gunstig for brukerne, og som anses ikke usannsynlig.

8. Begrepet nullutslippskjøretøy benyttes også her slik det er vanlig, for kjøretøy som ikke slipper ut klimagasser lokalt. Men verken nasjonale utslipp eller livssyklus-utslipp er 0, slik det presenteres videre i kapitlet.

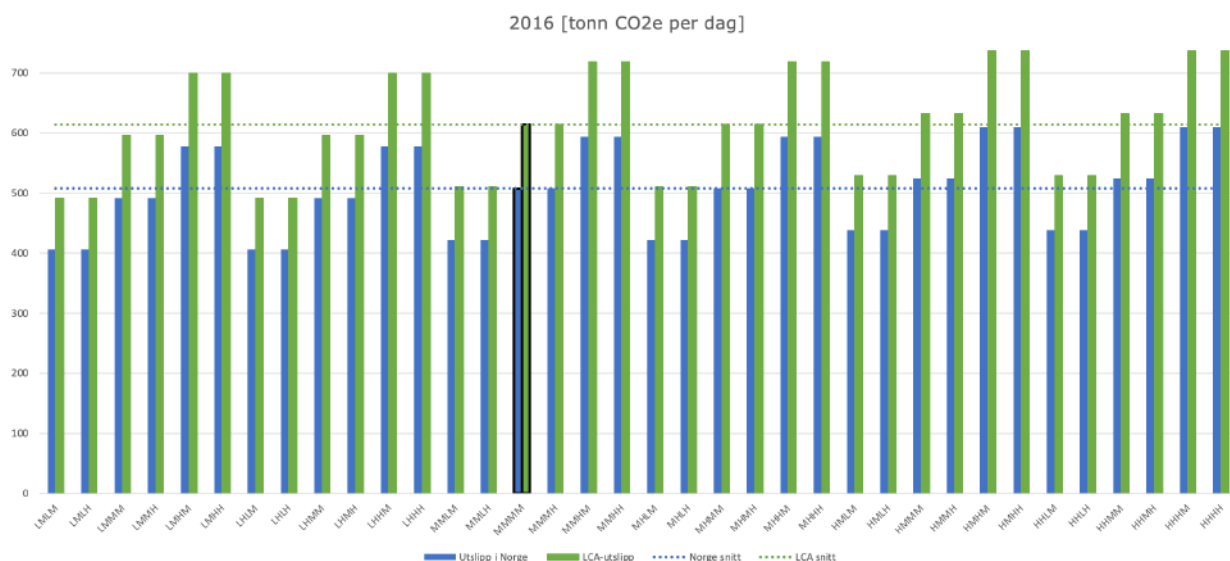
Det kan også bemerkes at nullutslippsandel for buss er et politisk valg i tillegg til å være et teknologisk-økonomisk forhold. Kollektivtilbudet er sterkt subsidiert av det offentlige, og operatørene kjører på kontrakter der betingelsene er bestemt av fylkespolitikerne. Nullutslippsandel på 75%, 90% eller andre verdier er vanskelig å prognostisere, men her bygges på en antakelse om at de politiske avgjørelsene for busstilbudet vil komme omtrent like langt på elektrifisering som de privatkjørendes valg.

Tabell 5.5. Følsomhetsanalyse: utslippsfaktor og nullutslippsandel i scenariene

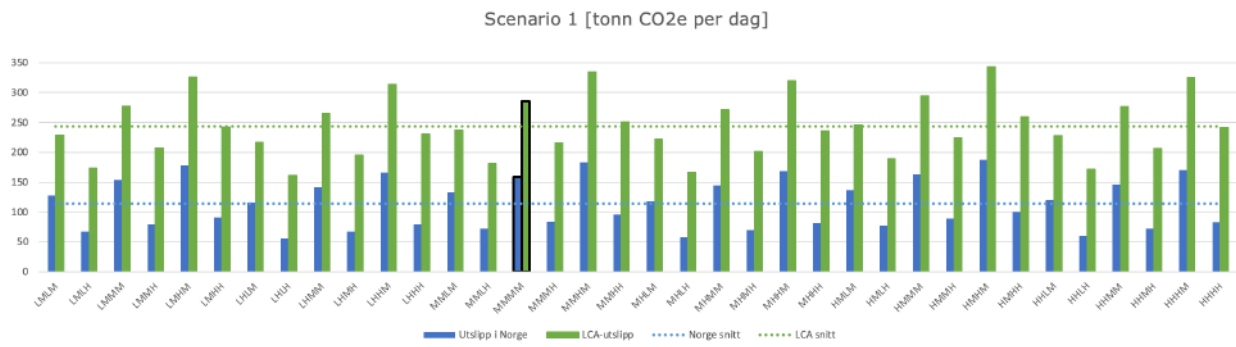
Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
Utslippsfaktor								
Buss høy/lav	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%
Minibuss høy/lav							+/-20%	+/-20%
Personbil høy/lav	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%	+/-20%
Nullutslippsandel								
Buss middels	0%	75%	75%	75%	80%	75%	75%	75%
Buss høy	0%	90%	90%	90%	95%	90%	90%	90%
Minibuss middels							100%	100%
Minibuss høy							100%	100%
Personbil middels	2%	75%	75%	75%	80%	75%	80%	80%
Personbil høy	2%	90%	90%	90%	95%	90%	95%	95%

I det følgende vises figurer 5.1 til 5.8 med utslippsmengder i 2016 og i hvert scenario, for alle beregnede kombinasjoner av lav – middels – høy utslippsfaktor buss, middels – høy andel nullutslippsbusser, lav – middels – høy utslippsfaktor personbil, og middels – høy andel nullutslippsbiler. Nasjonale utslipp fra regionens trafikk er vist med blå søyler, LCA-utslipp med grønne søyler. Hvilken kombinasjon hvert søylepar står for, er vist med en bokstavkombinasjon der bokstaven L står for lav, M står for middels og H står for høy, for den nevnte rekkefølgen av valgene. «LMLM» står altså for lav utslippsfaktor buss, middels andel nullutslippsbusser, lav utslippsfaktor personbil og middels andel nullutslippsbiler. I figurene står Y-aksen for tonn CO_{2e} per dag.

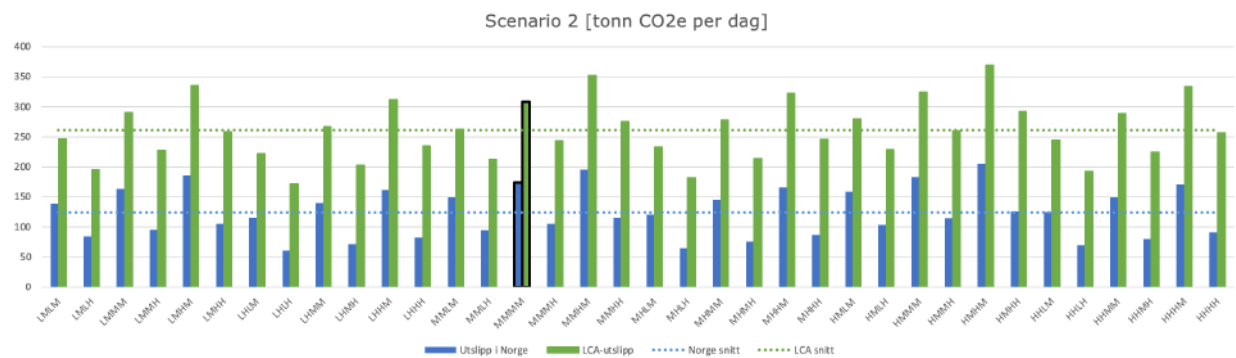
Alle utslippstall i beregningene er gjengitt i [Vedlegg B](#).



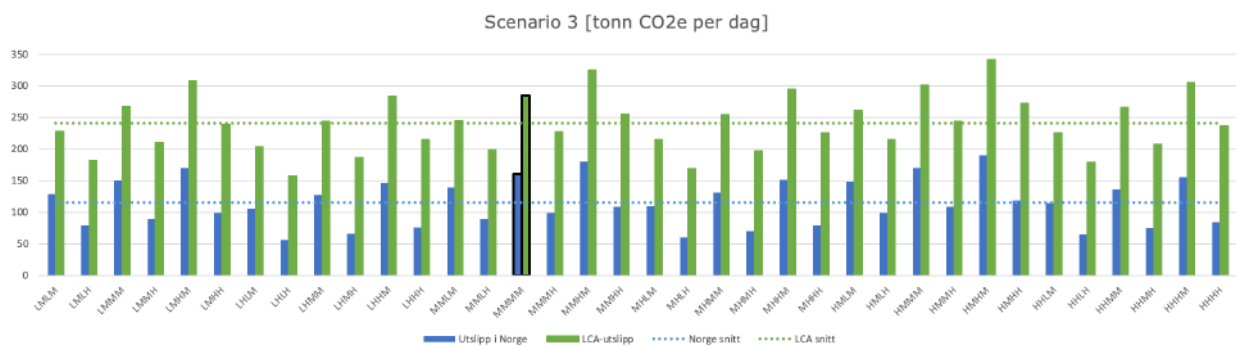
Figur 5.1. Utslipp av klimagasser i 2016 [tonn CO_{2e} per dag]



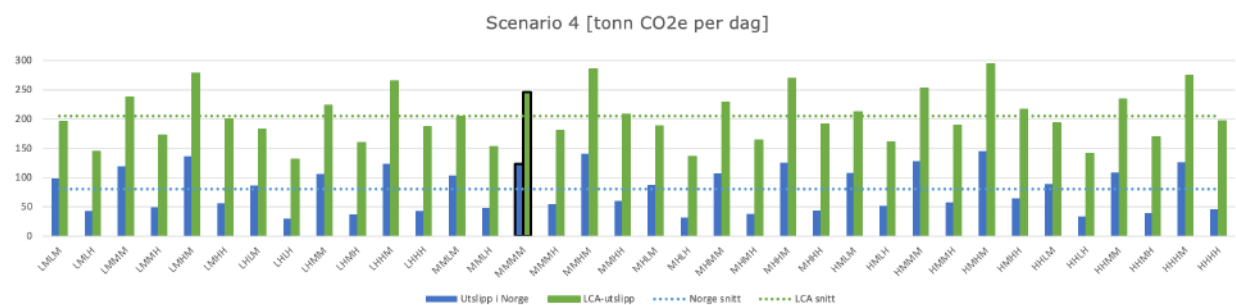
Figur 5.2. Utslipp av klimagasser i scenario 1 [tonn CO2e per dag]



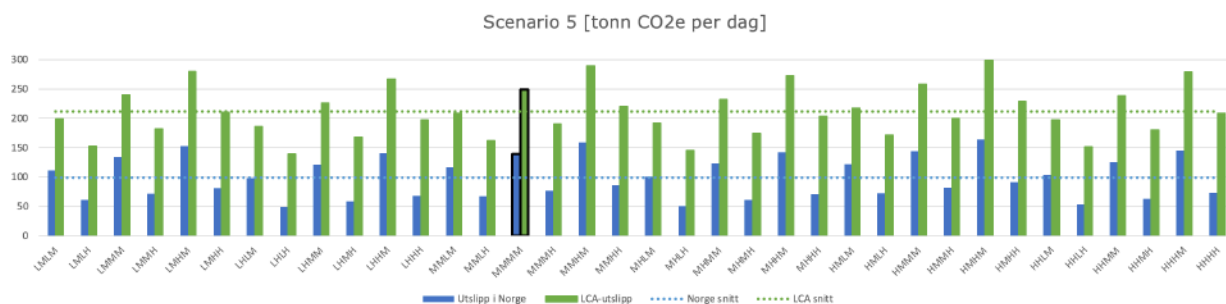
Figur 5.3. Utslipp av klimagasser i scenario 2 [tonn CO2e per dag]



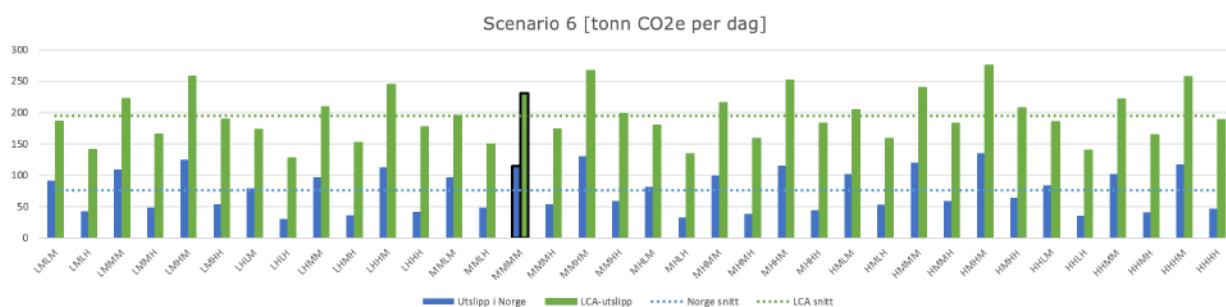
Figur 5.4. Utslipp av klimagasser i scenario 3 [tonn CO2e per dag]



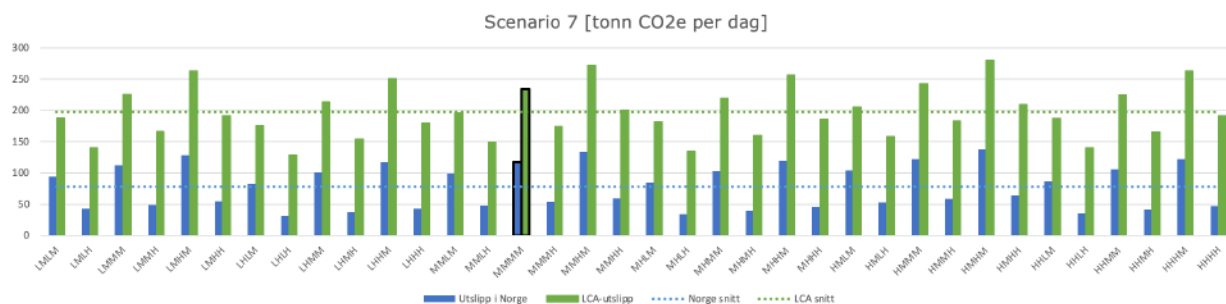
Figur 5.5. Utslipp av klimagasser i scenario 4 [tonn CO2e per dag]



Figur 5.6. Utslipp av klimagasser i scenario 5 [tonn CO2e per dag]



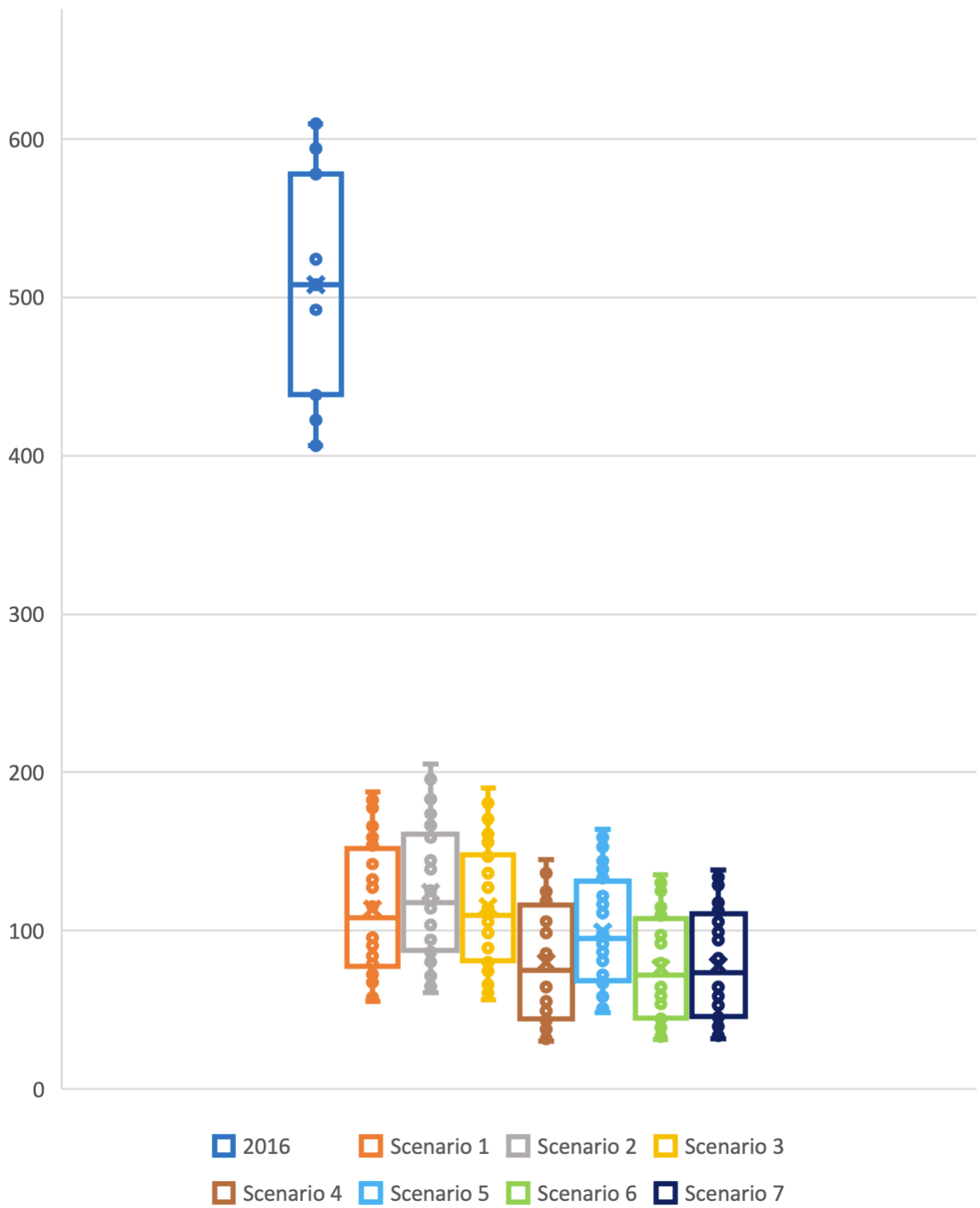
Figur 5.7. Utslipp av klimagasser i scenario 6 [tonn CO2e per dag]



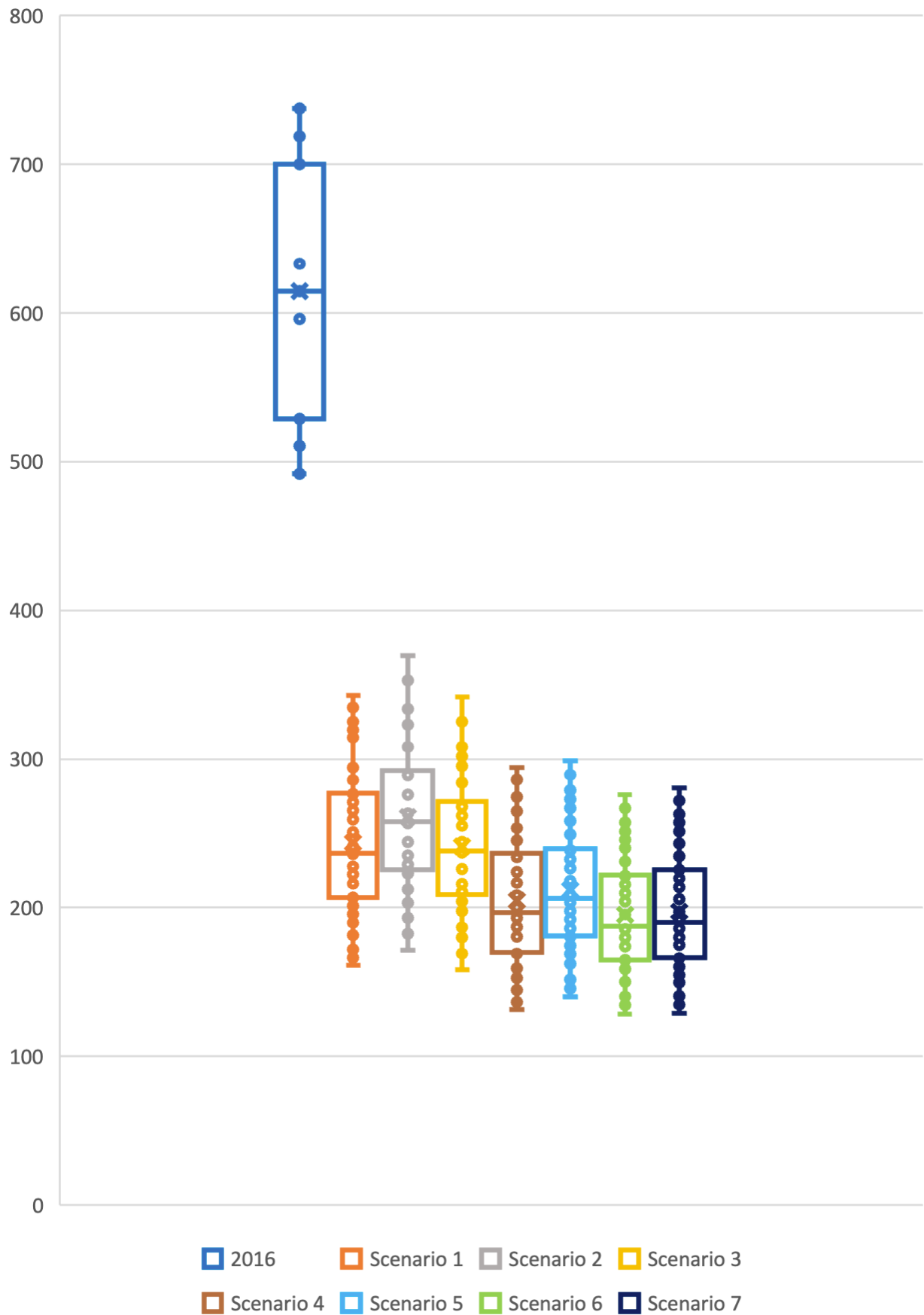
Figur 5.8. Utslipp av klimagasser i scenario 7 [tonn CO2e per dag]

5.4. Sammenstillinger

Figur 5.9 viser spredningen over følsomhetsvariantene av utslippene i Norge i 2016 og scenario 1 til 7. Median og kvartiler er vist (de to midterste kvartilene av datapunkter er innen «boksene» i figuren), og gjennomsnitt er vist med x. Figur 5.10 viser tilsvarende data for LCA-utslipp.



Figur 5.9. Utslipp i Norge: spredning for følsomhetsvariantene i scenariene [tonn CO2e per dag]



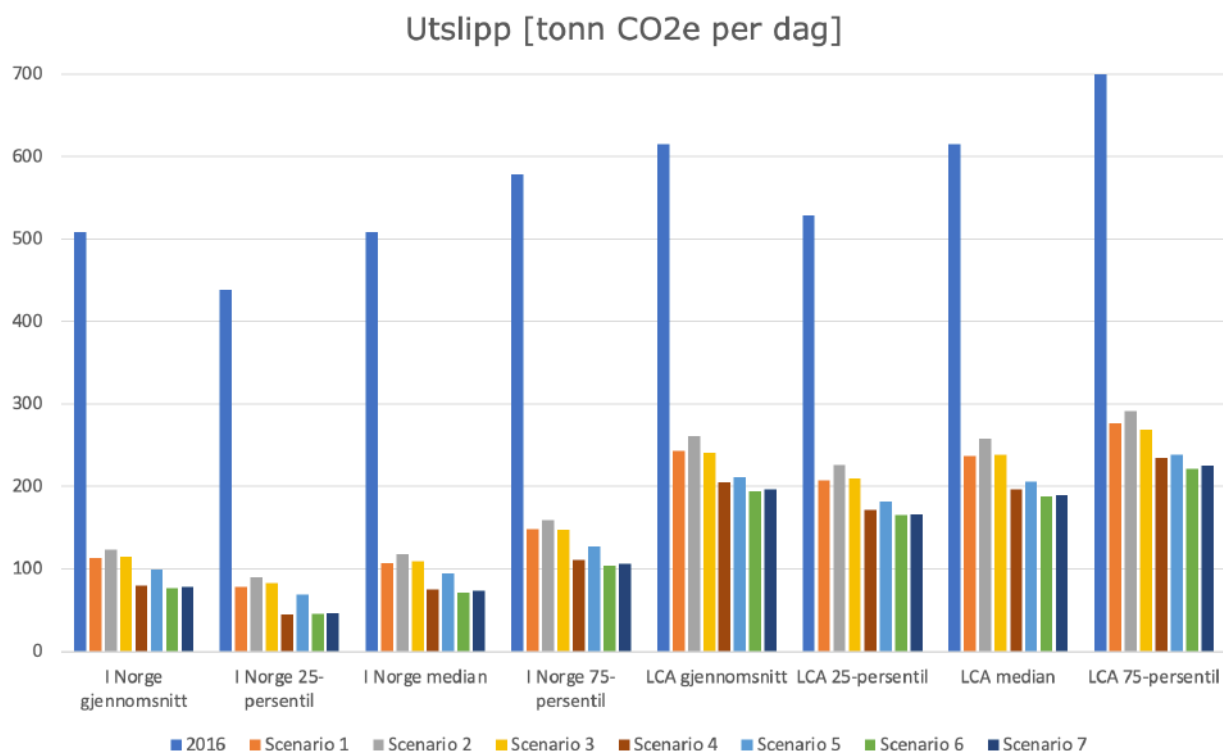
Figur 5.10. LCA-utslipp: spredning for følsomhetsvariantene i scenariene [tonn CO2e per dag]

Det er ingen utliggerer ifølge programvaren (Excel) som lager disse grafiske fremstillingene. I figurer 5.9 og 5.10 kan observeres at scenariene 1 til 7 ikke er vidt forskjellige på utslipp, og at spredningen av følsomhetsvarianter innen hvert scenario ser ut til å følge samme mønster. Tyngdepunktet av følsomhetsvariantene, vist med median, plasserer scenario 2 som dårligst, 1 og 3 noe bedre, og 4, 5, 6 og 7 som i nærheten av hverandre i den beste gruppen. Det er ikke drastiske forskjeller i rangering på utslipp i Norge versus på LCA-utslipp.

Tabell 5.6 viser tallene bak karakteristiske utslippsdata: gjennomsnitt, median, 25-persentil og 75-persentil for følsomhetsvariantene i hvert scenario. Figur 5.11 viser disse tallene i en grafisk fremstilling på en annen måte enn figurene 5.9 og 5.10.

Tabell 5.6. Utslipp av klimagasser - karakteristiske utslipp i scenariene [tonn CO₂e per dag]

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
I Norge gjennomsnitt	508,1	113,7	124,2	115,1	80,1	99,4	76,5	78,2
I Norge 25-persentil	438,4	78,5	89,9	83,2	45,1	69,8	46,0	46,9
I Norge median	508,1	108,0	117,9	109,5	75,0	95,0	72,1	73,5
I Norge 75-persentil	577,8	148,4	159,5	147,3	111,2	127,4	104,1	107,3
LCA gjennomsnitt	614,6	243,6	261,2	241,3	204,8	211,8	195,0	197,4
LCA 25-persentil	529,0	207,5	226,7	210,1	171,7	181,5	165,3	166,3
LCA median	614,6	236,6	258,0	238,1	196,7	206,0	187,8	190,0
LCA 75-persentil	700,3	276,7	291,7	269,3	234,7	238,9	221,7	225,5

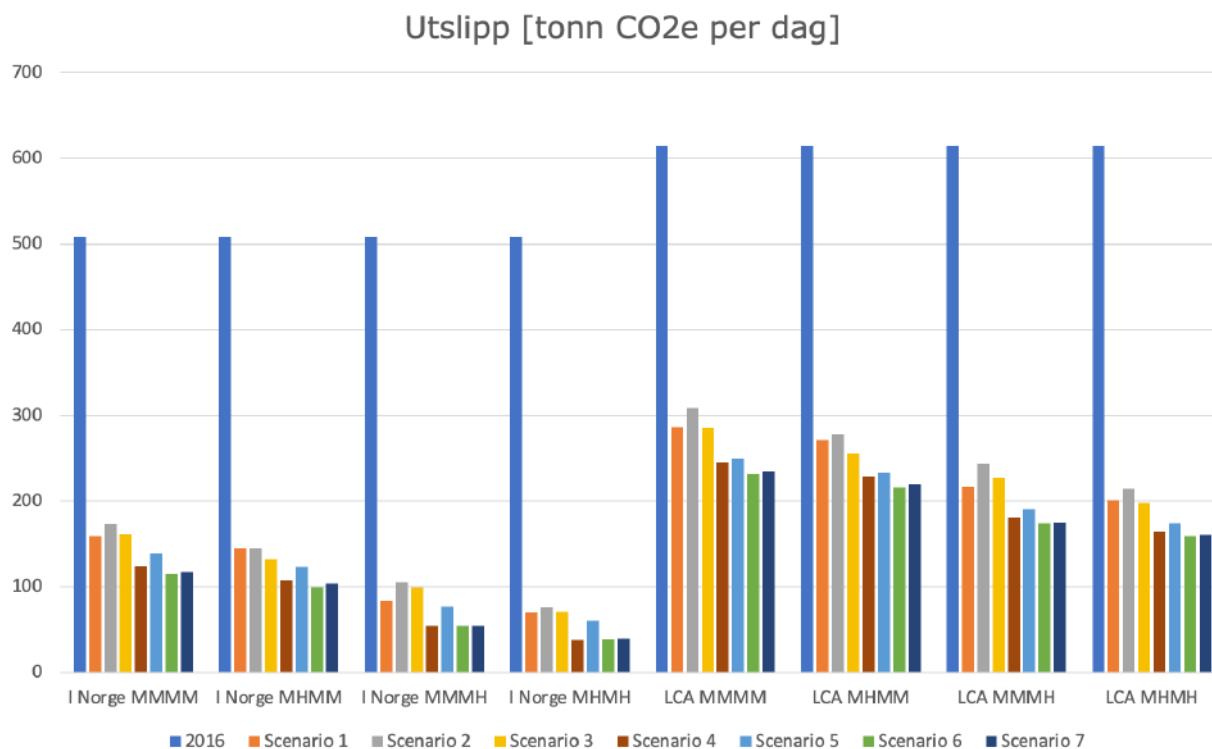


Figur 5.11. Utslipp av klimagasser - karakteristiske utslippsmengder i scenariene

Tabell 5.7 og Figur 5.12 viser utslippene for utvalgte følsomhetsvarianter for å få frem hvilke utslag ulike andeler kjøretøy på fornybar energi gjør: utslippsfaktorene er holdt som middels (M) mens andel kjøretøy på fornybar energi er variert med alle kombinasjoner av M og H for buss henholdsvis personbil. Data for MHMM er med høyere andel fornybare for buss enn personbil, MMMH er for høyere andel for personbil enn buss.

Tabell 5.7. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon andeler fornybar [tonn CO2e per dag]

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
I Norge MMMM	508,1	159,0	173,8	161,0	123,3	139,0	115,0	117,7
I Norge MHMM	508,1	144,4	144,6	131,8	107,3	122,9	99,7	103,2
I Norge MMMH	508,1	84,1	105,0	99,5	53,9	76,8	54,1	54,0
I Norge MHMH	508,1	69,5	75,8	70,2	37,9	60,7	38,9	39,6
LCA MMMM	614,6	285,9	308,1	284,9	245,4	249,0	231,2	234,5
LCA MHMM	614,6	271,0	278,3	255,1	229,0	232,6	215,6	219,7
LCA MMMH	614,6	216,1	244,0	227,5	180,7	191,0	174,4	175,1
LCA MHMH	614,6	201,2	214,2	197,7	164,3	174,6	158,9	160,3



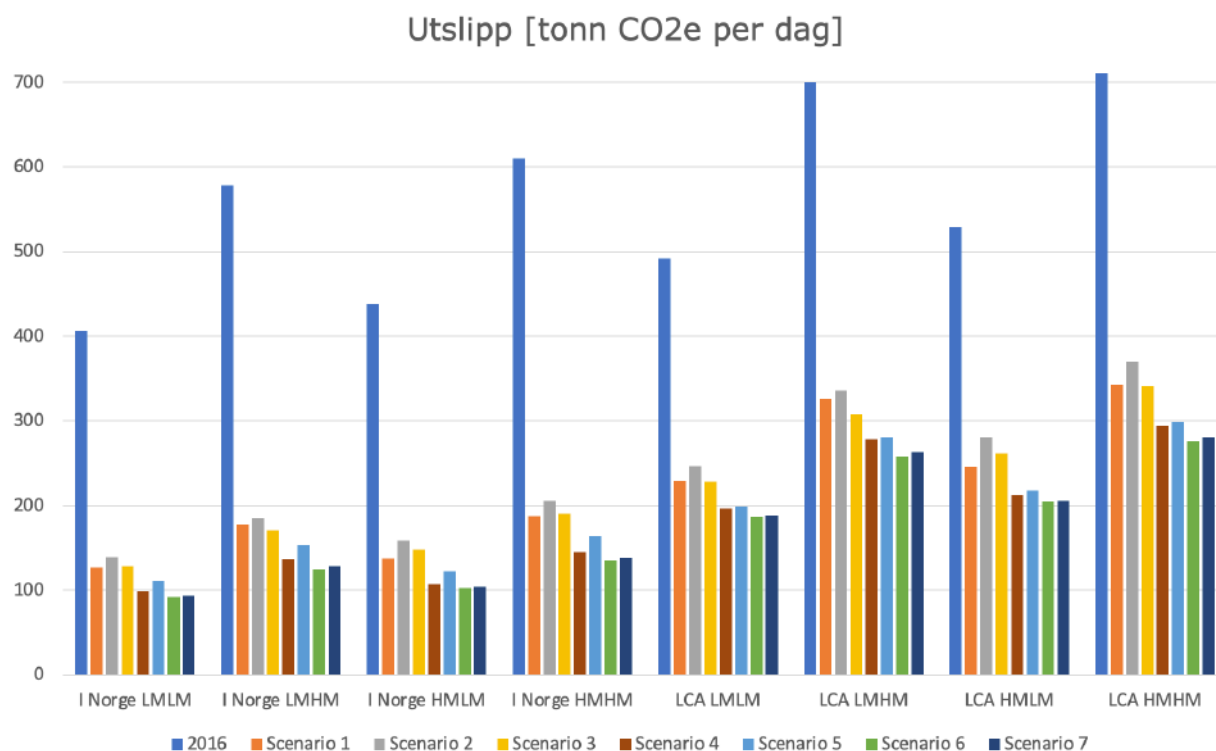
Figur 5.12. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon andeler fornybar energi

Variering av andel fornybar energi gjør forholdsvis store utslag på utslippsmengder, men små eller ingen utslag på rangering.

Tabell 5.8 og Figur 5.13 viser utslippene for utvalgte følsomhetsvarianter for å få frem hvilke utslag ulike utslippsfaktorer gjør: her er utslippsfaktorene variert mellom lav (L) og høy (H) for buss henholdsvis personbil, mens andel kjøretøy på fornybar energi er holdt på middels (M). Data for LMHM er der buss er holdt gunstigere enn personbil, og med HMLM er personbil holdt gunstigere enn buss.

Tabell 5.8. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon utslippsfaktorer [tonn CO₂e per dag]

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
I Norge LMLM	406,5	127,2	139,0	128,8	98,7	111,2	92,0	94,2
I Norge LMHM	577,8	177,6	185,4	170,3	136,3	153,1	125,0	128,7
I Norge HMLM	438,4	137,0	158,7	148,5	107,4	122,0	102,3	103,9
I Norge HMHM	609,7	187,4	205,0	190,0	145,0	163,9	135,3	138,5
LCA LMLM	491,9	228,9	246,7	228,1	196,5	199,4	186,4	188,4
LCA LMHM	700,3	326,2	336,0	308,1	278,1	280,2	258,0	263,2
LCA HMLM	529,0	245,7	280,3	261,7	212,8	217,9	204,4	205,7
LCA HMHM	737,3	343,0	369,6	341,7	294,3	298,7	276,0	280,6



Figur 5.13. Utslipp av klimagasser - følsomhet variasjon utslippsfaktorer

Som for variering av andel fornybar energi gir variering av utslippsfaktorene forholdsvis store utslag på utslippsmengdene, men små eller ingen utslag på rangering.

5.5. Følsomhetsanalyse, usikkerhet

Innen hvert scenario har utslippene for følsomhetsvariantene betydelig spredning, men mønsteret innen det enkelte scenariet er nær det samme.

Følsomhetsdimensjonene (utslippsfaktorjustering og andel nullutslippskjøretøy for busser og personbiler separat, se [Tabell 5.5](#)) er slik at man bør kunne se bort fra å sammenlikne et scenario med et annet for ulike følsomhetsvarianter. Utvikling utenfor regionen og scenariene vil avgjøre om «høy», «middels» eller «lav» er «riktig», felles for alle scenariene. For eksempel vil en variant i nedre ende av spredningen i ett scenario, være lite relevant å sammenlikne med en variant i øvre ende av spredningen i et annet.

[Vedlegg B](#) viser utregning av standardavvik for følsomhetsvariantene i alle scenariene.

Innenfor hvert scenario er standardavviket, målt i tonn CO₂e per dag, for de 36 variantene fra 30,1 til 37,0 (27% til 43%) for nasjonale utslipp, og 32,3 til 40,9 (15% til 18%) for LCA-

utslipp (se tabellene B.2 til B.8). Ulikhetene i karakteristikk mellom scenariene er ikke store, og gjennomsnitt og median karakteriserer scenarioene godt for rangering. At avviket i prosent er høyest for nasjonale utslipp, skyldes at utslippsmengdene er nærmere 0 for de utslippsgunstigste følsomhetsvariantene, mens de fortsatt er betydelige i de minst gunstige variantene. For LCA-utslipp har «nullutslippskjøretøy» betraktelige utslipp, slik at selv med lave utslippsfaktorer og høye nullutslippsandeler (lokalt) blir utslippsmengdene langt over 0. Figurene 5.9 og 5.10 viser visuelt det samme som standardavvik-verdiene sier: intervallet med verdier innen de to midterste kvartilene er omtrent like stort uansett scenario og på tvers av nasjonalt/LCA, men intervallet befinner seg nærere 0 for de nasjonale utslippene. Figurene 5.9 og 5.10 indikerer også visuelt at både median og gjennomsnitt i hvert scenario karakteriserer det godt for rangering.

At det ikke er utligger blant datapunktene, er enda et argument for at statistiske verdier kan benyttes i sammenlikninger.

Endelig viser figurene 5.12 og 5.13 at rangeringen av scenariene etter utslipp ikke forrykkes nevneverdig om det sees på varianter med høye fossilfri-andeler for buss og middels for personbil, eller motsatt (Figur 5.12). Rangeringen blir heller ikke vesentlig endret ved høye spesifikke utslipp for buss og lave for personbil, eller motsatt (Figur 5.13).

Denne analysen konkluderes dermed med at scenarier kan sammenliknes ved hjelp av verdier for samme persentil, eller gjennomsnitt, eller samme kombinasjon av høy/middels/lav i følsomhetsvariantene. De utregningene av reduksjoner som vises i det følgende, er ut fra dette gjort ved å sammenholde gjennomsnitt og kvartiler (minimum, 25-persentil, median, 75-persentil og maksimum) i hvert scenario.

I [Vedlegg C](#) er noen andre usikkerheter enn de som er dekket av følsomhetsanalysen gjennomgått. Underkapittel [C.1. Usikkerhet ved estimert transportarbeid](#) tilsier at reduksjoner i utslipp for scenariene 4 til 7 må tolkes med en ekstra usikkerhet estimert til +/-1 prosentpoeng.

5.6. Beregning av reduksjoner

Tabellene 5.9 og 5.10 viser utregning av reduksjon av klimagassutslipp (henholdsvis nasjonalt og LCA) som mengder og prosenter, for alle scenarier og kvartiler av følsomhetsvariantene. Cellene der prosent reduksjon vises, er fargelagt grønn-rød ut fra relativ oppnåelse på den aktuelle raden. For hver kvartil og for gjennomsnittet er scenariene også rangert 1 til 7 etter oppnådd prosent reduksjon (avrundet til hel prosent), og fargelagt grønn-rød ut fra plassering. Usikkerheten som underkapittel [C.1. Usikkerhet ved estimert transportarbeid](#) viser, er ikke tatt hensyn til i denne rangeringen.

Reduksjon i utslipp i Norge (fra regionens trafikk) skal sammenliknes med målet om 55% reduksjon fra 1990 til 2030. Egen utregning gjøres for 2016 (se [4.1 2016: «nåsituasjonen»](#)), mens scenariene er for 2030. For å se tilbake til 1990, brukes Statistisk Sentralbyrås statistikk for klimagassutslipp i Norge (Statistisk Sentralbyrå, 2022b), som viser at utslipp fra norsk transport økte fra 13 millioner tonn i 1990 til ca. 17 millioner tonn i 2016. 1990-nivået kan da uttrykkes som ca. 76% av 2016-nivået. I tabell 5.9 er estimert utslipp i 1990 angitt, regnet som 2016-datas utslipp x 0,76.

For LCA-utslipp er det ikke gitt et nasjonalt mål, og omregning av 2016-situasjonens utslipp til et tall for 1990 gir lite mening. Reduksjoner for LCA-utslipp er derfor regnet fra 2016 til 2030 i Tabell 5.10. Reduksjonsprosentene kan også av denne grunn ikke sammenliknes mellom nasjonale (Tabell 5.9) og LCA.

Tabell 5.9. Reduksjoner i nasjonale utslipp versus 1990 [tonn CO2e per dag; %]

Scenario	*	1	2	3	4	5	6	7
I Norge gjennomsnitt	386,2	113,7	124,2	115,1	80,1	99,4	76,5	78,2
Reduksjon i Norge gjennomsnitt		272,5	261,9	271,1	306,1	286,8	309,7	308,0
Reduksjon i Norge gjennomsnitt i %		71%	68%	70%	79%	74%	80%	80%
Rekkefølge reduksjon i Norge gjennomsnitt		5	7	6	3	4	1	1
I Norge minimum	308,9	55,6	60,7	56,2	30,3	48,6	31,1	31,6
Reduksjon i Norge minimum		253,3	248,3	252,7	278,7	260,4	277,9	277,3
Reduksjon i Norge minimum i %		82%	80%	82%	90%	84%	90%	90%
Rekkefølge reduksjon i Norge mimimum		5	7	5	1	4	1	1
I Norge 25-persentil	333,2	78,5	89,9	83,2	45,1	69,8	46,0	46,9
Reduksjon i Norge 25-persentil		254,7	243,3	250,0	288,1	263,4	287,1	286,3
Reduksjon i Norge 25-persentil i %		76%	73%	75%	86%	79%	86%	86%
Rekkefølge reduksjon i Norge 25-persentil		5	7	6	1	4	1	1
I Norge median	386,2	108,0	117,9	109,5	75,0	95,0	72,1	73,5
Reduksjon i Norge median		278,2	268,2	276,7	311,1	291,2	314,1	312,7
Reduksjon i Norge median i %		72%	69%	72%	81%	75%	81%	81%
Rekkefølge reduksjon i Norge median		5	7	5	1	4	1	1
I Norge 75-persentil	439,2	148,4	159,5	147,3	111,2	127,4	104,1	107,3
Reduksjon i Norge 75-persentil		290,8	279,6	291,8	328,0	311,8	335,1	331,9
Reduksjon i Norge 75-persentil i %		66%	64%	66%	75%	71%	76%	76%
Rekkefølge reduksjon i Norge 75-persentil		5	7	5	3	4	1	1
I Norge maksimum	463,4	187,4	205,0	190,0	145,0	163,9	135,3	138,5
Reduksjon i Norge maksimum		276,0	258,4	273,4	318,4	299,5	328,1	324,9
Reduksjon i Norge maksimum i %		60%	56%	59%	69%	65%	71%	70%
Rekkefølge reduksjon i Norge maksimum		5	7	6	3	4	1	2
Standardavvik reduksjonsprosjenter her		7,8	8,3	7,7	7,8	6,7	6,8	7,0

* Utslipp i 2016-data for samme situasjon multiplisert med 0,76 for å være 1990-nivå

Tabell 5.10. Reduksjoner i LCA-utslipp versus 2016 [tonn CO2e per dag; %]

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
LCA gjennomsnitt	614,6	243,6	261,2	241,3	204,8	211,8	195,0	197,4
Reduksjon LCA gjennomsnitt		371,1	353,5	373,4	409,8	402,8	419,6	417,2
Reduksjon LCA gjennomsnitt i %		60%	58%	61%	67%	66%	68%	68%
Rekkefølge reduksjon LCA gjennomsnitt		6	7	5	3	4	1	1
LCA minimum	491,9	161,1	171,5	158,3	131,6	139,9	128,6	129,0
Reduksjon LCA minimum		330,8	320,4	333,7	360,4	352,1	363,4	362,9
Reduksjon LCA minimum i %		67%	65%	68%	73%	72%	74%	74%
Rekkefølge reduksjon LCA minimum		6	7	5	3	4	1	1
LCA 25-persentil	529,0	207,5	226,7	210,1	171,7	181,5	165,3	166,3
Reduksjon LCA 25-persentil		321,5	302,3	318,8	357,3	347,5	363,7	362,6
Reduksjon LCA 25-persentil i %		61%	57%	60%	68%	66%	69%	69%
Rekkefølge reduksjon LCA 25-persentil		5	7	6	3	4	1	2
LCA median	614,6	236,6	258,0	238,1	196,7	206,0	187,8	190,0
Reduksjon LCA median		378,1	356,6	376,5	417,9	408,6	426,8	424,7
Reduksjon LCA median i %		62%	58%	61%	68%	66%	69%	69%
Rekkefølge reduksjon LCA median		5	7	6	3	4	1	1
LCA 75-persentil	700,3	276,7	291,7	269,3	234,7	238,9	221,7	225,5
Reduksjon LCA 75-persentil		423,6	408,6	431,0	465,6	461,4	478,6	474,8
Reduksjon LCA 75-persentil i %		60%	58%	62%	66%	66%	68%	68%
Rekkefølge reduksjon LCA 75-persentil		6	7	5	3	3	1	1
LCA maksimum	737,3	343,0	369,6	341,7	294,3	298,7	276,0	280,6
Reduksjon LCA maksimum		394,4	367,7	395,6	443,0	438,7	461,4	456,8
Reduksjon LCA maksimum i %		53%	50%	54%	60%	59%	63%	62%
Rekkefølge reduksjon LCA maksimum		6	7	5	3	4	1	2
Standardavvik reduksjonsprosent her		4,4	4,8	4,5	4,2	3,8	3,6	3,8

Reduksjonene i gjennomsnittlig nasjonalt utslipp fra 1990 til 2030 varierer fra 68% i scenario 2 til 80% i scenario 6 og 7. Sett over alle følsomhetsvarianter varierer reduksjonen i nasjonalt utslipp fra 56%, maksimum utslipp i scenario 2, til 90%, minimum utslipp i scenario 4, 6 og 7. Målet om 55% reduksjon nås i alle varianter, for mange med god margin.

For LCA-utslipp varierer reduksjon av gjennomsnittlig utslipp fra 2016 til 2030 fra 58% i scenario 2 til 68% i scenario 6 og 7. Sett over alle følsomhetsvarianter varierer reduksjonen i LCA-utslipp fra 50%, maksimum utslipp i scenario 2, til 74%, minimum utslipp i scenario 6 og 7.

For gjennomsnittet, og for hver kvartil sett for seg, er ulikhetene i reduksjon mellom scenariene tydelige, men rangering må gjøres med noe forsiktighet på grunn av usikkerheter slik underkapittel [C.1. Usikkerhet ved estimert transportarbeid](#) viser. For nasjonale utslipp tegner det seg en tendens til at scenario 4, 6 og 7 er best, og scenario 2 dårligst, med scenario 1, 3 og 5 imellom (5 best av disse). For LCA-utslipp ser 4, 6 og 7 best ut, og 5 ser også bra ut, med scenario 1 og 3 i mellomstilling, 2 dårligst. Det tegner seg altså omtrent samme rekkefølge uansett om man bedømmer på nasjonale utslipp eller LCA-utslipp.

5.7. Sammendrag utslipp av klimagasser

Dette kapitlet har utforsket og fastsatt utslippsfaktorene for transportmåtene, regnet om scenarienes transportarbeid til trafikkarbeid, og vist utslipp av klimagasser for scenarienes følsomhetsvarianter ut fra det. (Estimerte utslippsmengder står i fulle detaljer i [Vedlegg B.](#)) Resultatene er analysert for hvordan de kan sammenliknes, og reduksjoner i nasjonale

utslipp (fra regionens trafikk) fra 1990-nivå er beregnet og kommentert. For LCA-utslipp er reduksjoner fra 2016 til 2030 beregnet og kommentert. Det er observert tendenser i verdiene når scenariene sammenliknes, og for alle følsomhetsvarianter sees oppnåelse av målet om 55% reduksjon i nasjonale utslipp fra 1990 til 2030. Om tendensene kan vektlegges og oppnåelse kan anses sannsynlig, blir diskutert nærmere i kapittel 7 [Diskusjon](#). Utslppsreduksjonene blir der også sammenholdt med grad av oppnåelse av nullvekstmålet for personbiltrafikk.

6. Oppnåelse av overordnede mål i NTP

De overordnede målene i NTP gjelder effektivitet, miljøvennlighet og trygghet (se kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#)). Bedømmelsen av hvert enkelt scenarios oppnåelse tar utgangspunkt i at det er gitt momenter for hvert av de tre målbegrepene, se [Tabell 3.3](#). Bedømmelse av kvalitetene som et poengtall mellom -2 og +2 for hvert målbegrep (for hvert scenario) er utført av eksterne fagpersoner. Respondentenes yrkesbakgrunn vises i [Tabell 6.1](#) (persondata er ikke tilgjengelige).

Tabell 6.1. Respondentenes yrkesbakgrunn

Respondent A	Arealplanlegger i privat virksomhet
Respondent B	Masterkandidat samfunnsgeografi (spesialisering byplanlegging)
Respondent C	Arealplanlegger i offentlig virksomhet
Respondent D	Arealplanlegger i offentlig virksomhet

Respondenter ble rekruttert ved henvendelse til personer/organisasjoner/firmaer innen arealplanlegging, både utøvende og akademiske – i alt 11 henvendelser. Ved full oppslutning kunne det blitt opp mot 20 deltakere, men det var sju respondenter som sa ja til å delta. Respondentene som sa ja, fikk tilsendt et eget dokument med oppgavebeskrivelse og informasjon om scenariene. Respondentene ble invitert til arbeidsmøter på deres arbeidsteder, der det kunne stilles spørsmål og diskuteres svar. I alt fem arbeidsmøter ble gjennomført, med seks respondenter. En av respondentene ble bistått på epost, de øvrige fordelte seg på ett møte med to respondenter og fire møter med én respondent i hvert. Hvert møte tok ca. en time, der det ble orientert om oppgaven og svart på spørsmål fra respondentene.

Møtene førte til at det ble ansett riktig å sende ut revidert utgave av dokumentet med oppgavebeskrivelse og dokumentasjon (se [Vedlegg E](#)), der informasjonen på ett punkt ble utdypet. Det ble gitt anledning for alle til ny innlevering av bedømmelser.

Én av respondentene som hadde sagt ja, valgte i arbeidsmøte å trekke seg fra deltakelse fordi han/hun anse seg for ikke å inneha kompetansen som trengtes for å utføre bedømmelsen. To andre respondenter har ikke levert bedømmelse selv etter påminnelse. Det kan antas at nødvendig arbeidsinnsats ved å gjennomføre bedømmelse ble for stor (i forhold til annen arbeidsbyrde) for dem som ikke leverte.

Det er dermed levert fire bedømmelser, som dokumenteres i underkapittel 6.1 nedenfor.

6.1. Innleverte bedømmelser

Respondentenes bedømmelser gjengis i tabellene 6.2, 6.3 og 6.4, med utregning av gjennomsnitt og standardavvik. Karakter -2 er fargelagt klar rød, -1 er svak rød, +1 er svak grønn og +2 er klar grønn.

Tabell 6.2. Respondentenes bedømmelser av scenarienes effektivitet

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Respondent A	-1	-1	0	-1	1	1	1
Respondent B	0	0	-2	-1	1	2	2
Respondent C	-2	1	2	-1	-1	0	0
Respondent D	-2	1	2	-1	-1	-1	0

Tabell 6.3. Respondentenes bedømmelser av scenarienes miljøvennlighet

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Respondent A	-1	0	0	1	1	1	1
Respondent B	-2	1	2	1	1	2	1
Respondent C	-2	1	1	0	0	1	0
Respondent D	-2	1	2	0	0	1	0

Tabell 6.4. Respondentenes bedømmelse av scenarienes trygghet

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Respondent A	-1	0	1	-1	1	0	0
Respondent B	-1	1	2	0	1	1	1
Respondent C	-2	0	1	0	1	0	0
Respondent D	-2	0	1	0	1	1	0

Det som kan sees i tabellene 6.2, 6.3 og 6.4 er at scenario 1 («nullalternativ 2030») bedømmes på flest punkter som dårlig, og at scenario 3 («BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2») gis flest +2. Scenario 6 («nye kjøretøytyper») kommer ut noenlunde godt, og scenario 4 («bomtakter, innfartsparkeringer») bedømmes som forholdsvis dårlig på effektivitet. Mellom de resterende scenariene er det mindre forskjeller om man ser på samlet bedømmelse.

Men med fire innleverte bedømmelser er ikke materialet stort nok til at tendenser kan vektlegges. For videre diskusjon av bedømmelsene, se underkapittel 7.2 [Oppnåelse av overordnede mål i NTP](#).

7. Diskusjon

Diskusjonen foretas separat for de to forskningsspørsmålene, i underkapitlene [Utslipp av klimagasser](#) (7.1) og [Oppnåelse av overordnede mål i NTP](#) (7.2).

7.1. Utslipp av klimagasser

Forskningsspørsmål nr. 1 lyder

Hvordan sammenfaller grad av oppnåelse av nullvekstmål i en region med reduksjon i mengde utslipp av klimagasser?

Utslippetsdata og beregninger som er gjort i kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#) diskuteres her, og sammenholdes med grad av oppnåelse av nullvekstmålet slik den er kalkulert i kapittel 4 [Scenarier](#).

7.1.1. Usikkerheter

Følsomhetsanalysen ([Følsomhetsanalyse, usikkerhet](#)) ser på utslag på grunn av de variasjonene som er gjort i utslippsberegningene for lav – middels – høy utslippsfaktor for buss og personbil hver for seg, og middels – høy andel nullutslippskjøretøy for buss og personbil hver for seg. Variasjon i utslippsfaktorene gir rom for at estimeringen av dem ikke er presis, og at kjøretøystørrelser, kjøremønster og hastigheter kan avvike fra det «normale».

Ut over dette er det i kapitlene 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#), 3 [Metoder](#) og 4 [Scenarier](#) diskutert usikkerheter ved estimeringen av transportarbeid. Det er også usikkerhet ved anslag for passasjerbelegg buss gjort i [Omregning fra transportarbeid til trafikkarbeid](#), og dette virker sammen med usikkerhetene ved transportarbeid-estimeringen og gir økt usikkerhet ved mengder trafikkarbeid buss. Disse usikkerhetene er ikke kvantifisert ved estimeringen av utslipp.

Ved fastsettingen av utslippsfaktorer er det tatt utgangspunkt i norsk strømmiks per 2019 og en antakelse om at norsk strøm blir generert med mindre utslipp av CO₂ og andre klimagasser etter som tiden går. Dette er en antakelse som ikke nødvendigvis vil holde.

Konsekvenser av noen usikkerheter ut over følsomhetsanalysen utforskes i [Vedlegg C](#). Blant disse usikkerhetene gjør underkapittel [C.1. Usikkerhet ved estimert transportarbeid](#) en undersøkelse av én type usikkerhet ved estimering av transportarbeid, og konkluderer med en ekstra usikkerhet for noen scenarier ved sammenlikning. [Vedlegg D](#) har estimater for lavere henholdsvis høyere grad av elektrifisering enn det som er tatt med i følsomhetsanalysen her.

7.1.2. Målet om 55% reduksjon fra 1990 til 2030 - nasjonale utslipp

[Tabell 5.9](#) viser at alle 2030-scenariene har reduksjon i nasjonale utslipp (fra trafikk i regionen) fra 1990-nivå som overgår 55%, i alle følsomhetsvarianter. Reduksjonen spenner fra 90% (scenario 4, 6 og 7 minimum utslipp) til 56% (scenario 2 maksimum utslipp).

Følsomhetsanalysen kom til at scenariene kan sammenliknes på sine gjennomsnittlige reduksjoner, med forbehold ved små forskjeller. (Underkapittel C.1 kvantifiserer en særskilt usikkerhet ved estimering av transportarbeid til å slå ut med +/- 1 prosentpoeng på utslippsreduksjonene for scenariene 4 til 7.) Med et spenn som går fra 68% til 80%

reduksjon kan tendenser sees og tillegges vekt. Scenario 1, 2 og 3 har minst reduksjon (68% til 71%), og scenario 5 er i en mellomposisjon (74%). Scenario 4, 6 og 7 har reduksjon på 79% til 80%. For median av følsomhetsvarianter er reduksjonen fra 69% (scenario 2) via 72% (scenario 1 og 3) og 75% (scenario 5) til 81% for scenario 4, 6 og 7 - samme tendens.

Når det gjelder variasjon i andeler kjøretøy med null utslipp lokalt, blir andel busser som benytter fornybar energi styrt av politiske avgjørelser som tas på fylkesnivå med bakgrunn i økonomi og miljøprioriteringer. Andel personbiler som benytter fornybar energi påvirkes sterkt av politiske avgjørelser nasjonalt, i noen grad også lokalt ved for eksempel prising i bommer eller i MaaS-system. Dersom det besluttes å bruke høy andel av fossilfrie busser, mens fossilfri bilandel ikke blir like høy, er det noe mindre avstand mellom scenariene (Figur 5.12, variant MHMM) enn for gjennomsnittene per scenario. Dersom fossilfri bussandel ikke forseres, mens fossilfri bilandel blir høy, er scenario 2 og 3 noe dårligere relativt til de andre scenariene enn ellers (Figur 5.12, variant MMMH). Varianten med høy andel fossilfrie kjøretøy av begge typer (Figur 5.12, variant MHMH) er klart best på utslippsreduksjon av alle variantene der andeler varieres.

Variering av utslippsfaktor (Figur 5.13) gir mindre utslag på rangeringstydighet.

Rangeringen som er påvist, anses tydelig nok til å gi grunnlag for å se på mulig sammenfall med oppnåelse av nullvekstmålet.

7.1.3. Reduksjon fra 2016 til 2030 - LCA-utslipp

Norge har ikke nødvendigvis et mål om 55% reduksjon i LCA-utslipp, siden hva landet har forpliktet seg til i forbindelse med Parisavtalen gjelder innenlandske utslipp. Men politisk diskusjon kan tilsa at Norge vil vedkjenne seg utslipp også utenlands som er oppstått som en nødvendighet for virksomhet i det norske samfunnet. EUs mulige innføring av en ordning med karbontoll (CBAM; European Commission, 2021) gjelder i utgangspunktet som tiltak mot konkurransevridning innenfor/utenfor EU, men både ordningen i seg selv og diskusjoner foranlediget av den kan komme til å påvirke hvordan Norge vil beregne og ta ansvar for utslipp. Det kan derfor være interessant å se på Tabell 5.10. Et eventuelt mål om 55% reduksjon fra 2016 til 2030 er nådd i de fleste følsomhetsvarianter i scenariene, men særlig scenario 2 er dårligere enn de andre.

Gjennomsnittlig reduksjon spenner fra 58% (scenario 2) via 60% (scenario 1) og 61% (scenario 3) til 66% til 68% (scenario 4, 5, 6 og 7). For median av følsomhetsvarianter er reduksjonen fra 58% (scenario 2) via 61% (scenario 3) og 62% (scenario 1) til 66% til 69% (scenario 4, 5, 6 og 7). Begge verdsett tenderer til at scenariene 4, 5, 6 og 7 er best når det gjelder reduksjon av LCA-utslipp.

Når enkelte følsomhetsvarianter undersøkes, er utslagene på rangeringstydighet omtrent de samme for LCA-utslipp som for nasjonale utslipp (figurene 5.12 og 5.13).

Også her anses rangeringen tydelig nok til å gi grunnlag for å se på mulig sammenfall med oppnåelse av nullvekstmålet.

7.1.4. Utslipp sammenholdt med oppnåelse av nullvekstmålet

Tabell 7.1 viser utvalgte reduksjonsverdier fra tabellene 5.9 og 5.10: gjennomsnittet og medianen av følsomhetsvariantene innen hvert scenario. Reduksjon i Norge er regnet relativt til beregnede 1990-tall for regionen, mens LCA-reduksjon er relativt til verdiene i 2016-scenariet. I tillegg vises et prosent-tall for oppnåelse av nullvekstmålet slik det er

regnet ut i underkapitlet der scenarienes beskrivelser og transportarbeid oppsummeres ([Oppsummering scenarier](#): scenario 1 regnes som 0% oppnåelse, og ingen økning i personbilkjøring fra 2016 ville regnes som 100% oppnåelse). Transportmengdene for personbil gjelder for hele Kristiansandsregionen, og oppnåelse av nullvekstmålet gjelder det samme. Det er forskjell mellom scenariene på hvor trafikk med ulike transportmidler minker og øker, men dette er ikke tatt hensyn til i analysene. En eventuell analysing av scenarienes trengselsutfordringer måtte tatt hensyn til hvor økninger/minkninger er.

Cellene med reduksjoner og oppnåelse er fargelagt grønt-rødt etter grad av reduksjon/oppnåelse. Rangering er også vist med tall, uten fargelegging, for reduksjon i nasjonale utslipp henholdsvis LCA-utslipp, og oppnåelse av nullvekstmålet. Rangeringen her er på reduksjonsprosentene som de står uten hensyn til den ekstra usikkerheten som underkapittel C.1 viser for scenariene 4 til 7.

Tabell 7.1. Reduksjoner og rangering, nullvekstmåloppnåelse og rangering

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Reduksjon i Norge gjennomsnitt	71%	68%	70%	79%	74%	80%	80%
Reduksjon i Norge median	72%	69%	72%	81%	75%	81%	81%
Rekkefølge best-dårligst på utslipp i Norge	5	7	6	3	4	1	1
Reduksjon LCA gjennomsnitt	60%	58%	61%	67%	66%	68%	68%
Reduksjon LCA median	62%	58%	61%	68%	66%	69%	69%
Rekkefølge best-dårligst på LCA-utslipp	5	7	5	3	4	1	1
Oppnåelse av nullvekstmålet	0%	45%	96%	40%	80%	58%	63%
Rekkefølge best-dårligst på nullvekst	7	5	1	6	2	4	3

I denne studiens data, summert i Tabell 7.1, kan det ikke sees noe mønster for sammenfall mellom reduksjoner i klimagassutslipp og oppnåelse av nullvekstmålet for personbiltrafikk. Scenario 3, som er nærmest å nå nullvekstmålet, er under middels på utslippsreduksjon. Scenario 1, som er klart dårligst på oppnåelse av nullvekstmålet, er ikke dårligst på utslippsreduksjon - det er så vidt bedre enn scenario 3. Scenariene 6, 7, 4 og 5, som er best på utslippsreduksjon, har oppnåelse av nullvekstmålet som varierer fra 40% til 80%.

Følsomhets- og usikkerhetsanalysene tilsier at små forskjeller ikke skal tillegges vekt, og spesifikt at ulikhet under to prosentpoeng mellom scenarier i serien 4 til 7 skal ses bort fra (se [C.1. Usikkerhet ved estimert transportarbeid](#)). Også med dette forbeholdet er det en tydelig nok tendens til at å oppnå nullvekstmålet ikke ser ut til å ha sammenfall med høy reduksjon i utslipp. Det ser snarere ut til at man oppnår større utslippsreduksjon ved å ikke prøve å nå nullvekstmålet. Dette gjelder for både nasjonale utslipp og LCA-utslipp, som har scenarioene i nær samme rangering på utslippsreduksjon. Scenario 1 («nullalternativ 2030»), som har de svakest doserte tiltakene og lar personbilbruken flyte friest, er ikke dårligst på utslippsreduksjon. Scenario 2 («BMA-grunnlaget»), med doubling av busskjøring, flere bomsnitt og høyere bompengesatser enn scenario 1, kommer dårligst ut. Scenario 3 («BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2») kommer også relativt dårlig ut selv med enda kraftigere bruk av bompenger og dessuten lavere kollektivsatser i samme buss-omfang som scenario 2. Dette tyder på at det som bidrar mest negativt til reduksjonsresultatene for 2 og 3, er den omfattende busskjøringen, som gir forholdsvis lavt belegg på bussene. Bussene får ikke fullt utnyttet sine sterke sider når relativt få passasjerer benytter dem. Tallene for passasjerbelegg i [Tabell 5.4](#) belyser dette. En omregning av de spesifikke utslippsmengdene fra kjøretøykilometer til passasjerkilometer, ifølge beleggene for scenariene slik [Tabell 5.4](#) viser, kan være opplysende og finnes i [Tabell 7.2](#). Fossilbusser gir fra 97,9 til 182,9 g CO_{2e} i Norge per pkm, mens fossilbil gir fra 155,0 til 160,1 g. Elbuss gir fra 1,4 til 2,5 g, mens elbil gir fra 2,6 til 2,7 g CO_{2e} per pkm.

Mikrobiler er i kapittel 5 til sammenlikning regnet ut til å gi 2 g CO_{2e} per pkm utslipp i Norge.

Tabell 7.3 viser tilsvarende utregninger for LCA-utslipp.

Tabell 7.2. Utslipp i Norge per passasjerkilometer i scenariene [g CO_{2e}/pkm]

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Passasjerbelegg buss	14,000	7,875	8,896	13,138	14,716	14,081	14,657
Utslipp per pkm buss, fossil, i Norge	102,9	182,9	161,9	109,6	97,9	102,3	98,2
Utslipp per pkm buss, elektrisk, i Norge	1,4	2,5	2,2	1,5	1,4	1,4	1,4
Passasjerbelegg personbil	1,124	1,127	1,134	1,126	1,161	1,156	1,145
Utslipp per pkm personbil, fossil, i Norge	160,1	159,7	158,8	159,9	155,0	155,7	157,2
Utslipp per pkm personbil, elektrisk, i Norge	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6

Tabell 7.3. LCA-utslipp per passasjerkilometer i scenariene [g CO_{2e}/pkm]

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Passasjerbelegg buss	14,000	7,875	8,896	13,138	14,716	14,081	14,657
Utslipp per pkm buss, fossil, LCA	121,4	215,9	191,1	129,4	115,5	120,7	116,0
Utslipp per pkm buss, elektrisk, LCA	17,9	31,7	28,1	19,0	17,0	17,8	17,1
Passasjerbelegg personbil	1,124	1,127	1,134	1,126	1,161	1,156	1,145
Utslipp per pkm personbil fossil, LCA	186,8	186,3	185,2	186,5	180,8	181,6	183,4
Utslipp per pkm personbil elektrisk, LCA	40,0	39,9	39,7	40,0	38,7	38,9	39,3

Informasjonen i Tabell 7.2 og Tabell 7.3 kan uttrykkes på en annen måte. Tabell 7.4 viser utregninger av vippepunktet for bussbelegg der personbiler med 1,13 personer⁹ om bord har like mye utslipp av klimagasser som buss, for studiens primære (M) og følsomhetsvarierte (L og H) utslippsfaktorer for diesel og elektrisitet, både nasjonalt og som LCA. Vippepunktet for dieseldrift av både buss og personbil er ved ca. 9 passasjerer både for nasjonale utslipp og LCA. Ved gunstigste utslippsfaktor for buss og ugunstigste for personbil er vippepunktet ved ca. 6 passasjerer, for det motsatte er det ved opp mot 14 passasjerer. Sammenliknes elbuss med elbil, er det vippepunkt ved ca. 7,5 passasjerer for nasjonale utslipp, og ved ca. 6,3 for LCA-utslipp. Det totale spennet for følsomhetsvariantene er fra ca. 4 til 11 passasjerer.

En dieselbuss er langt fra konkurransedyktig med elektrisk drevne personbiler: middels utslippsfaktorer gir at for paritet med en elbil på utslipp i Norge må den ha ca. 540 passasjerer. Regnet for LCA-utslipp trengs ca. 43 passasjerer. Motsatt er tallene også klare: en dieselbil er mye dårligere enn en elbuss med en eneste passasjer på utslipp i Norge, og for LCA-utslipp dieselbil mot elbuss ligger vippepunktet i nærheten av én busspassasjer.

9. 1,13 er gjennomsnittlig belegg for personbil i denne studiens scenarier

Tabell 7.4. Vippepunkt passasjerantall med følsomhetsvarierte utslippsfaktorer

	buss [g/kjtkm]	personbil [g/kjtkm]	personbil 1,13 pass. [g/pkm]	vippepunkt [pass.]
H buss (diesel) og L personbil (diesel), i Norge	1728	144	127	13,6
M buss (diesel) og M personbil (diesel), i Norge	1440	180	159	9,0
L buss (diesel) og H personbil (diesel), i Norge	1152	216	191	6,0
H buss (diesel) og L personbil (diesel), LCA	2040	168	149	13,7
M buss (diesel) og M personbil (diesel), LCA	1700	210	186	9,1
L buss (diesel) og H personbil (diesel), LCA	1360	252	223	6,1
H buss (el) og L personbil (el), i Norge	24	2,4	2,1	11,3
M buss (el) og M personbil (el), i Norge	20	3,0	2,7	7,5
L buss (el) og H personbil (el), i Norge	16	3,6	3,2	5,0
H buss (el) og L personbil (el), LCA	300	36	32	9,4
M buss (el) og M personbil (el), LCA	250	45	40	6,3
L buss (el) og H personbil (el), LCA	200	54	48	4,2
M buss (el) og M personbil (diesel), i Norge	20	180	159	0,1
M buss (el) og M personbil (diesel), LCA	250	210	186	1,3
M buss (diesel) og M personbil (el), i Norge	1440	3,0	2,7	542,4
M buss (diesel) og M personbil (el), LCA	1700	45	40	42,7

Når det i scenariene 2 og 3 kjøres mest buss, indikerer gjennomsnittlige belegg at belegget på mange av turene som kjøres vil falle under vippepunktet. For bussruter som har få passasjerer, vil det være klimagassmessig lønnsomt å erstatte dem med bruk av elbiler. Mikrobiler på sin side er enda mer konkurransedyktige mot busser.

Et klimamessig optimalt transportsystem må utnytte de ulike transportmidlenes styrker. Buss har en av sine styrker i å tilby transport til dem som ikke har, ønsker eller kan kjøre bil, derfor trengs et visst busstilbud. Å gjøre denne transporten fossilfri har stor betydning for utslipp av klimagasser. Buss kan også være mest effektivt der det kan oppnås høye nok belegg. Men det er ikke blant bussens styrker i klimasammenheng å betjene strøk med lite transportetterspørsel. Denne studiens resultater tyder på at strøkene som klimamessig best betjenes av buss, strekker seg kortere ut fra sentrale Kristiansand enn tidligere antatt, og at bruk av elbiler kan være klimamessig gunstigst utenfor sentrale strøk (der det ikke er trengselsproblemer).

At transport bringer med seg skadevirkninger, er åpenbart. Eksterne kostnader ved transport har ikke fullt ut vært båret av dem som betaler for transporten. Dette har over tid resultert i innføring av avgifter på transport som søker å internalisere de eksterne kostnadene. Det har også ført til policies om at transportmengder bør reduseres, som kan tilsi sentralisering og tettere befolkningskonsentrasjoner.

Med de reduksjonene i miljøomkostninger som det kan sees at overgang til fossilfrie transportmidler representerer (se Tabell 7.2), kan det komme til å bli slik at policies for å påvirke til reduksjoner i transport fortsetter uten at de er tilstrekkelig begrunnet i oppdaterte omkostningsberegninger. Elektrisk drevet persontransport på vei innen en region senker klimagassutslipp i Norge per passasjerkilometer til under 1/50 av hva det er med fossil energi. Reduksjonen er langt fra så kraftig når andre kostnader og skadevirkninger av transport regnes inn slik de må, slik at brøk 1/50 ikke blir stående. Men det kan bli samfunnsoptimalt å benytte mer transport, ikke mindre.

Som det er nevnt andre steder i denne studien, finnes argumenter for at et livssyklus-perspektiv burde brukes, og at kjøretøy som benyttes i Norge skulle få utslippene ved produksjon, frakt og resirkulering av dem regnet som en del av kostnadene ved transporten i Norge. Studiens beregninger av LCA-utslipp gjelder for en slik betraktning. Se Tabell 7.3

for LCA-beregninger tilsvarende Tabell 7.2s for nasjonale utslipp. Brøken for utslippsreduksjon er da omkring 1/5, ikke 1/50 slik den er for utslipp i Norge, men det er likefullt en stor forbedring.

Noen utviklingskrefter bidrar til sentralisering over tid (for eksempel stordriftsfordeler, mer interessant arbeidsmarked og kulturliv). Om det er riktig å ytterligere styrke sentraliseringstendensene med planleggingsgrep og andre regulerende tiltak, kan være et åpent spørsmål som kunne være tema i egne studier. Mulighetene for i en region som Kristiansand i fremtiden å benytte andre kollektive transportmidler enn store busser, i og med utviklingen som pågår for autonome kjøretøy (og som er tatt inn i enkelte scenarier i denne studien), vil kunne bety mye for hva som er optimale løsninger. Også andre nye kjøretøytyper som mikrobiler kan bidra til mer klimavennlig og effektiv transport, samtidig med at autonomi gjør at tilgjengeligheten til transport for ikke-bilførere blir bedre.

Forbehold. Studien undersøker en bestemt region, Kristiansandsregionen, ved hjelp av sju beskrevne scenarier. Et annet sett av scenarier kunne muligens ha gitt andre resultater, men trekk ved scenariene som er analysert ser ut til å kunne gi generelt gyldig kunnskap. Tilsvarende analyser som det denne studien gjør, for andre regioner og med andre scenarier, kunne likevel ha bidratt til mer og sikrere kunnskap. En enda dypere analyse av hvilke tiltak som gir best virkning på utslippsreduksjon, kunne også vært nyttig.

Studien er ikke lagt opp til å belyse, og kan ikke svare klart på, i hvilken grad trengselsproblemer i de mest sentrale strøkene avhjelpest i det enkelte scenario. De ulike gradene av reguleringer for personbiler i sentrale strøk vil kunne si noe om virkningene, men dette er ikke forfulgt i denne studien. Studiens data kan i et eventuelt utdypende arbeid benyttes for estimering av slike virkninger.

Oppsummering. Nullvekstmålet er ment å bidra til mindre trengsel og lave klimagassutslipp. Slik analysene i denne studien finner det, gir nullvekstmålet utilsiktede¹⁰ konsekvenser for utslipp som kan overskygge de tilsiktede. Samfunnet kan være opptatt av å styre etter én bestemt parameter (i dette tilfellet nullvekst for personbiltrafikk), og utslagene på andre felter (samlede utslipp fra all trafikk) blir så store at totaleffekten kan bli motsatt av tilsiktet. Hvis det er et mål å redusere utslipp med en viss prosent eller så mye som økonomisk-praktisk mulig, ville det sannsynligvis ha ledet til mer effektiv virkemiddelbruk om de operative målene gikk på utslipp, ikke personbiltrafikk. (Dette er samme funn som én av anbefalingene i Ekspertutvalget, 2019.) Det gir med nødvendighet bedre muligheter for optimering å vurdere virkemidlers effekt opp mot det man faktisk vil oppnå, enn å vurdere opp mot et mål som man ikke vet er sammenfallende med det man vil oppnå. Med denne studiens resultater er dette tydeliggjort ved at oppnåelse av nullvekstmålet ikke er sammenfallende med oppnåelse av utslippsreduksjon.

7.2. Oppnåelse av overordnede mål i NTP

Forskningsspørsmål nr. 2 lyder

Hvordan sammenfaller oppnåelse av nullvekstmål i en region med oppnåelse av de overordnede målene i Nasjonal transportplan?

Valgt metode for å belyse dette, er å invitere fagfolk til å gjøre sine bedømmelser (se underkapittel 3.3 [Metode for svar på forskningsspørsmål nr. 2](#)).

10. Ref. det som omtales som «loven om utilsiktede konsekvenser», også kalt Streisand-effekten.

Det har vist seg vanskeligere enn antatt å få et anvendelig antall bedømmelser. En mulig årsak kan være at bedømmelsesoppgaven ble større enn hva man med rimelighet kan forvente gjort på frivillig basis. Oppnåelse av bedre deltakelse med valgt metode ville da ha krevd enten bedre insitamenter for respondentene, eller en enklere oppgave, eller begge deler. I denne studiens sammenheng og innenfor dens tidsramme har ikke det latt seg gjøre, men det er en lærdom til eventuelle senere utførte liknende studier. Om bedømmelsesoppgaven kunne vært gjort enklere, er ikke åpenbart: egenskapene som skal bedømmes er sammensatte, og for lite informasjon og nyansering ville ha redusert påliteligheten i bedømmelsene. Å bedre insitamentene til å delta kan være en mer formålstjenlig vei, men det ville kreve et større anlagt forskningsprosjekt. Andre metoder enn den valgte med arbeidsmøter og karaktersetting, burde da også vurderes. Delfi-metode er én mulighet, at respondenter kunne bli bedt om å vurdere bedømmelser gjort av forfatteren av studien er en annen.

Det er ut fra de fire innleverte bedømmelsene (se underkapittel 6.1 [Innleverte bedømmelser](#)) lite grunnlag for å trekke konklusjoner. På enkelte punkter likner det på harmoni i bedømmelsene. Men antallet bedømmelser er så lavt at harmoni blant dem ikke gir grunn til å regne med harmoni om antallet hadde vært større. I et større materiale kunne det som ser ut som harmoni her, bli overdøvet av andre avvikende syn.

På den andre siden: på noen punkter avviker bedømmelsene sterkt fra hverandre. Men store avvik blant de innleverte bedømmelsene, kunne vise seg å skyldes utliggerer i et tenkt større materiale.

Hovedsvaret på forskningsspørsmål nr. 2 må dermed bli at de innleverte bedømmelsene ikke gir grunnlag for å si noe om hvordan ulike scenarier gir oppnåelse av de overordnede målene i NTP.

Tre trekk ved bedømmelsene sett samlet kan likevel kommenteres.

For det første er scenario 1 av alle respondentene i materialet bedømt som nøytralt eller dårlig (karakter 0 til -2), med en overvekt av karakter -2 (sju av 12 avgitte karakterer er -2). Det er en ikke ubetydelig sannsynlighet for at denne tendensen ville holdt seg i et større materiale: at scenariet som står for minst inngripen i utviklingen blir bedømt som minst ønskelig ved mange respondenter.

For det andre *kan* uenighetene respondentene imellom være uttrykk for en reell uenighet mellom fagfolk om hva som er de mest ønskelige utviklingstrekkene. Ulikhetene i bedømmelse kan riktignok skyldes at respondentene på grunn av de begrensede overleverte informasjonene har fått ulike oppfatninger av scenarienes kvaliteter, og at de derfor har avgitt ulike karakterer, men at deres underliggende syn på hva som er ønskelig kan være det samme. Men muligheten for faglig uenighet om ønskelighet skal ikke ses bort fra. Dette kunne være interessant å undersøke i et større materiale med dypere involvering av respondenter.

Endelig kan det se ut som at respondentene ikke har lagt samme vekt på scenarienes utslipp av klimagasser. Resultatene fra denne studiens hoveddel er at rekkefølgen fra størst til minst reduksjon av utslipp i Norge, er at 6, 7 og 4 er i beste gruppe, deretter er rekkefølgen 5-1-3-2 ([Tabell 5.9](#) og [Tabell 7.1](#)). Informasjon om dette var med (med foreløpige tall, men med så godt som samme tendens) i dokumentet som respondentene fikk oversendt (se [Vedlegg E](#)). Momentene som teller for bedømmelse av miljøvennlighet består av mer enn «bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål» (se [Tabell 3.3](#)). At karaktersettingen på miljøvennlighet spriker så mye som den gjør, og for flere respondenter

kan se ut til å være lite påvirket av de estimerte utslippsreduksjonene, er likevel verd å merke seg.

8. Konklusjoner

Studiens forskningsspørsmål er

1. Hvordan sammenfaller grad av oppnåelse av nullvekstmål i en region med reduksjon i mengde utslipp av klimagasser?
2. Hvordan sammenfaller oppnåelse av nullvekstmål i en region med oppnåelse av de overordnede målene i Nasjonal transportplan?

Studien har beskrevet sju scenarier for transport i Kristiansandsregionen i 2030. Kort om scenariene:

- scenario 1 «nullalternativ 2030» baserer seg på byutredning, som en fremskrivning av 2016-trafikk uten ekstra tiltak;
- scenario 2 «BMA-grunnlaget»¹¹ har flere bomsnitt, høyere bomtakster, dobling av kollektivtilbud og ny bussbro over Otra i forhold til scenario 1;
- scenario 3 «BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2» bygger på scenario 2, pluss doubler bomtakstene, øker parkeringsrestriksjonene ytterligere og reduserer kollektivprisene;
- scenario 4 «bomtakter, innfartsparkeringer» bygger på scenario 1, pluss øker bomtakster og har flere innfartsparkeringer;
- scenario 5 «parkeringsrestriksjoner i sentrum» bygger på scenario 4, pluss legger på sterkere parkeringsrestriksjoner sentralt, mer innfartsparkering, og skisserer insitamenter i MaaS-løsning¹²;
- scenario 6 «nye kjøretøytyper» bygger på scenario 4, pluss regner med forholdsvis mye bruk av minibusser, elsykler og elsparkesykler, innfører kjørerestriksjoner i sentrum, og skisserer bruk av MaaS;
- scenario 7 «store innfartsparkeringer» bygger på scenario 4, pluss har tre store innfartsparkeringer nær sentrum, omfattende minibusstilbud i sentrum, insitamenter for bruk av mikrokjøretøy, og MaaS.

Figur 4.4 (side 55) viser en oversikt over de viktigste forskjellene mellom scenariene.

Transportmengder i scenariene er estimert, delvis med basis i bruk av transportmodell i byutredning. Utslippsfaktorer for kjøretøytyper er satt, og utslipp av klimagasser i dem er regnet ut ut fra utslippsfaktorene, transportarbeid og beleggfaktorer. Det er gjort følsomhetsanalyse for

- utslippsfaktorer: gram CO_{2e} per kjøretøykilometer, lav, middels og høy faktor for buss og personbil hver for seg;
- andeler kjøretøy som benytter fornybar energi: middels og høy andel, for buss og personbil hver for seg.

11. BMA står for «bymiljøavtale», en avtaletype for samarbeid mellom statlige og lokale myndigheter.

12. MaaS står for «Mobility-as-a-Service», og betyr i denne sammenhengen at det kan betales for kombinasjoner av bompasseringer/veiprisning, parkering og kollektivbruk.

Oppnåelse av nullvekstmålet regnes som en prosentverdi ut fra vekst i personbiltrafikk fra 2016: med samme personbiltrafikk som i 2016 er oppnåelsen 100%, proporsjonalt ned til at om det er så mye personbiltrafikk som i scenario 1 er oppnåelsen 0%.

For svar på forskningsspørsmål nr. 2 er scenarienes oppnåelse av overordnede mål bedømt av fagpersoner som ble rekruttert til å bidra til studien. Med den valgte metoden, med arbeidsmøter og karaktersetting, har det vist seg vanskeligere enn forventet å få inn bedømmelser, og det er levert svar fra kun fire respondenter. Konklusjonen på dette forskningsspørsmålet er at **de innleverte bedømmelsene ikke gir grunnlag for å si noe om hvordan ulike scenarier gir oppnåelse av de overordnede målene i Nasjonal transportplan.**

Det gjenstår å konkludere på forskningsspørsmål nr. 1.

Estimatene for alle følsomhetsvarianter i alle scenarier viser reduksjon fra 1990 til 2030 i nasjonale utslipp av klimagasser fra bruk av kjøretøy i regionen¹³ med 56% eller mer. For gjennomsnittene av følsomhetsvariantene innen hvert scenario er spennet fra 68% til 80% reduksjon.

Livssyklus-utslipp (LCA-utslipp) for kjøretøyene og deres bruk i regionen er estimert for å undersøke om det er annerledes utslag på utslipp i scenariene enn for nasjonale utslipp, og for å ha et vurderingsgrunnlag dersom politiske prioriteringer fører til at reduksjon i LCA-utslipp blir viktigere i fremtiden. Resultatene viser at gjennomsnittene av følsomhetsvariantene har 58% til 68% reduksjon fra 2016 til 2030 (LCA-utslipp 1990 er ikke estimert i denne studien). Noen følsomhetsvarianter i noen scenarier når ikke 55% reduksjon, men det er ikke et uttrykt mål for Norge med en slik reduksjon i LCA-utslipp. Det er svært nær samme rangering på reduksjon i scenariene for LCA-utslipp som for nasjonale utslipp.

Følsomhets- og usikkerhetsanalyse tilsier at gjennomsnittene kan sammenliknes, med forbehold ved små forskjeller mellom scenariene¹⁴. Scenario 3, som er nærmest å nå nullvekstmålet med 96% oppnåelse, er under middels av scenariene på utslippsreduksjon. Scenario 1, som har 0% oppnåelse av nullvekstmålet, er ikke dårligst på utslippsreduksjon – det er litt bedre enn scenario 3. Scenariene 4, 6 og 7, som er i den beste gruppen på utslippsreduksjon uten at de med sikkerhet kan rangeres, har oppnåelse av nullvekstmålet som varierer fra 40% til 63%. Scenario 4 i denne utslippsmessig beste gruppen er dårligst av alle scenariene unntatt 1 på oppnåelse av nullvekstmålet. Scenario 5 er dårligere enn 4, 6 og 7 på utslippsreduksjon nasjonalt, men på linje med dem for LCA-utslipp, og har oppnåelse av nullvekstmålet på 80%. Se [Tabell 7.1](#) (side 95) for en tabellarisk oversikt over disse verdiene.

Rangering på utslipp sammenholdt med rangering på oppnåelse av nullvekstmålet gir at **å nå nullvekstmålet ikke har sammenfall med høy reduksjon i utslipp av klimagasser.**

Studiens data gir grunnlag for noen observasjoner som kan gjelde transportsystemer generelt. To viktige forutsetninger for et klimavennlig transportsystem er (1) en rask overgang til bruk av fossilfri energi, og (2) god utnyttelse av transportmidlene (høyt

13. En tilnærmet well-to-wheel-beregning, der energibruken til transportarbeidet er med, likeså produksjon og frakt av fossile drivstoff henholdsvis elektrisitet, men ikke produksjon, frakt og gjenvinning av kjøretøy.

14. Det er usikkerheter ved alle scenarier, men scenariene 4 til 7 har en ekstra usikkerhet ved sammenlikning på pluss/minus ett prosentpoeng, ref. Vedlegg C underkapittel C.1.

belegg). Det første vises ved at følsomhetsvariantene som står for høyest andel fossilfrie kjøretøy, er klart best på utslippsreduksjon, ref. [Figur 5.12](#) (side 85) Det andre vises ved at utslipp per passasjerkilometer er omvendt proporsjonalt med belegg, ref. [Tabell 7.2](#) (side 96).

Å oppnå høyt belegg er krevende, både for busser og personbiler. For kollektivtilbudet må det anses som selvsagt at det skal ha et visst omfang for å betjene de som ikke kan eller vil bruke andre transportmidler. Men utslippsreduksjon betinger at det gjøres effektivt. Studiens utslippsdata gir at dieselbusser må ha minst 6 til 14 passasjerer (avhengig av utslippsfaktorer) for å være mer klimagunstige enn dieselpersonbiler, med ca. 9 som gjennomsnitt. For elbusser mot elbiler er det tilsvarende vippepunktet i området 4 til 11 passasjerer med ca. 7 som gjennomsnitt. Denne studiens resultater, der noen scenarier har doubling av busstilbud og andre ikke, kan tyde på at en sterk økning i busstilbud fører til at noen bussruter får et belegg som gjør også elbusser klimamessig dårligere enn el-drevne personbiler. Logisk vil dette gjelde strøk som har lavere befolkningstetthet.

I gjeldende NTP ble nullvekstmålet «videreutviklet» ved at det er gitt anledning til å vedta ytre soner i byregionene, der måling av trafikk ikke skal inngå ved beregning av oppnåelse av målet. Studiens resultater gir grunn til å karakterisere denne videreutviklingen som et treffende bidrag til å kunne oppnå bedre klimaresultater. En tydeligere påpeking av at nullvekstmålet skal gjelde kun for tettere befolkede soner, kunne gjort det enda mindre skadelig for klimaet.

Økonomiske krefter og befolkningens ønsker bidrar til sentralisering over tid. Trendbruddet som skjer med elektrifisering, og et antatt trendbrudd som kan skje for kjøretøytyper (både private og kollektive) når det gjelder deres størrelser og autonomi, gjør på sin side at klimaskadevirkningene ved transport kan bli vesentlig redusert i forhold til tidligere, og at tilgangen til transport for alle blir bedre. En fortsatt bruk av tiltak og reguleringer som støtter sentralisering, vil kunne bidra til enda lavere utslipp av klimagasser. Det kan likevel være på sin plass å gjøre en ny vurdering av i hvilken grad et mål om reduksjon i transportmengder fortsatt er totalt sett ønskelig, ved å veie fordeler og ulemper mot hverandre på nytt.

Selve nullvekstmålet er i en slik større revurdering sentralt å sette spørsmålstegn ved. Men som denne studien har vist, er også det mer begrensede perspektivet nullvekstmål versus klimamål konfliktfylt. **Hvis det er et eksplisitt mål å redusere utslipp med en viss prosent eller så mye som økonomisk-praktisk mulig, vil det sannsynligvis lede til mer effektiv virkemiddelbruk – større utslippsreduksjon, mindre ressursbruk, bedre forhold for innbyggerne – om de operative målene gjelder utslipp, ikke omfang av personbiltrafikk.**

9. Referanser

Ackermann, M. (2021) *Mobility-as-a-Service: The Convergence of Automotive and Mobility Industries*. Cham: Springer. DOI 10.1007/978-3-030-75590-4.

AKT (2016) *Strategiplan 2017-2030*. Kristiansand: Agder kollektivtrafikk.

AKT (2017) *Årsrapport 2016*. Kristiansand: Agder kollektivtrafikk.

Arcimoto (2021) *Ultra Efficient Electric Vehicles*. Tilgjengelig fra <https://www.arcimoto.com/> (hentet 15. desember 2021).

Bahrami, F. og Rigal, A. (2021) Planning for plurality of streets: a spheric approach to micromobilities *Mobilities* (2021). DOI 10.1080/17450101.2021.1984850.

Braun, A. og Rid, W. (2017) Energy consumption of an electric and an internal combustion passenger car. A comparative case study from real world data on the Erfurt circuit in Germany. *Transportation Research Procedia*, 27 (2017), s. 468-476. DOI 10.1016/j.trpro.2017.12.044.

Bowles, S. (1998) Endogenous Preferences: The Cultural Consequences of Markets and Other Economic Institutions *Journal of Economic Literature*, 36 (1998), s. 75-111.

Bråten, K. G., Flugsrud, K., Haarsaker, V., Landvik, N., Lindegaard, A., Støholen, B., Vestreng, V., Weidemann, F. (2015) *Klimatiltak mot 2030* ("Lavutslippsutredningen", rapport M-438). Oslo: Miljødirektoratet.

Duarte, A., Garcia, C., Giannarakis, G., Limao, S., Polydoropoulou, A., Litinas, N. (2010) New approaches in transportation planning: happiness and transport economics. *Netnomics* (2010) 11, s. 5-32. DOI 10.1007/s11066-009-9037-2.

E3 Fleet (2022) *Emissions calculator* Tilgjengelig fra https://www.e3fleet.com/emissions_calculator.html (hentet 9. april 2022).

EasyMile (2022) *EZ10 passenger shuttle* Tilgjengelig fra <https://easymile.com/vehicle-solutions/ez10-passenger-shuttle> (hentet 7. januar 2022).

Ekspertutvalget – teknologi og fremtidens transportinfrastruktur (2019) *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet*. Oslo: Samferdselsdepartementet.

European Commission (2021) *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a carbon border adjustment mechanism*. Brussel: European Commission. Tilgjengelig fra https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/carbon_border_adjustment_mechanism_0.pdf (hentet 20. april 2022).

Fearnley, N. (2021) Micromobility and Urban Space *Built Environment* (2021) 47 no. 4, s. 437-442. DOI 10.2148/benv.47.4.437.

Ferraris, A., Micca, F., Messina, A., Airale, A.G. og Carello, M. (2019) Feasibility Study of an Innovative Urban Electric-Hybrid Microcar. *International Journal of Automotive Technology*, 20 (2) (2019), s. 237-246. DOI 10.1007/s12239-019-0023-x.

Galan, J.B., Vazquez, R.R., Ros, O.G.C., Ayfantopoulou, G., Grau, J.M.S., Konstantinidou, M., Frederix, R., Papics, P. (2021) Future Scenarios for Mobility Innovations and Their Impacts in Cities and Transport Models. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 1278 (2021), s. 1130-1138. DOI 10.1007/978-3-030-61075-3_108.

Grisham, T. (2008) The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics *International Journal of Managing Projects in Business* Vol. 2 No. 1 (2009), s. 112-130. DOI 10.1108/17538370910930545.

Grue, B., Landa-Mata, I. og Flotve, B.L. (2021) *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2018/2019* (TØI-rapport 1835/2021). Oslo: Transportøkonomisk Institutt.

Hanssen, J.U., Tennøy, A., Christiansen, P. og Øksenholt, K.V. (2014) *Hvilke typer innfartsparkering kan gi reduserte klimagassutslipp?* (TØI-rapport 1366/2014). Oslo: Transportøkonomisk Institutt.

Hensher, D.A., Mulley, C. og Nelson, J.D. (2021) Mobility as a service (MaaS) - going somewhere or nowhere? *Transport Policy*, 111 (2021), s. 153-156. DOI 10.1016/j.tranpol.2021.07.021.

Hensher, D.A., Nelson, J.D. og Mulley, C. (2022) Electric car sharing as a service (ECSaaS) – Acknowledging the role of the car in the public mobility ecosystem and what it might mean for MaaS as eMaaS? *Transport Policy*, 116 (2022), s. 212-216. DOI 10.1016/j.tranpol.2021.12.007.

Hoekstra, A. (2019) The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions. *Joule*, 3 (2019), s. 1404-1414. DOI 10.1016/j.joule.2019.06.002.

Hollingworth, J., Copeland, B., Johnson, J.X. (2019) Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. *Environmental Research Letters*, 14 (2019) 084031. DOI 10.1088/1748-9326/ab2da8.

ICCT (2010) *Carbon Intensity of Crude Oil in Europe* Washington D.C./San Francisco/Brussels: International Council on Clean Transportation. Tilgjengelig fra https://theicct.org/sites/default/files/ICCT_crudeoil_Eur_Dec2010_sum.pdf (hentet 9. mai 2022).

Javaid, A., Creutzig, F. og Bamberg, S. (2020) Determinants of low-carbon transport mode adoption: systematic review of reviews. *Environmental Research Letters*, 15 (2020), 103002. DOI 10.1088/1748-9326/aba032.

Jiang, X., Mo, J., Li, Y. (2017) The Graduation Relationship Model and Application of Urban Multimodal Transit Networks. *Green Intelligent Transportation Systems*, 2017-07-12, Vol. 419, s. 367-383.

Klimarådet (2018) *Hvor klimavenlige er elbiler sammenlignet med benzin- og dieslbiler?*. København: Klimarådet.

Kommunaldep. (2016) *Hovedrapport framtidens byer 2008-2014*. Rapport fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet 01/2016.

Kongsberg (2021) *Verdens første selvkjørende buss*. Tilgjengelig fra <https://www.kongsberg.no/verdens-forste-selvkjorende-buss/> (hentet 7. januar 2022).

Korsbakken, J.I., Romundstad, R.M., Madslie, A. (2021) *Kristiansands klimagassutslipp mot 2030 Referansebane og tiltakspakker*. Oslo: CICERO.

Krogstad, J.R. og Leknes, E. (2020) *Mot nullvekst og bærekraftig mobilitet. Utvikling av bypakker i tre norske byområder* (rapport 34-2020). Ukjent sted: NORCE Samfunnsforskning.

Levin, K., Rich, D., Bonduki, Y., Comstock, M., Tirpak, D., McGray, H., Noble, I., Mogelgaard, K. og Waskow, D. (2015) *Designing and Preparing Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)*. (Rapport i samarbeid med UNDP.) Washington, D.C.: World Resource Institute.

Li, A., Zhao, P., Liu, X., Mansourian, A., Axhausen, K.W., Qu, X. (2022) Comprehensive comparison of e-scooter sharing mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* (2022). DOI 10.3929/ethz-b-000534409.

Liljamo, T., Liimatainen, H., Pöllänen, M. og Utriainen, R. (2020) People's current mobility costs and willingness to pay for Mobility as a Service offerings. *Transportation Research Part A*, 136 (2020), s. 99-119. DOI 10.1016/j.tra.2020.03.034.

Lindegaard, A., Laird, B. m. fl. (2015) *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030* (rapport M-386). Oslo: Miljødirektoratet.

Lyons, G. og Marsden, G. (2019) Opening out and closing down: the paradigm of uncertainty in transport planning's forecasting paradigm. *Transportation*, 48 (2019), s. 595-616. DOI 10.1007/s11116-019-10067-x.

Madslie, A. og Kwong, C. K. (2015) *Klimagasseffekt ved ulike tiltak og virkemidler i samferdselssektoren - transportmodellberegninger* (TØI-rapport 1427/2015). Oslo: Transportøkonomisk Institutt.

Mattauch, L. og Hepburn, C. (2016) Climate Policy When Preferences Are Endogenous – And Sometimes They Are. *Midwest Studies In Philosophy*, XL (2015), s. 76-95.

McFadden, D. (1974) The measurement of urban travel demand. *Journal of Public Economics* 3 (1974), s. 303-328.

Meld. St. 20 (2020-2021) (2021) *Nasjonal transportplan 2022-2033*. Oslo: Samferdselsdepartementet.

Meld. St. 21 (2011-2012) (2012) *Norsk klimapolitikk*. (2015) Oslo: Klima- og miljødepartementet.

Meld. St. 26 (2012-2013) (2013) *Nasjonal transportplan 2014-2023*. Oslo: Samferdselsdepartementet.

Meld. St. 33 (2016-2017) (2017) *Nasjonal transportplan 2018-2029*. Oslo: Samferdselsdepartementet.

Microlino (2022) *This is not a car!* Tilgjengelig fra <https://microlino-car.com/en/microlino> (hentet 7. mars 2022).

Myers, D. og Kitsuse, A. (1999) *Constructing the Future in Planning: A Survey of Theories and Tools*. California: University of Southern California.

Møller, T.H., Simlett, J., Mugnier, E. (2020) *Micromobility: Moving cities into a sustainable future* (EY-rapport). Danmark/UK/Frankrike: EY.

Nagy, V. og Horvath, B. (2021) Effect of Self-driving Buses on Vehicle Scheduling. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 1278 (2021), s. 21-29. DOI 10.1007/978-3-030-61075-3_3.

Nandhakumar, S., Seenivasan, S., Mohammed Saalih, A. og Saifud, M. (2021) Weight optimization and structural analysis of an electric bus chassis frame *Materials Today: Proceedings*, 37 (2021), s. 1824-1827. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.07.404.

Nemoto, E.H., Jaroudi, I. og Fournier, G. (2021) Introducing Automated Shuttles in the Public Transport of European Cities: The Case of the AVENUE Project. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 1278 (2021), s. 273-285. DOI 10.1007/978-3-030-61075-3_27.

Norconsult (2017) *Byutredning Kristiansandsregionen, Dokumentasjonsrapport, Modellberegninger og analyser* (Dokumentnr. R-5171063-2). Sandvika: Norconsult.

Nordelöf, A., Romare, M. og Tivander, J. (2019) Life cycle assessment of city buses powered by electricity, hydrogenated vegetable oil or diesel. *Transportation Research Part D*, 75 (2019), s. 211-222.

NTNU (2022) *Nettskjema - Kunnskapsbasen - NTNU*. Tilgjengelig fra <https://i.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Nettskjema> (hentet 19. januar 2022).

NVE (2021) *Strømforbruk i Norge har lavt klimagassutslipp*. Tilgjengelig fra <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/stromforbruk-i-norge-har-lavt-klimagassutslipp/> (hentet 5. januar 2022).

Nye Veier (2021) *E39 Ytre ringvei - Nyheter*. Tilgjengelig fra <https://ytreringvei.no/nyheter/> (hentet 31. desember 2021).

Næss, P. (2017) Vedlegg *Nærmere beskrivelse av scenarioutvikling i Fremsynsmetoder*. (NTNU Concept rapport 53). Trondheim: NTNU.

Oh, G., Leblanc, D.J., Peng, H. (2022) Vehicle Energy Dataset (VED), A Large-Scale Dataset for Vehicle Energy Consumption Research. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 23 No. 4 (2022) s. 3302-3312.

Our World In Data (2021) *Which form of transport has the smallest carbon footprint?*. Tilgjengelig fra <https://ourworldindata.org/travel-carbon-footprint> (hentet 12. desember 2021).

Parkhurst, G. (2000) Influence of bus-based park and ride facilities on users' car traffic. *Transport Policy* 7 (2000), s. 159-172.

Pfeiffer, D. og Cloutier, S. (2016) Planning for Happy Neighborhoods *Journal of the American Planning Association*, 82:3 (2016), s. 267-279. DOI: 10.1080/01944363.2016.1166347.

Reck, D., He, H., Guidon, S., Axhausen, K.W. (2021) Explaining shared micromobility usage, competition and mode choice by modelling empirical data from Zurich, Switzerland. *Transportation Research Part C*, 124 (2021), s. 1-13. DOI: 10.1016/j.trc.2020.102947.

Reite, K. (2022) Foreslår disse satsene på ny ringvei *Fædrelandsvennen*. Tilgjengelig fra <https://www.fvn.no/nyheter/lokalt/i/PoqaVp/foreslaar-disse-satsene-paa-ny-ringvei> (hentet 10. januar 2022).

Rupp, M., Handschuh, N., Rieke, C., Kuperjans, I. (2019) Contribution of country-specific electricity mix and charging time to environmental impact of battery electric vehicles: A case study of electric buses in Germany. *Applied Energy*, 237 (2019), s. 618-634. DOI 10.1016/j.apenergy.2019.01.059.

Sager, T. (1991) *Planlegging med samfunnsperspektiv - analysemetode*. Trondheim: Tapir forlag.

Sager, T. (2017) *Fremsynsmetoder*. (NTNU Concept rapport 53). Trondheim: NTNU.

Samferdselsdep. (2020) *Oppfølging av bompengeaftalen fra 2019 – videreutviklet nullvekstmål*. Brev fra samferdselsministeren datert 8. juni 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/9edb7d3d1ec745c3a3daf1f65c562f19/oppfolging-av-bompengeaftalen-fra-2019---videreutviklet-nullvekstmal.pdf> (hentet 29. november 2021).

Sanner, T., Jahren, E.S. og Bull, A. (2018) *Bærekraftig mobilitetsplanlegging*. Oslo: Statens vegvesen.

St.meld. nr. 16 (2008-2009) (2009) *Nasjonal transportplan 2010-2019*. Oslo: Samferdselsdepartementet.

Statens vegvesen (2022) *Persontransportmodell*. Tilgjengelig fra <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonalt-transportplan/transportanalyser/persontransportmodell/> (hentet 7. mars 2022).

Statens vegvesen region sør (2017) *Byutredning Kristiansandsregionen*. Kristiansand: Statens vegvesen.

Statistisk Sentralbyrå (2021) *Befolkningsstatistikk på kart, 2019-tall*. Tilgjengelig fra <https://kart.ssb.no/befolkning> (hentet 13. desember 2021).

Statistisk Sentralbyrå (2022) *Passasjer- og godsbelegg brukt til beregning av utslipp per person- og tonnkilometer fra veitrafikk*. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/405070/passasjer-og-godsbelegg-brukt-til-beregning-av-utslipp-per-person-og-tonnkilometer-fra-veitrafikk> (hentet 16. mars 2022).

Statistisk Sentralbyrå (2022b) *Transport står for 30% av klimautslippene i Norge*. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/transport-star-for-30-prosent-av-klimautslippene-i-norge> (hentet 5. april 2022).

TNMT (2021) *The environmental impact of today's transport types*. Tilgjengelig fra <https://tnmt.com/infographics/carbon-emissions-by-transport-type/> (hentet 12. desember 2021).

United Nations (2015) *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Tilgjengelig fra <https://sdgs.un.org/2030agenda> (hentet 20. mai 2022).

Vegdirektoratet (2021) *Konsekvensanalyser* (Håndbok V712). Oslo: Vegdirektoratet og Statens vegvesen.

Vesterålnytt (2022) P-hus til 100 millioner. *Vesterålnytt*. Tilgjengelig fra <https://vny.no/nyheter/p-hus-til-100-millioner/> (hentet 9. mars 2022).

Vestgård, M. og Wensaas, K.E. (2021) Har nye bomstasjoner i Bergen ført til uønskede konsekvenser? *Plan*, 53 (2) (2021), s. 20-25.

Volvo (2022a) *Volvo 7900 Electric Data Sheet*. Tilgjengelig fra <https://www.volvobuses.com/content/dam/volvo-buses/markets/master/city-and-intercity/complete-buses/volvo-7900-electric/Data%20sheet%207900%20Electric%20EN%202019.pdf> (hentet 7. januar 2022).

Volvo (2022b) *Volvo 7900 Electric Articulated Data Sheet*. Tilgjengelig fra <https://www.volvobuses.com/content/dam/volvo-buses/markets/master/city-and-intercity/complete-buses/volvo-7900-electric/Data%20sheet%207900%20Electric%20Articulated%20EN%202019.pdf> (hentet 7. januar 2022).

Walker, W.E., Marchau, V.A.W.J., Swanson, D. (2010) Addressing deep uncertainty using adaptive policies: introduction to Section 2. *Technological Forecasting & Social Change*, 77 (2010), s. 917-923. DOI 10.1007/s11116-019-10067-x.

Wang, F. og Ross, C.L. (2018) Machine Learning Travel Mode Choices: Comparing the Performance of an Extreme Gradient Boosting Model with a Multinomial Logit Model. *Transportation Research Record*, 2672(47) (2018), s. 35-45. DOI 10.1177/03611981187773.

Welsch, H. (2009) Implications of happiness research for environmental economics. *Ecological Economics*, 68 (11) (2009), s. 2735-2742.

Østli, V., Ørving, T. og Aarhaug, J. (2017) *Betydningen av ny teknologi for oppfyllelse av nullvekstmålet* (TØI-rapport 1577/2017). Oslo: Transportøkonomisk Institutt.

Vedlegg A. Transportarbeid i scenarier

Her dokumenteres utregningen av de estimerte transportarbeidene (personkilometer, pkm) for scenario 4 til 7. Scenario 6 og 7 er beskrevet med større innslag av trendbrudd enn scenario 4 og 5, og er dermed de mest utforskende scenariene i studien.

Scenario 1, 2 og 3 er beregnet i byutredning (Statens vegvesen region sør, 2017) og transportarbeid derfra ført direkte i scenariebeskrivelsene i kapittel 4 [Scenarier](#).

Usikkerhetsforbehold for scenario 4 til 7. Både effektene som tiltakene i hvert scenario er beregnet å ha, og verdiene fra byutredningsscenario (scenario 1) som de bygger på, er beheftet med usikkerhet som må tas hensyn til i analyse og konklusjoner. Effekten av tiltakene er for de fleste scenarier og transportmåter små i forhold til verdiene det tas utgangspunkt i, og usikkerheten for effektene bør ha mindre betydning enn usikkerheten i verdiene fra scenario 1. Det kan være størst usikkerhet ved tallene for syklist og gående. På den andre siden har antall pkm sykling og gange nesten ikke utslag i utslippsberegningene som verdiene her skal brukes til, kfr. kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#).

Estimeringene for scenario 6 og 7 bygger på mindre erfaringsgrunnlag enn for de øvrige scenariene, og bør derfor anses som de minst sikre estimatene for transportarbeid.

Det skal også bemerkes at usikkerhetsforbehold som er tatt for scenario 3, kan slå inn her også på grunn av at noen av tiltakenes effekter begrunnes i RTM-beregninger fra byutredning.

A.1. Scenario 4

Scenario 4 bygger på scenario 1 og har to tiltak i tillegg, benevnt 4a og 4b.

4a: 50% høyere takster i bommer. I byutredningens fremtidsbilde «BMA-grunnlaget» som er gjengitt i scenario 2 i denne studien, er konsekvensene av 50% økning i takster og økning i antall bomsnitt fra 5 til 13 (se Figur 4.6 for plassering av bommene) beregnet med RTM. Det er enveis betaling og timesregel, og rabattordninger. Dokumenterende rapport presenterer virkningen (Norconsult, 2017, s. 50) som en reduksjon på 8,2% for bilfører (fra 2.820.000 til 2.590.000 pkm per dag). Når tiltak 4a har med bare takstøkningen, ikke økningen i bomsnittantall, blir bilførerreduksjonen mindre. Studier av befolkningskart (Figur 4.2) og bomsnittkart for scenario 2 (Figur 4.6) tilsier at i BMA-grunnlaget vil langt mer enn halvparten av bilene på hver tur (eller retur) passere mer enn ett bomsnitt, men betale i bare én på grunn av timesregelen. Et anslag er at 70% av turene koster det samme om det er 5 eller 13 bommer, og 30% av turene blir dyrere. Virkningen av å redusere antall bomsnitt fra 13 til 5 blir dermed ikke en tilsvarende reduksjon i bilutgiftene, men vesentlig mindre. Effekten i form av reduksjon i biltransport for tiltak 4a kan ut fra denne betraktningen anslås til mellom 5% og 7% (mer enn halvparten av utslaget, men mindre enn fullt utslag).

Virkning av bomtiltak for andre transportmåter enn bil er ikke oppgitt i byutredning eller dokumenterende rapport. Derfor må en annen kilde benyttes for disse virkningene. Den anslåtte reduksjonen i bilfører-pkm kan også kontrolleres mot andre utredningers resultater.

Madslie og Kwong (2015) beregner tiltak i Bergensregionen. Basis-situasjonen er ikke den samme, det er regionale ulikheter både på geografi, infrastruktur og takster før endring, men deres data kan være nyttig for estimeringen. Madslie og Kwong beregner ikke bomkostnad-tiltak mot korte reiser, men deres tiltak nr. 11 «Driv50» (ibid, tabell 4.1 s. 24)

er 50 % økning i drivstoffkostnader. Hvis tiltak 4a gir gjennomsnittlig bomkostnadsøkning for alle bilturer med 8 kr (se oversikt i Tabell 4.9), det er enveis betaling, gjennomsnittlig turlengde (tur+retur) er 17 km (se Figur 4.2 for reisedata i scenario 1), og gjennomsnittlig drivstoffkostnad før økning er 1 kr per km, fører Madslie og Kwongs 50% økning i drivstoffkostnader til svært nær samme kostnadsøkning som tiltak 4a gir: $1 \text{ kr/km} \times 50\% = 0,50 \text{ kr per km}$ mot bomtakstøkning $8 \text{ kr} / 17 \text{ km} = 0,47 \text{ kr per km}$. Forutsetningene for denne beregningen er usikre, men de viser med noe grad av sikkerhet at kostnadsøkningen som ligger til grunn for Bergen-beregningen ikke er langt unna bomtakstøkningen i tiltak 4a.

I Bergen gir økning med 50% i drivstoffkostnad reduksjon med 8,7% på bilfører og 7,6% på bilpassasjerer (ibid, tabell 4.4 s. 27). Dette er en reduksjon i transportarbeid med bil med 296,7 millioner pkm per år (ibid, tabell 4.3 s. 27). Samme tiltak gir økning på buss, tog og bybane med tilsammen 24,0 millioner, på sykkel med 1,3 millioner og på gange med 1,8 millioner pkm (ibid, tabell 4.3 s. 27). Tabell A.1 viser sammenstilling av tallene, og hvilke endringsprosenten som ut fra dette blir lagt til grunn for virkningene av tiltak 4a slik de er ført i tabell A.2.

Tabell A.1. Virkninger liknende tiltak som 50 % bomtakstøkning

	Byutredning 50% bom og bomantall [% endring i pkm]	Madslie og Kwong Driv50 [endring i 1000 pkm per år]	Madslie og Kwong Driv50 [% endring]	4a [% endring]
Bilførere	-8,2	-276 200	-8,7	-7
Bilpassasjerer	-	-20 500	-7,6	-6
Kollektivbrukere	-	+24 000	+8,1*	+10*
Syklister	-	+1 300	+0,4*	+1*
Gående	-	+1 800	+0,6*	+1*

* prosent av reduksjonen i biltransport

4b: innfartsparkeringer. Bruk av innfartsparkeringer er ikke modellert i byutredning, blant annet fordi det ikke er definerbart i dagens norske transportmodeller. I denne studien beregnes utnyttelse av innfartsparkeringer for seg, som eget tiltak, fordi andre tiltak beregnes uten at betydningen av innfartsparkeringer er tatt inn i deres konsekvenser.

Virkningene av innfartsparkeringer er kompliserte. Parkhurst (2000) har data for store engelske innfartsparkeringer nær bysentra, overføringsverdien til mindre distribuerte anlegg i Norge kan anses liten. Hanssen et al. (2014) gjelder varierte norske innfartsparkeringer, derfra kan mer kunnskap gjenbrukes. Et av deres funn er at for bare 25% kommer bussen inn som erstatning for bil. Men det er i tillegg 44% som ville tatt bussen ved hjelp av å parkere et annet sted enn akkurat i innfarts-P-anlegget som er undersøkt.

Om innfartsparkering fører til høyere belegg i personbilene, er ikke undersøkt. Det kan likevel antas en viss effekt: for dem som innfartsparkerer er det bare én del av reisen som koordineres med ekstra passasjer, mens kollektivsystemet ordner den andre delen. Dette gjør samkjøring enklere, og vil øke bruken av den.

Utrekningen som er benyttet her, baserer seg på at det er laget 1.000 P-plasser, som utnyttes til 800 parkeringer på en arbeidsdag. Halvparten av de parkerende, 400 kjøretøy, står for overflytting fra personbil til buss inn mot sentrum, med belegg 1,2 personer per bil til innfartsparkeringen og bussreiselengde til sentrum 10 km x 2 (tur-retur). Dette gir $400 \times 1,2 \times 20 \text{ pkm} = \text{ca. } 10.000 \text{ pkm}$ økning buss, og ca. 9.000 reduksjon bilfører og 1.000 reduksjon bilpassasjer på strekningen fra parkeringsanlegg til sentrum. I tillegg flyttes noe

fra bilfører til bilpassasjer på strekningen fra bolig til innfartsparkering på grunn av økt belegg, anslagsvis 1.000 pkm. Økningen på buss anses så beskjeden at den kan skje uten nevneverdig økning av kapasitet, eventuelt at bussruter justeres innenfor samme kjørelengde.

De resterende 400 av de parkerende har gått over til bil fordi det er blitt enklere enn andre transportmidler. Belegg i personbil regnes med 1 person. 100 av de parkerende regnes å komme fra gange, 100 fra sykkel og 200 fra buss. Tap for gange med gjennomsnitt 1 km x 2 (tur-retur) per parkering blir tap 2 km x 100 = 200 pkm, tap for sykkel med gjennomsnitt 2 km x 2 blir 4 km x 100 = 400 pkm. For å regne hele 1.000 slås tallene sammen til tap 1.000 pkm for sykkel. Tap for buss med gjennomsnitt 3 km x 2 blir 6 km x 200 = 1.200 pkm. Disse tapene tilsammen blir økning på bil med 200 + 400 + 1.200 = 1.800 pkm, som settes som 2.000 pkm på bilfører.

Hanssen et al. (2014) diskuterer om reduksjon i biltrafikk fører til indusert trafikk: at andres behov tetter lukene som er oppstått. Deres konklusjon er at det gjelder for Oslo og Bergen, men ikke Trondheim eller Kristiansand. Derfor justeres det ikke for indusert trafikk i oppsettet som følger.

Tabell A.2 viser hvordan effektene er estimert og summerer seg til transportarbeid for scenario 4. Siden scenariet bygger videre på scenario 1, er effektene relativt til tilstanden i scenario 1.

Tabell A.2. Estimering transportarbeid i scenario 4 [1000 pkm/dag]

	Bussp.	Bilfører	Bilpass.	Syklist	Gående
Scenario 1	960	2 820	350	140	150
4a: 50 % høyere takster i bommer	+22	-197	-21	+2	+2
4b: innfartsparkeringer	+9	-8	0	-1	0
Resultat for scenario 4	991	2 615	329	141	152

A.2. Scenario 5

Scenario 5 har scenario 4 som utgangspunkt, og legger til tiltak 5a og 5b slik de utredes nedenfor og vises i Tabell A.4. Usikkerheten ved metodene som brukes for estimering av effekter i dette scenariet, er isolert sett større enn usikkerheten for scenario 1 til 4.

5a: større innfartsparkeringer. Innfartsparkeringer beregnes på samme måte som for tiltak 4b i scenario 4, men med samlet kapasitet på 2.500 plasser i stedet for 1.000. For å komme frem til effektene i scenario 5, legges 150% av effektene for tiltak 4b til her (1.000 P-plasser + 150% x 1.000 P-plasser = 2.500 P-plasser). Utnyttelsesgraden på 80% antas nådd ved hjelp av MaaS-tilbud som sørger for at kombinert bruk av bil og buss er gunstig sammenliknet med å kjøre egen bil helt frem. Kombinasjonen av MaaS-tilbud og parkeringsrestriksjoner i sentrum kunne kanskje ha vært regnet inn som større effekt, men beregningen er ment å være konservativ. Økningen i bussbruk med 14.000 pkm bør møtes med et noe utvidet busstilbud i dette scenariet.

5b: parkeringsrestriksjoner i sentrum. Noe er beregnet i byutredningens fremtidsbilde «BMA-grunnlaget» som er gjengitt i scenario 2 her. Dokumenterende rapport modellerer tiltak «Park0» med økning i timesats fra 17-21 kr til 30 kr, med samme døgnsettsats på 117 kr (Norconsult, 2017, s. 95-97). Rapporten presenterer virkningen som en reduksjon på 1,3% for bilfører (ibid, s. 59). Et tiltak med høyere takster og fordelsbeskatning, «Park0-1», gir

ca. 1,7% reduksjon i stedet (ibid, s. 59). Virkning av disse tiltakene for andre transportmåter er ikke oppgitt i byutredning eller dokumenterende rapport.

Også her kan det relateres til resultatene i Madslie og Kwong (2015), selv om Bergensregionens data ikke er direkte overførbare. Deres tiltak nr. 5 «Park1» (ibid, tabell 4.1 s. 24) øker parkeringskostnadene sentralt vesentlig, til 150 kr/dag og 30 kr/time, og at arbeidstaker må betale fullt ut. Resultatene i Bergensregionen er reduksjon på bilfører med 20,2% og økning på bilpassasjer med 35,4% (ibid, tabell 4.4 s. 27). Dette er en reduksjon i transportarbeid med 543,8 millioner pkm per år (ibid, tabell 4.3 s. 27). Samme tiltak gir økning på buss, tog og bybane med tilsammen 308,0 millioner, på sykkel med 28,9 millioner og på gange med 23,3 millioner pkm (ibid, tabell 4.3 s. 27).

Tabell A.3 viser en oversikt over endringene i BMA-grunnlaget for «Park0» og «Park0-1», og Madslie og Kwong «Park1». Endringsprosentene for tiltak 5b som er satt opp i tabellen, baserer seg på alle data som er vist. Det stipuleres virkning på -10% (etter virkningen av tiltak 5a) for bilfører. Det er dermed forutsatt både høyere timesats og høyere døgnetsats enn for «Park0» og «Park0-1», særlig døgnetsats slik at heldagsparkerere påvirkes sterkest. MaaS-ordning vil også ha innvirkning. Mer nøyaktige satser kan ikke beskrives uten tilgang til modellverktøy (en videre undersøkelse av dette scenariet kunne innebære RTM-kjøring for å avklare satser som trengs for stipulert virkning).

Tabell A.3. Virkninger parkeringsrestriksjoner

	Byutredning Park0 [% endring i pkm]	Byutredning Park0-1 [% endring i pkm]	Madslie og Kwong Park1 [endring i 1000 pkm per år]	Madslie og Kwong Park1 [% endring]	5b [% endring]
Bilførere	-1,3	-1,7	-639 300	-20,2	-10
Bilpassasjerer	-	-	+95 500	+35,4	+15
Kollektivbrukere	-	-	+308 000	+56,6*	+50*
Syklister	-	-	+28 900	+5,3*	+5*
Gående	-	-	+23 300	+4,3*	+4*

* prosent av reduksjonen i biltransport

Det stipuleres at transportarbeid for bilpassasjerer øker med 15% selv om bilkilometer går ned (parkeringsrestriksjonene gir et betydelig insitamant til samkjøring, slik Madslie og Kwong, 2015, viser), mens det blir en økning, på grunn av bilreduksjonen, for buss, sykling og gange med henholdsvis 50%, 5% og 4% av biltransportreduksjonen. Økningen på buss vil vanskelig kunne tas opp uten utvidelse av busstilbudet.

Tabell A.4 viser hvordan effektene summerer seg til transportarbeid for scenario 5. Siden scenariet bygger videre på scenario 4, er effektene relativt til tilstanden i scenario 4.

Tabell A.4. Estimering transportarbeid i scenario 5 [1000 pkm/dag]

	Bussp.	Bilfører	Bilpass.	Syklist	Gående
Scenario 4	991	2 615	329	141	152
5a: større innfartsparkeringer	+14	-12	0	-1	-1
5b: parkeringsrestriksjoner i sentrum	+105	-260	+49	+11	+8
Resultat for scenario 5	1 110	2 343	378	151	159

Usikkerhetsforbehold for scenario 5. Parkeringsrestriksjonene som Madslie og Kwong (2015) beregner, gir grunnlag for å estimere større endringer i forhold til basistallene enn tiltakene i scenario 4 gir. Spriket mellom byutredningens tall for «Park0» og «Park0-1» og Madslie og Kwongs «Park1» er betydelig, se Tabell A.3, slik at det er større risiko for at betraktningene som ligger bak 5b-tallene ikke er helt treffende. Effekten av MaaS-ordninger

som sådan er ikke beregnet, siden ordningene og betalingssetningene ikke er detaljert beskrevet.

A.3. Scenario 6

Tabell A.5 viser hvordan estimerte effekter summerer seg til transportarbeid for scenario 6. Teksten videre begrunner tallene som er brukt som effekter 6a til 6c i tabellen. Siden scenariet bygger videre på scenario 4, er tiltakene relativt til tilstanden i scenario 4.

Tabell A.5. Estimering transportarbeid i scenario 6 [1000 pkm/dag]

	Busssp.	Mini-busssp.	Bilfører	Bilpass.	Mikro-bilf.	El-syklist	Elsyklist	Syklist	Gående
Scenario 4	991	0	2 615	329	0	0	0	141	152
6a: nye kjøretøytyper	-32		-52	-5	+80	+18	+30	-17	-17
6b: begrensninger i sentrum	+90		-260	+35	+114	+2	+3	+9	+7
6c: store busser -> minibusser	-40	+59	-10	-1				-4	-4
Resultat for scenario 6	1 009	59	2 293	358	194	20	33	129	138

6a: konkurransekraft nye kjøretøytyper. Elsykler og elsparkesykler finnes det utredninger som antyder omfang av i nær fremtid, men 2030 kan være krevende å modellere med bakgrunn i virkelighetsbaserte utredninger. Mikrobilens utbredelse er enda mer krevende. Som beskrevet i innledningen på dette kapitlet er dette scenariet en utforskning av trendbrudd, derfor er effektene her estimert på friere grunnlag.

Reiselengder som er egnet for el(sparke)sykler er betydelig lengre enn for sykling og gange. Elsykler tar transportandeler fra både gange, sykling, bil og buss. Andelen vil være varierende med årstid og værforhold, men estimatet her skal beskrive en gjennomsnittlig arbeidsdag. I dette utforskende scenariet regnes at det er 5.000 privateide elsykler i bruk på en hverdag i 2030, og at gjennomsnittlig bruk er 2 turer a 3 km. Dette blir transportarbeid på $5.000 \times 2 \times 3 = 30.000$ pkm, herav anses 2.000 pkm som ny transport og forøvrig tatt med like store andeler fra alle fire konkurrenter.

Utleie-sparkeesykler finnes allerede i 2022 i store antall i mange byer. Antall sykler kan være regulert, men i området 60 til 250 sykler per 10.000 innbyggere er vanlig (Li et al., 2022, Table 2 s. 8). For Oslo og Bergen rapporteres det om henholdsvis ca. 2,1 og ca. 2,5 turer per kjøretøy per dag (ibid). Gjennomsnittlig turlengde for Oslo og Bergen er i underkant av 2 km (ibid, s. 22). For scenario 6 er det regnet 2.300 utleie-elsparkeesykler (ca. 150 per 10.000 innbyggere i 2030) i bruk på en hverdag, de brukes hver på 4 turer a 2 km i gjennomsnitt, for transportarbeid $2.300 \times 4 \times 2 =$ ca. 18.000 pkm. 3.000 pkm anses som ny transport, forøvrig tas like mye fra buss, sykkel og gange.

Mikrobiler er like godt egnet for alle intraregionale bilturer som vanlige biler. Når deres innkjøpspriser kan forventes å bli vesentlig lavere enn vanlige biler, og deres driftskostnader proporsjonalt enda lavere, vil man kunne regne med en stor utbredelse. Restriksjoner i sentrum bidrar også, men effekten av dem er regnet i effekt 6b. Det regnes at det er solgt 5.000 mikrobiler til brukere i Kristiansandsregionen i 2030 på grunn av deres konkurransekraft generelt, og at hver av dem brukes på to reiser på en vanlig hverdag. Gjennomsnittlig reiselengde for begge reisene antas som omtrent den samme som for personbil i scenario 2, 8 km, og det regnes belegg med 1 person. Det tilsier $5.000 \times 2 \times 8 =$ 80.000 pkm.

Mikrobiler konkurrerer først og fremst med personbil og buss, i mindre grad sykling og gange. For denne effekten regnes med at 50.000 pkm er overføring fra personbil (derav 5.000 pkm som bilpassasjer), 20.000 pkm er overføring fra buss og 5.000 pkm tas fra hver av sykkel og gange.

6b: begrensninger kjøring og parkering i sentrum. Dette tiltaket likner delvis på 5b i scenario 5, men er mer selektivt rettet mot vanlige personbiler. Mikrobil-andel som tilskrives konkurransekraft er regnet i effekt 6a, her skal estimeres effekter for overføring fra personbil på grunn av restriksjonene i sentrum. Restriksjonenes strenghet er ikke beskrevet, effekten er derfor kun stipulert.

For tiltak 5b er det regnet reduksjon med 260.000 pkm på bilfører, og økning med 49.000 pkm på bilpassasjer, 105.000 pkm på buss, 11.000 pkm på sykling og 8.000 pkm på gange. En enkel betraktning kan være at det er de samme virkningene her, men at det må justeres for at mikrobiler også får en andel. I Tabell A.5 er effekten ført opp med -260.000 pkm på bilfører, +35.000 pkm på bilpassasjer, +90.000 pkm på buss, +114.000 pkm på mikrobil, +5.000 pkm på el(sparke)sykel, +9.000 pkm på sykkel og +7.000 pkm på gange.

6c: minibusser erstatter store busser. I ytterkanten av rutenettet byttes store busser i faste ruter ut med autonome elektriske minibusser som kjører på tilkalling. Det blir færre kjøretøykilometer med stor buss, som veies opp av enda flere kjøretøykilometer med minibuss. Kostnadene er likevel lavere totalt fordi minibussene er rimeligere i drift. Belegget på de store bussene går opp fordi de minst belagte rutene ikke kjøres med store busser lenger, og belegget på minibussene blir rimelig godt fordi bussene er små (kfr. EasyMile, 2022, der kapasitet er 12 passasjerer).

Scenario 1 har ca. 61.000 bussreiser. I scenario 4, som dette scenariet bygger på, er passasjerkilometer med buss økt med ca. 3% fra scenario 1, da kan også antall reiser antas økt med 3% til ca. 63.000. Om ca. 10.000 av disse reisene får sine siste 4 km betjent med minibuss i stedet for stor buss, blir det 40.000 pkm som flyttes over. De store bussene kan antas å få ca. 8.000 færre kjøretøykilometer, og minibussene kan antas å få ca. 10.000 kjøretøykilometer.

Tilbud om autonome minibusser i periferien vil ha effekter også for bilførere, passasjerer, syklister og gående. For dette scenariet regnes overføring av 10.000 pkm bilfører, 1.000 pkm bilpassasjer, 4.000 pkm syklist og 4.000 pkm gående, som blir tilføring til minibuss med 19.000 pkm, og økning i kjørelengde med 4.000 km.

Usikkerhetsforbehold for scenario 6. Dette er et eksperimenterende (utforskende) scenario, med stipulerte effekter av komplekse forhold. Elementene er skissert, men ikke fastlagt i detalj. Det skal også bemerkes at situasjonen ikke ville ha vært beregnbar med dagens RTM.

A.4. Scenario 7

Elementene i dette scenariet henger nært sammen. Med et MaaS-system som koordinerer betaling for alle offentlig tilbudte elementer i transport og parkering, og muliggjør kombinasjon med private transportmidler der det velges for deler av turene, er det krevende å estimere effektene av hvert av elementene separat. Derfor benyttes en estimeringsmetode som ser det mer på tvers.

Kapasitet innfartsparkering settes i denne estimeringen til 1.500 plasser for standard størrelse personbiler pluss 1.500 plasser for mikrobiler i de to store anleggene, og 1.000

pluss 1.000 i det mindre. Parkeringsmulighetene i sentrum innenfor anleggene reduseres tilsvarende.

Kombinasjonen av flytting av parkeringsmuligheter, nullutslippssone, et godt minibusstilbud og prising i MaaS-systemet som stimulerer til ønskede valg, antas å føre til at parkeringsanleggene benyttes av like mange biler per dag som det er plass til: i alt 4.000 biler og 4.000 mikrobiler per dag. På grunn av MaaS-ordningene anses 75% av de parkerende som reelle tilfeller av at bil erstattes av buss i sentrumsonen. Insitamentet til samkjøring inn til anleggene fører til gjennomsnittlig 1,5 passasjerer per personbil for de som parkerer i anleggene, mens belegg i mikrobil settes til 1.

7a: økt belegg i personbiler. Scenario 2 har gjennomsnittlig reiselengde for personbil på ca. 8,4 km (utregning basert på Tabell 4.3), denne kan anses som utgangspunkt også for dette scenariet. Noen av de korteste turene vil få 100% dekning med minibuss (se 7d: andre virkninger). De gjenstående turene vil være lengre i gjennomsnitt, og de sentrumsnæreste ca. 2 km av hver etappe vil ikke lenger være bilbruk for dem som bruker innfartsparkering. De som velger å bruke innfartsparkering, kan derfor antas å ha høyere gjennomsnittlig reiselengde enn 8,4 km. Gjennomsnittlig tur-retur-lengde for parkererne anslås ut fra dette til ca. 20 km inkludert etappe inn til og ut av sentrum som overføres til minibuss. For dem blir lengde som får økt beleggfaktor da ca. $20 - 2 - 2 = 16$ km. Parkering av 3.000 biler per dag med beleggfaktor 1,5 og gjennomsnittlig tur-retur-lengde 16 km blir transportarbeid $3.000 \times 1,5 \times 16 = 72.000$ pkm. Scenario 4 har 2,607 millioner pkm for bilfører og 326.000 pkm for passasjerer, det er samlet transportarbeid 2,933 millioner pkm og beleggfaktor $(2.607 + 326) / 2.607 = 1,125$. Det trengs $72.000 / (1,125 \times 16) = 4.000$ biler for å gjøre samme transportarbeid med denne lavere beleggfaktoren. Økt belegg fører dermed til reduksjon med 1.000 biler per dag, eller reduksjon med $1.000 \times 16 = 16.000$ pkm som bilfører og samme økning som bilpassasjer.

7b: bruk av mikrobiler. De som velger å gå over til mikrobil kan antas å ha noe kortere reiselengde enn brukere av vanlig bil, det antas 12 km tur-retur. Benyttet parkeringskapasitet i innfartsparkeringer er 4.000, slik at transportarbeid med mikrobil blir 4.000×12 km = 48.000 km, og belegg med én person gir 48.000 pkm. Med antakelse om at 75% av mikrobilbruken kom fra bil og resten fra buss, og beleggfaktor 1,125 for avgivende personbiler, blir det 36.000 pkm som kommer fra bil og 12.000 pkm som kommer fra buss. Biltapet fordeler seg på 32.000 pkm bilfører og 4.000 pkm bilpassasjer. Dette kan være en for enkel betraktning, men usikkerheter er uansett store.

Det skal også regnes med at parkeringsrestriksjonene i sentrum fører til økt bruk av mikrobiler: anslagsvis 2.000 sentrumsparkerende mikrobiler og samme faktorer for tap fra personbil og buss gir +24.000 pkm mikrobil, -16.000 pkm bilfører, -2.000 pkm bilpassasjer og -6.000 pkm buss.

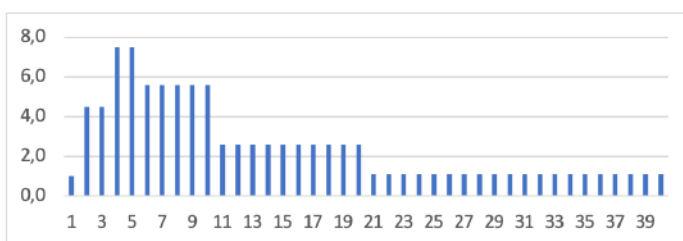
7c: overflytting til minibuss. Hver av bilene som parkerer i innfartsanlegg kjører i gjennomsnitt 4 km kortere hver dag, og denne distansen er holdt utenfor beregningene for innfartsparkeringer i tiltak 7a og 7b, derfor gjelder beleggfaktor fra scenario 4. Bilene (vanlige og mikro) som parkerer i innfarts-P har med seg $4.000 \times 1,5 + 4.000 \times 1 = 10.000$ personer, og bildistanse som erstattes av minibuss er 4 km, derfor er overføring fra bil 40.000 pkm. Dette fordeler seg på $40.000 / 1,125 = 36.000$ pkm som bilfører og 4.000 pkm som bilpassasjer. Transporten med minibussene får noe høyere kjørelengde enn 4 km per passasjer på grunn av ruting og plasseringen av parkeringsanleggene, derfor blir utkjørt transportarbeid anslagsvis 10.000 personer \times 5 km = 50.000 pkm med minibuss. Det regnes ikke tap eller gevinst for andre transportmidler på grunn av innfartsparkeringer,

ettersom MaaS-ordningene og parkeringsanleggenes plassering gjør at alle som parkerer kan anses å ønske å bruke minibuss på det siste strekket.

7d: andre minibussvirkninger. Tiltakselement «minibusser i sentrum» vil også føre til overflytting fra korte bilturer, storbuss, sykkel og gange, avhengig av opplegget for og prisingen av tjenesten. Det foreligger ikke informasjon i byutredning eller underliggende rapport (Norconsult, 2017) om hvor store andeler av reisene som er i sin helhet innenfor sentrumsområdet. For denne studiens behov for presisjonsnivå kan omtrentlige anslag for sykkel og gange være tilstrekkelige (feil i antall pkm her slår lite ut i feil estimerer for utslipp), og anslås til at sykkel reduseres med 10.000 pkm og gange med 20.000 pkm. Dette blir tillegg på minibuss i sentrum med 30.000 pkm. Dette kunne føre til ekstra kjøretøykilometer og ekstra utslipp for minibussene, men gjennomgangen senere om nødvendig frekvens for å betjene brukerne av innfartsparkeringene taler mot slik økning.

For overflytting fra storbuss og personbil til minibuss skal det stipuleres grundigere. Det er ikke estimert reiseantall med buss for scenario 4, som dette scenariet bygger på. Men scenario 1 har ca. 61.000 bussreiser og ca. 3% lavere antall pkm med buss, det kan da antas at antall bussreiser i scenario 4 er $61.000 / 0,97 = \text{ca. } 63.000$. Reiselengdefordeling i regionen er ikke kjent, men reisevaneundersøkelser kan gi relevant informasjon. Grue et al. (2021) har i tabell 5.6 fordeling av reiselengder for daglige reiser for hvert transportmiddel. Figur A.1 gjengir andelen fra transportmiddel Kollektivt, og fordeler i kolonne «Andel per km» matematisk andelen på hvert intervall á 1 kilometer lengde. De fordelte andelen er også vist som graf i Figur A.1.

Reiselengde	Andel [%]	Andel per km
< 1 km	1	1,0
1 - 2,9 km	9	4,5
3 - 4,9 km	15	7,5
5 - 9,9 km	28	5,6
10 - 19,9 km	26	2,6
>= 20 km	22	1,1



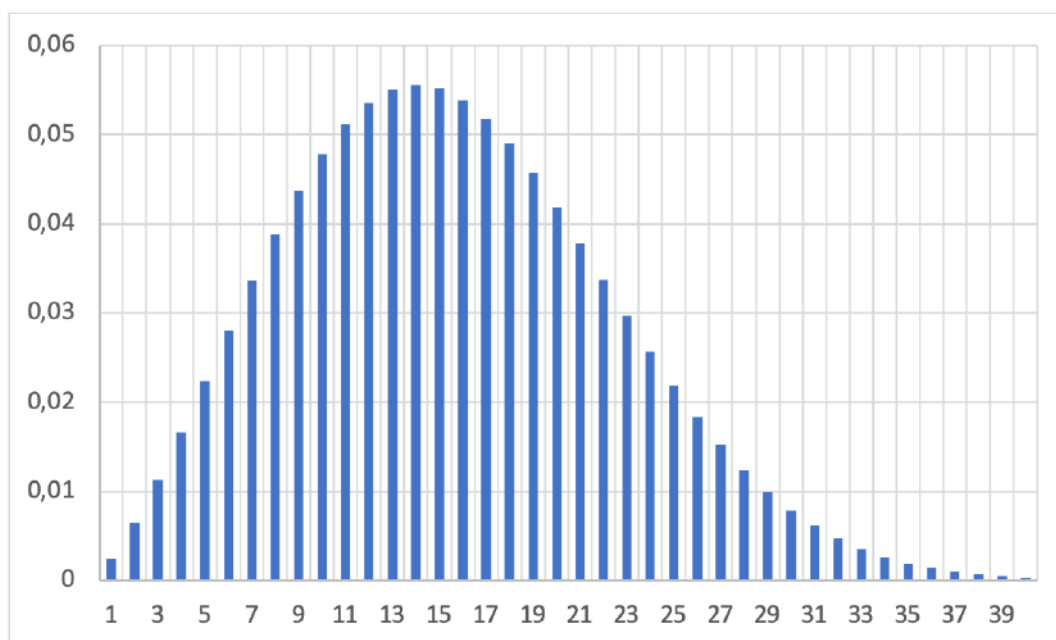
Figur A.1. Fordeling av reiser på reiselengder ifølge Grue et al. (2021)

Det er nytteverdi i en matematisk/statistisk metode som ut fra slike data kan estimere andeler av reiser under valgte lengder. Fordelingen av reiser per km-intervall i Figur A.1, med harde trinn ved overgangen mellom hvert kilometerintervall hos Grue et al. (2021), kan antas å ikke være virkelighetsnær, men en glatting av kurven kan antas å være det. Kurven ligger da nær det statistisk Weibull-fordeling kan gi. Dette har presedens: Jiang et al. (2017) finner at Weibull-fordeling med visse parametre gir god match på reiselengdefordeling i Harbin, Kina. Weibull-fordeling styres av to parametre som påvirker gjennomsnitt og spredning. Siden aktuelt gjennomsnitt for bussreiser i scenario 2 er gitt som 15,6 km (fra Tabell 4.3), har eksperimenter i Excel¹⁵ ledet til at parameterverdier 2,4 og 17,6 brukes for å lage en fordeling som gir dette ønskede gjennomsnittet. Kurven er vist i Figur A.2.

Weibull-fordeling med parametre 2,4 og 17,6 gir at ca. 1,5% av bussreisene er 3 km eller kortere. Med antakelse om at halvparten av storbuss-reisene som er 3 km eller kortere er

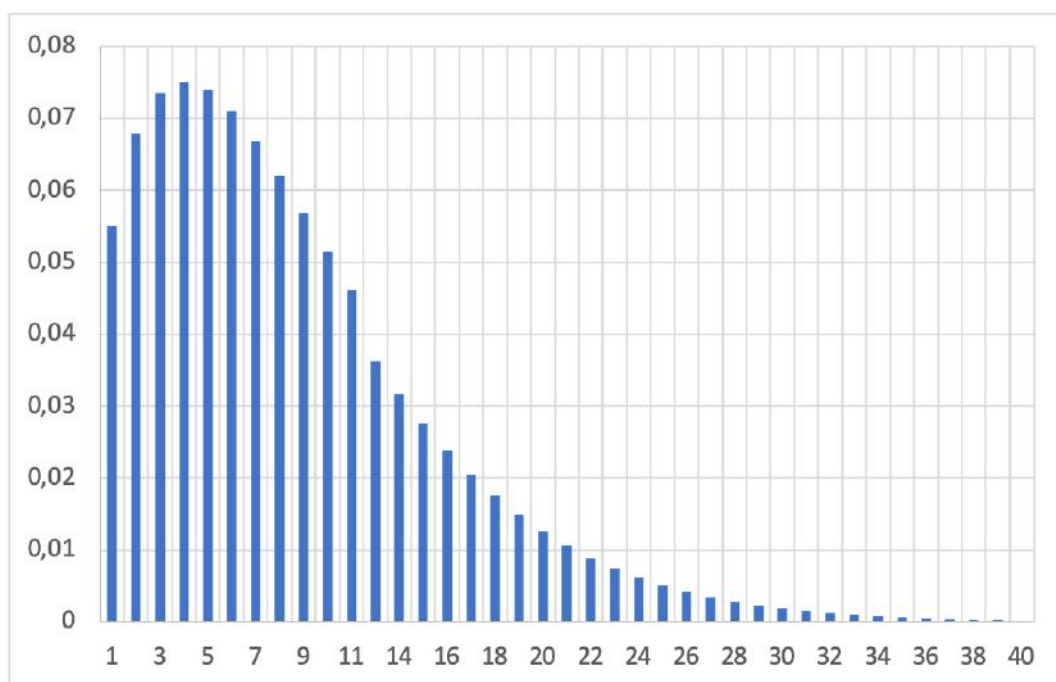
15. Excels formel WEIBULL.DIST() er gitt reiselengder fra 1 til 40 km, og ulike verdier for de to styrende parametrene er lagt inn for å generere sannsynligheter; gjennomsnittlig reiselengde er funnet ut fra sannsynlighetene og parametre som gir ønsket gjennomsnitt er valgt.

innen sentrum, og at gjennomsnittslengden for dem er 2 km, blir det $63.000 \times 0,015 \times 0,5 \times 2 \text{ km} = \text{ca. } 1.000 \text{ pkm}$ som flyttes fra storbuss til minibuss.



Figur A.2. Weibull-fordeling bussreiselengder [X-akse km, Y-akse sannsynlighet]

Tilsvarende betraktning kan gjøres for personbil, med ca. 300.000 reiser og gjennomsnittlig reiselengde 8,4 km (regnet ut fra Tabell 4.3). Weibull-fordeling for gjennomsnitt 8,4 km er med samme metode som for bussreiselengdene funnet å ha parametre 1,4 og 9,8, og da blir ca. 18% av reisene 3 km eller kortere (se Figur A.3). Med antakelse om at 20% av personbilreisene som er 3 km eller kortere er innen sentrum og flyttes til minibuss, og at gjennomsnittslengden for dem er 2 km, blir det $300.000 \times 0,18 \times 0,2 \times 2 \text{ km} = \text{ca. } 22.000 \text{ pkm}$ som flyttes fra personbilfører til minibuss.



Figur A.3. Weibull-fordeling personbilsjåfør-reiselengder [X-akse km, Y-akse sannsynlighet]

For personbilpassasjerer kan antas samme belegg som generelt, altså 1,125. Dette gir transportarbeid som overflyttes for bilpassasjerer lik $22.000 \times 0,125 = \text{ca. } 3.000 \text{ pkm}$.

Når det innføres insitamentet for bruk av mikrobiler til innfartsparkeringer, må det også påregnes at andre transporter utenfor sentrum får innslag av mikrobiler. Det er i denne studien gjort den forenklingen at dette ikke er regnet inn her.

7e: konkurransekraft el(sparke)sykler. Som i effekt 6a (scenario 6) er det regnet at elsykler og elsparkesykler får et innslag. Stipulering og begrunnelse er som i scenario 6. Det regnes at det er 5.000 privateide elsykler i bruk på en hverdag i 2030, og at gjennomsnittlig bruk er 2 turer a 3 km. Dette blir transportarbeid på $5.000 \times 2 \times 3 = 30.000 \text{ pkm}$, herav anses 2.000 pkm som ny transport og forøvrig tatt med like store andeler fra alle fire konkurrenter.

I tillegg er 2.300 utleie-elsparkesykler i bruk på hverdag, de brukes hver på 4 turer a 2 km i gjennomsnitt, for transportarbeid $2.300 \times 4 \times 2 = \text{ca. } 18.000 \text{ pkm}$. 3.000 pkm anses som ny transport, forøvrig tas like mye fra buss, sykkel og gange.

7f: parkeringsrestriksjoner i sentrum. Tiltaket kan sammenliknes med 5b (scenario 5), men på grunn av at det er flere andre virkemidler samtidig i scenario 7 regnes ikke med like stor effekt: som et anslag regnes tredjeparten av effektene i 5b, og at de kun regnes på samme transportmåter som i 5b (innslag for nye transportmåter forenkles bort; noe er inkludert i og med de andre tiltakene).

Tabell A.6 viser tallene som er brukt for å summere til transportarbeid i scenario 7.

Tabell A.6. Estimering transportarbeid i scenario 7 [1000 pkm/dag]

	Bussp.	Mini-bussp.	Bilfører	Bilpass.	Mikro-bilf.	El-syklolist	Elsyklolist	Syklolist	Gående
Scenario 4	991	0	2 615	329	0	0	0	141	152
7a: økt belegg i personbiler	-	-	-16	+16	-	-	-	-	-
7b: bruk av mikrobiler	-18	-	-48	-6	+72	-	-	-	-
7c: overflytting til minibuss	-	+50	-36	-4	-	-	-	-	-
7d: andre minibussvirkninger	-1	+56	-22	-3	-	-	-	-10	-20
7e: el(sparke)sykler	-12	-	-7	-	-	+18	+30	-12	-12
7f: parkeringsrestr. i sentrum	+35	-	-87	+16	-	-	-	+4	+3
Resultat for scenario 7	995	106	2 399	348	72	18	30	123	123

Usikkerhetsforbehold. Dette er et eksperimenterende (utforskende) scenario, med en komplekst sammensatt pakke av elementer. Elementene er skissert, for en stor del uten detaljering. Estimeringen som fører til tallene for transportarbeid, har høyere usikkerhet ved seg enn det RTM-beregninger kunne ha gitt belegg for. På den andre siden: pakken ville ikke ha vært beregnbar med dagens RTM.

Business case. Det kan være interessant å gjøre noen praktiske og økonomiske beregninger for dette scenariets minibusser. Det følgende er en gjennomgang for å undersøke om modellen kan være gjennomførbar økonomisk og praktisk. Tall som benyttes må ikke forstås som presise, de er like utforskende som selve scenariet er det.

Ønsket kapasitet i rushtid er dimensjonerende for bussflåten. Busstørrelse for maksimalt 12 passasjerer kan være realistisk (EasyMile, 2022). Hvis maksimal time-etterspørsel (rushtid) er halvparten av parkeringsanleggenes kapasitet, trengs 5.000 passasjerplasser på avgangene i denne timen. Det tilsier $5.000 / 12 = \text{ca. } 420$ avganger i løpet av timen. Fordelt proporsjonalt på hvert parkeringsanlegg blir det ca. 160, 160 og 100 avganger. Går bussene ut i tre retninger fra hvert anlegg, vil passasjerene se det som en avgang i ønsket

retning ca. hvert 70. sekund ved de to største anleggene, ca. hvert 110. sekund ved det mindre.

Bussene tenkes kjørt med dynamiske ruter styrt av kortsiktig etterspørsel. Det kan likevel regnes på ruter og omløpstider. Med gjennomsnittlig rutelengde 6 km og gjennomsnittshastighet 18 km/t vil hver buss kunne kjøre 3 ruterunder per time. Dermed trengs $420 / 3 = 140$ busser for å dekke etterspørselen i rushtid.

Driftstid for hver minibuss per døgn vil blant annet være en funksjon av ønsket avgangsfrekvens. Rushtid kan være 4 timer av en vanlig hverdag, mens resten av døgnet kan deles i normaldrift og nattdrift. Normaldrift er fra klokka 0700 til 2300 unntatt rushtimene, altså $16 - 4 = 12$ timer. I normaldrift skal det være avgang hver 5 minutter fra hvert parkeringsanlegg i hver retning, det er $3 \times 3 \times 12 = 108$ avganger per time. For dette trengs $108 / 3 = 36$ busser i drift (hver buss rekker fortsatt 3 ruterunder per time). På natt aksepteres dobbel ventetid av dette igjen, altså 18 busser i drift. Regnestykket for antall timer i drift og antall kilometer kjørt på en hverdag med gjennomsnittsfart 18 km/t fremgår av Tabell A.7.

Tabell A.7. Estimering minibusskjøring en hverdag

	Timer	Antall busser	Kjørt [kjtkm]
Rushtid	4	140	10 080
Dagtid ellers	12	36	7 776
Nattid	8	18	2 592
Sum	24		20 448

Med ca. 20.500 busskilometer per døgn (Tabell A.7) og transportarbeid 106.000 pkm (Tabell A.6) er gjennomsnittlig belegg ca. 5.

20.500 kjøretøykilometer per døgn (Tabell A.7) fordelt på flåten 140 busser er i gjennomsnitt ca. 150 km per buss per dag, eller anslått $150 \text{ km} \times 300 = 45.000 \text{ km}$ per år (lør-, søn- og helligdager har mindre kjøring enn hverdagene). En driftsmessig levetid for bussene på ti år eller mer burde kunne antas.

Kostnader: Nagy og Horvath (2021) har gjort estimeringer for autonome busser i Ungarn. Deres kostnadstall er ca 10,5 kr/km i drift og ca 4.000.000 som investering for fullstørrelse buss (ibid, s. 26). En buss med 25% av fullstørrelse-kapasitet vil i 2030 koste anslagsvis 30% av dette (det er ikke førerkostnader for autonome busser), altså ca. 3,15 kr/km til drift. En investering på 1.200.000 kroner fordelt over 450.000 km blir ca. 3 kr/km - noe mer når finansiering tas med. En antakelse om ca. 7 kr/km for en autonom minibuss, alt innregnet, kan være realistisk. Med det beregnede gjennomsnittlig belegget på 5 passasjerer, blir det $7 \text{ kr} / 5 \text{ passasjerer} = 1,40 \text{ kr per pkm}$. Med i gjennomsnitt 4 km per passasjer blir kostnad for hver passasjer ca. 6 kr, og det lar seg regne inn i parkeringsprisene - også om hver bil inn til parkering har med seg mer enn én person.

Samlet kostnad for en busspark på 140 kjøretøy ville være $140 \times 45.000 \text{ km} \times 7 \text{ kr/km} =$ ca. 44 millioner kr per år.

Kostnader for parkeringshusene kan også anslås. Vesterålnytt (2022) melder om plan om P-hus for 200 biler til 100 millioner kroner, altså investering 500.000 kr per bilplass. Det er uklart om merverdiavgift er inkludert, og om det i så fall kan trekkes fra. Mikrobiler tar omkring halvparten så mye plass som vanlige biler og bygg koster da det halve per plass. 5% av kapitalkostnad regnes som årskostnad (rente, avskrivning og drift). Døgnkostnad for en bilplass blir $500.000 \times 0,05 / 365 =$ ca. 68 kr, for en mikrobilplass $250.000 \times 0,05 / 365 =$ ca. 34 kr. Det er i estimeringen av transportarbeid i scenariet anslått høy utnyttelse av

parkeringskapasiteten, fordi insitamentene er tilpasset det: hver parkeringsplass brukes én gang i døgnet, enten det er til en langtids- eller korttidsparkering. Parkeringstimepris for bil 30 kr og døgnpris ca. 150 kr, og halvparten for mikrobil, kan fungere både økonomisk og som regulering, også om de parkerendes bruk av minibusser inkluderes.

Vedlegg B. Utslipp i scenariene

Utslippsmengder er beregnet ved hjelp av Excel. Fil «Beregninger.xlsx» er lagt ved separat. Her vises tabeller B.1 til B.8 med utregnede utslippsmengder for alle følsomhetsvarianter i hvert scenario. Følsomhetsvariantene gjelder lav-middels-høy utslippsfaktor buss, middels-høy andel nullutslippsbusser, lav-middels-høy utslippsfaktor bil, og middels-høy andel nullutslippsbiler, slik det fremgår av tabellenes headinger og merkinger per rad.

«2016» er nåtilstand 2016 ifølge byutredning (Statens vegvesen region sør, 2017), scenario 1 til 7 er ulike utforminger i 2030.

Tabell B.1. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i 2016 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	406,5	491,9
Lav	Middels	Lav	Høy	406,5	491,9
Lav	Middels	Middels	Middels	492,2	596,1
Lav	Middels	Middels	Høy	492,2	596,1
Lav	Middels	Høy	Middels	577,8	700,3
Lav	Middels	Høy	Høy	577,8	700,3
Lav	Høy	Lav	Middels	406,5	491,9
Lav	Høy	Lav	Høy	406,5	491,9
Lav	Høy	Middels	Middels	492,2	596,1
Lav	Høy	Middels	Høy	492,2	596,1
Lav	Høy	Høy	Middels	577,8	700,3
Lav	Høy	Høy	Høy	577,8	700,3
Middels	Middels	Lav	Middels	422,4	510,5
Middels	Middels	Lav	Høy	422,4	510,5
Middels	Middels	Middels	Middels	508,1	614,6
Middels	Middels	Middels	Høy	508,1	614,6
Middels	Middels	Høy	Middels	593,8	718,8
Middels	Middels	Høy	Høy	593,8	718,8
Middels	Høy	Lav	Middels	422,4	510,5
Middels	Høy	Lav	Høy	422,4	510,5
Middels	Høy	Middels	Middels	508,1	614,6
Middels	Høy	Middels	Høy	508,1	614,6
Middels	Høy	Høy	Middels	593,8	718,8
Middels	Høy	Høy	Høy	593,8	718,8
Høy	Middels	Lav	Middels	438,4	529,0
Høy	Middels	Lav	Høy	438,4	529,0
Høy	Middels	Middels	Middels	524,1	633,2
Høy	Middels	Middels	Høy	524,1	633,2
Høy	Middels	Høy	Middels	609,7	737,3
Høy	Middels	Høy	Høy	609,7	737,3
Høy	Høy	Lav	Middels	438,4	529,0
Høy	Høy	Lav	Høy	438,4	529,0
Høy	Høy	Middels	Middels	524,1	633,2
Høy	Høy	Middels	Høy	524,1	633,2
Høy	Høy	Høy	Middels	609,7	737,3
Høy	Høy	Høy	Høy	609,7	737,3
			Snitt	508,1	614,6
			Std.dev.	60,7	73,6
			Std.dev. %	12%	12%
			Minimum	406,5	491,9
			25-persentil	438,4	529,0
			Median	508,1	614,6
			75-persentil	577,8	700,3
			Maksimum	609,7	737,3

Tabell B.2. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 1 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	127,2	228,9
Lav	Middels	Lav	Høy	67,3	173,0
Lav	Middels	Middels	Middels	153,8	277,5
Lav	Middels	Middels	Høy	78,9	207,7
Lav	Middels	Høy	Middels	177,6	326,2
Lav	Middels	Høy	Høy	90,6	242,4
Lav	Høy	Lav	Middels	115,5	216,9
Lav	Høy	Lav	Høy	55,6	161,1
Lav	Høy	Middels	Middels	142,1	265,6
Lav	Høy	Middels	Høy	67,3	195,8
Lav	Høy	Høy	Middels	165,9	314,2
Lav	Høy	Høy	Høy	78,9	230,5
Middels	Middels	Lav	Middels	132,3	237,3
Middels	Middels	Lav	Høy	72,4	181,4
Middels	Middels	Middels	Middels	159,0	285,9
Middels	Middels	Middels	Høy	84,1	216,1
Middels	Middels	Høy	Middels	182,8	334,6
Middels	Middels	Høy	Høy	95,8	250,8
Middels	Høy	Lav	Middels	117,7	222,4
Middels	Høy	Lav	Høy	57,8	166,5
Middels	Høy	Middels	Middels	144,4	271,0
Middels	Høy	Middels	Høy	69,5	201,2
Middels	Høy	Høy	Middels	168,1	319,7
Middels	Høy	Høy	Høy	81,2	235,9
Høy	Middels	Lav	Middels	137,0	245,7
Høy	Middels	Lav	Høy	77,1	189,8
Høy	Middels	Middels	Middels	163,6	294,3
Høy	Middels	Middels	Høy	88,8	224,5
Høy	Middels	Høy	Middels	187,4	343,0
Høy	Middels	Høy	Høy	100,4	259,2
Høy	Høy	Lav	Middels	119,9	227,8
Høy	Høy	Lav	Høy	60,0	171,9
Høy	Høy	Middels	Middels	146,6	276,4
Høy	Høy	Middels	Høy	71,7	206,6
Høy	Høy	Høy	Middels	170,4	325,1
Høy	Høy	Høy	Høy	83,4	241,3
			Snitt	113,7	243,6
			Std.dev.	37,0	40,9
			Std.dev. %	33%	17%
			Minimum	55,6	161,1
			25-persentil	78,5	207,5
			Median	108,0	236,6
			75-persentil	148,4	276,7
			Maksimum	187,4	343,0

Tabell B.3. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 2 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	139,0	246,7
Lav	Middels	Lav	Høy	84,0	195,4
Lav	Middels	Middels	Middels	163,5	291,3
Lav	Middels	Middels	Høy	94,8	227,2
Lav	Middels	Høy	Middels	185,4	336,0
Lav	Middels	Høy	Høy	105,5	259,1
Lav	Høy	Lav	Middels	115,7	222,8
Lav	Høy	Lav	Høy	60,7	171,5
Lav	Høy	Middels	Middels	140,2	267,5
Lav	Høy	Middels	Høy	71,4	203,4
Lav	Høy	Høy	Middels	162,0	312,2
Lav	Høy	Høy	Høy	82,1	235,2
Middels	Middels	Lav	Middels	149,3	263,5
Middels	Middels	Lav	Høy	94,3	212,2
Middels	Middels	Middels	Middels	173,8	308,1
Middels	Middels	Middels	Høy	105,0	244,0
Middels	Middels	Høy	Middels	195,7	352,8
Middels	Middels	Høy	Høy	115,8	275,9
Middels	Høy	Lav	Middels	120,1	233,6
Middels	Høy	Lav	Høy	65,1	182,3
Middels	Høy	Middels	Middels	144,6	278,3
Middels	Høy	Middels	Høy	75,8	214,2
Middels	Høy	Høy	Middels	166,4	323,0
Middels	Høy	Høy	Høy	86,6	246,1
Høy	Middels	Lav	Middels	158,7	280,3
Høy	Middels	Lav	Høy	103,7	229,0
Høy	Middels	Middels	Middels	183,2	324,9
Høy	Middels	Middels	Høy	114,4	260,8
Høy	Middels	Høy	Middels	205,0	369,6
Høy	Middels	Høy	Høy	125,1	292,7
Høy	Høy	Lav	Middels	124,6	244,5
Høy	Høy	Lav	Høy	69,6	193,2
Høy	Høy	Middels	Middels	149,0	289,1
Høy	Høy	Middels	Høy	80,3	225,0
Høy	Høy	Høy	Middels	170,9	333,8
Høy	Høy	Høy	Høy	91,0	256,9
			Snitt	124,2	261,2
			Std.dev.	34,7	40,0
			Std.dev. %	28%	15%
			Minimum	60,7	171,5
			25-persentil	89,9	226,7
			Median	117,9	258,0
			75-persentil	159,5	291,7
			Maksimum	205,0	369,6

Tabell B.4. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 3 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	128,8	228,1
Lav	Middels	Lav	Høy	79,6	182,1
Lav	Middels	Middels	Middels	150,8	268,1
Lav	Middels	Middels	Høy	89,2	210,7
Lav	Middels	Høy	Middels	170,3	308,1
Lav	Middels	Høy	Høy	98,8	239,2
Lav	Høy	Lav	Middels	105,5	204,2
Lav	Høy	Lav	Høy	56,2	158,3
Lav	Høy	Middels	Middels	127,4	244,2
Lav	Høy	Middels	Høy	65,8	186,8
Lav	Høy	Høy	Middels	147,0	284,3
Lav	Høy	Høy	Høy	75,4	215,4
Middels	Middels	Lav	Middels	139,1	244,9
Middels	Middels	Lav	Høy	89,8	198,9
Middels	Middels	Middels	Middels	161,0	284,9
Middels	Middels	Middels	Høy	99,5	227,5
Middels	Middels	Høy	Middels	180,6	324,9
Middels	Middels	Høy	Høy	109,1	256,0
Middels	Høy	Lav	Middels	109,9	215,1
Middels	Høy	Lav	Høy	60,6	169,1
Middels	Høy	Middels	Middels	131,8	255,1
Middels	Høy	Middels	Høy	70,2	197,7
Middels	Høy	Høy	Middels	151,4	295,1
Middels	Høy	Høy	Høy	79,8	226,2
Høy	Middels	Lav	Middels	148,5	261,7
Høy	Middels	Lav	Høy	99,2	215,7
Høy	Middels	Middels	Middels	170,4	301,7
Høy	Middels	Middels	Høy	108,8	244,3
Høy	Middels	Høy	Middels	190,0	341,7
Høy	Middels	Høy	Høy	118,4	272,8
Høy	Høy	Lav	Middels	114,4	225,9
Høy	Høy	Lav	Høy	65,1	179,9
Høy	Høy	Middels	Middels	136,3	265,9
Høy	Høy	Middels	Høy	74,7	208,5
Høy	Høy	Høy	Middels	155,9	305,9
Høy	Høy	Høy	Høy	84,3	237,0
			Snitt	115,1	241,3
			Std.dev.	31,5	36,6
			Std.dev. %	27%	15%
			Minimum	56,2	158,3
			25-persentil	83,2	210,1
			Median	109,5	238,1
			75-persentil	147,3	269,3
			Maksimum	190,0	341,7

Tabell B.5. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 4 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	98,7	196,5
Lav	Middels	Lav	Høy	43,1	144,7
Lav	Middels	Middels	Middels	118,8	237,3
Lav	Middels	Middels	Høy	49,3	172,5
Lav	Middels	Høy	Middels	136,3	278,1
Lav	Middels	Høy	Høy	55,5	200,4
Lav	Høy	Lav	Middels	85,8	183,3
Lav	Høy	Lav	Høy	30,3	131,6
Lav	Høy	Middels	Middels	105,9	224,1
Lav	Høy	Middels	Høy	36,5	159,4
Lav	Høy	Høy	Middels	123,5	264,9
Lav	Høy	Høy	Høy	42,7	187,3
Middels	Middels	Lav	Middels	103,3	204,6
Middels	Middels	Lav	Høy	47,7	152,8
Middels	Middels	Middels	Middels	123,3	245,4
Middels	Middels	Middels	Høy	53,9	180,7
Middels	Middels	Høy	Middels	140,9	286,2
Middels	Middels	Høy	Høy	60,1	208,5
Middels	Høy	Lav	Middels	87,2	188,2
Middels	Høy	Lav	Høy	31,7	136,4
Middels	Høy	Middels	Middels	107,3	229,0
Middels	Høy	Middels	Høy	37,9	164,3
Middels	Høy	Høy	Middels	124,9	269,8
Middels	Høy	Høy	Høy	44,0	192,1
Høy	Middels	Lav	Middels	107,4	212,8
Høy	Middels	Lav	Høy	51,8	161,0
Høy	Middels	Middels	Middels	127,4	253,6
Høy	Middels	Middels	Høy	58,0	188,8
Høy	Middels	Høy	Middels	145,0	294,3
Høy	Middels	Høy	Høy	64,2	216,7
Høy	Høy	Lav	Middels	88,6	193,1
Høy	Høy	Lav	Høy	33,0	141,3
Høy	Høy	Middels	Middels	108,7	233,9
Høy	Høy	Middels	Høy	39,2	169,1
Høy	Høy	Høy	Middels	126,2	274,7
Høy	Høy	Høy	Høy	45,4	197,0
			Snitt	80,1	204,8
			Std.dev.	34,3	36,5
			Std.dev. %	43%	18%
			Minimum	30,3	131,6
			25-persentil	45,1	171,7
			Median	75,0	196,7
			75-persentil	111,2	234,7
			Maksimum	145,0	294,3

Tabell B.6. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 5 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	111,2	199,4
Lav	Middels	Lav	Høy	61,4	153,0
Lav	Middels	Middels	Middels	133,3	239,8
Lav	Middels	Middels	Høy	71,1	181,8
Lav	Middels	Høy	Middels	153,1	280,2
Lav	Middels	Høy	Høy	80,8	210,6
Lav	Høy	Lav	Middels	98,3	186,3
Lav	Høy	Lav	Høy	48,6	139,9
Lav	Høy	Middels	Middels	120,5	226,7
Lav	Høy	Middels	Høy	58,3	168,7
Lav	Høy	Høy	Middels	140,3	267,1
Lav	Høy	Høy	Høy	68,0	197,5
Middels	Middels	Lav	Middels	116,9	208,6
Middels	Middels	Lav	Høy	67,1	162,2
Middels	Middels	Middels	Middels	139,0	249,0
Middels	Middels	Middels	Høy	76,8	191,0
Middels	Middels	Høy	Middels	158,8	289,5
Middels	Middels	Høy	Høy	86,5	219,9
Middels	Høy	Lav	Middels	100,8	192,2
Middels	Høy	Lav	Høy	51,0	145,8
Middels	Høy	Middels	Middels	122,9	232,6
Middels	Høy	Middels	Høy	60,7	174,6
Middels	Høy	Høy	Middels	142,7	273,0
Middels	Høy	Høy	Høy	70,4	203,5
Høy	Middels	Lav	Middels	122,0	217,9
Høy	Middels	Lav	Høy	72,2	171,5
Høy	Middels	Middels	Middels	144,1	258,3
Høy	Middels	Middels	Høy	81,9	200,3
Høy	Middels	Høy	Middels	163,9	298,7
Høy	Middels	Høy	Høy	91,6	229,1
Høy	Høy	Lav	Middels	103,2	198,2
Høy	Høy	Lav	Høy	53,5	151,8
Høy	Høy	Middels	Middels	125,4	238,6
Høy	Høy	Middels	Høy	63,2	180,6
Høy	Høy	Høy	Middels	145,1	279,0
Høy	Høy	Høy	Høy	72,9	209,4
			Snitt	99,4	211,8
			Std.dev.	30,8	34,5
			Std.dev. %	31%	16%
			Minimum	48,6	139,9
			25-persentil	69,8	181,5
			Median	95,0	206,0
			75-persentil	127,4	238,9
			Maksimum	163,9	298,7

Tabell B.7. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 6 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	92,0	186,4
Lav	Middels	Lav	Høy	43,3	141,0
Lav	Middels	Middels	Middels	109,6	222,2
Lav	Middels	Middels	Høy	48,7	165,5
Lav	Middels	Høy	Middels	125,0	258,0
Lav	Middels	Høy	Høy	54,2	189,9
Lav	Høy	Lav	Middels	79,8	174,0
Lav	Høy	Lav	Høy	31,1	128,6
Lav	Høy	Middels	Middels	97,4	209,7
Lav	Høy	Middels	Høy	36,5	153,0
Lav	Høy	Høy	Middels	112,8	245,5
Lav	Høy	Høy	Høy	41,9	177,4
Middels	Middels	Lav	Middels	97,4	195,4
Middels	Middels	Lav	Høy	48,7	150,0
Middels	Middels	Middels	Middels	115,0	231,2
Middels	Middels	Middels	Høy	54,1	174,4
Middels	Middels	Høy	Middels	130,4	267,0
Middels	Middels	Høy	Høy	59,5	198,9
Middels	Høy	Lav	Middels	82,1	179,8
Middels	Høy	Lav	Høy	33,4	134,4
Middels	Høy	Middels	Middels	99,7	215,6
Middels	Høy	Middels	Høy	38,9	158,9
Middels	Høy	Høy	Middels	115,1	251,4
Middels	Høy	Høy	Høy	44,3	183,3
Høy	Middels	Lav	Middels	102,3	204,4
Høy	Middels	Lav	Høy	53,6	159,0
Høy	Middels	Middels	Middels	119,9	240,2
Høy	Middels	Middels	Høy	59,0	183,4
Høy	Middels	Høy	Middels	135,3	276,0
Høy	Middels	Høy	Høy	64,4	207,9
Høy	Høy	Lav	Middels	84,5	185,7
Høy	Høy	Lav	Høy	35,8	140,3
Høy	Høy	Middels	Middels	102,1	221,5
Høy	Høy	Middels	Høy	41,2	164,7
Høy	Høy	Høy	Middels	117,5	257,3
Høy	Høy	Høy	Høy	46,6	189,2
			Snitt	76,5	195,0
			Std.dev.	30,1	32,3
			Std.dev. %	39%	17%
			Minimum	31,1	128,6
			25-persentil	46,0	165,3
			Median	72,1	187,8
			75-persentil	104,1	221,7
			Maksimum	135,3	276,0

Tabell B.8. Utslipp av klimagasser alle følsomhetsvarianter i scenario 7 [tonn CO2e per dag]

Faktor utslipp buss	Fornybarandel buss	Faktor utslipp bil	Fornybarandel bil	Utslipp i Norge	LCA-utslipp
Lav	Middels	Lav	Middels	94,2	188,4
Lav	Middels	Lav	Høy	43,2	140,9
Lav	Middels	Middels	Middels	112,6	225,8
Lav	Middels	Middels	Høy	48,9	166,4
Lav	Middels	Høy	Middels	128,7	263,2
Lav	Middels	Høy	Høy	54,6	191,9
Lav	Høy	Lav	Middels	82,6	176,5
Lav	Høy	Lav	Høy	31,6	129,0
Lav	Høy	Middels	Middels	101,0	214,0
Lav	Høy	Middels	Høy	37,3	154,6
Lav	Høy	Høy	Middels	117,1	251,4
Lav	Høy	Høy	Høy	43,0	180,1
Middels	Middels	Lav	Middels	99,3	197,0
Middels	Middels	Lav	Høy	48,3	149,5
Middels	Middels	Middels	Middels	117,7	234,5
Middels	Middels	Middels	Høy	54,0	175,1
Middels	Middels	Høy	Middels	133,8	271,9
Middels	Middels	Høy	Høy	59,7	200,6
Middels	Høy	Lav	Middels	84,8	182,3
Middels	Høy	Lav	Høy	33,9	134,8
Middels	Høy	Middels	Middels	103,2	219,7
Middels	Høy	Middels	Høy	39,6	160,3
Middels	Høy	Høy	Middels	119,4	257,1
Middels	Høy	Høy	Høy	45,2	185,9
Høy	Middels	Lav	Middels	103,9	205,7
Høy	Middels	Lav	Høy	53,0	158,2
Høy	Middels	Middels	Middels	122,3	243,2
Høy	Middels	Middels	Høy	58,6	183,8
Høy	Middels	Høy	Middels	138,5	280,6
Høy	Middels	Høy	Høy	64,3	209,3
Høy	Høy	Lav	Middels	87,0	188,0
Høy	Høy	Lav	Høy	36,1	140,5
Høy	Høy	Middels	Middels	105,5	225,5
Høy	Høy	Middels	Høy	41,8	166,1
Høy	Høy	Høy	Middels	121,6	262,9
Høy	Høy	Høy	Høy	47,5	191,6
			Snitt	78,2	197,4
			Std.dev.	31,5	33,6
			Std.dev. %	40%	17%
			Minimum	31,6	129,0
			25-persentil	46,9	166,3
			Median	73,5	190,0
			75-persentil	107,3	225,5
			Maksimum	138,5	280,6

Vedlegg C. Andre usikkerheter

Dette vedlegget gjennomgår noen usikkerheter som ikke er fanget opp av følsomhetsanalysen: [usikkerhet ved estimering av transportarbeid \(C.1\)](#), [ved passasjerbelegg buss \(C.2\)](#) og [ved strømmiks \(C.3\)](#).

I tabeller som viser reduksjoner i utslipp, regnes på samme måte som i [Tabell 7.1](#): reduksjon av utslipp i Norge er regnet relativt til beregnede 1990-tall for regionens trafikk, mens LCA-reduksjon er relativt til verdiene i 2016-scenariet.

C.1. Usikkerhet ved estimert transportarbeid

Transportarbeid i scenariene 1, 2 og 3 er beregnet og dokumentert i byutredningen for Kristiansandsregionen (Statens vegvesen region sør, 2017). Usikkerheter ved slike beregninger er behandlet i kapittel 2 [Teori og eksisterende kunnskap](#). Estimering av transportarbeid i scenariene 4, 5, 6 og 7 bygger på scenario 1, med tillegg og fradrag som [Vedlegg A](#) beskriver. Usikkerheter ved mengdene transportarbeid er ikke med i følsomhetsanalysen som hoveddelen av denne studien utfører.

Usikkerhetene ved mengder transportarbeid kan deles i to typer: felles usikkerheter ved alle scenarier, som påvirker utslippene i scenariene omtrent likt og påvirker oppnåelsen av mål om utslippsreduksjon, men ikke rangering av scenariene; og usikkerheter ved enkeltscenarier som kan endre differansene mellom dem og påvirke rangering av dem.

Siden scenariene 2 og 3 har sine transportarbeider beregnet med RTM på parallell måte som scenario 1, og scenariene 4 til 7 som utgangspunkt bygger på scenario 1, vil usikkerheter ved RTM-beregninger være en scenario-felles usikkerhet. Feilmarginen for transportarbeidet i scenario 1, som også utgjør det vesentlige av transportarbeidet i de andre scenariene, vil dermed gjøre utslag på utslippsnivåene i scenariene, men ikke gjøre nevneverdige utslag på rangering av scenariene. Disse felles usikkerhetene undersøkes ikke videre i dette underkapitlet.

Derimot vil estimeringen av effektene av tiltakene som gir transportmengdene i scenario 4 til 7, kunne ha feil som kan påvirke både utslippsnivå i disse scenariene, og rangering av dem seg imellom og mot scenariene 1 til 3. En metode for å belyse de mulige utslagene av slike feil, er å se mer på de estimerte tilleggene/fradragene (i [Vedlegg A](#)) og hvor mye det ville påvirke scenariene 4 til 7 om feilene var av visse størrelser.

Tabell C.1 viser en utregning ut fra estimerte effekter (tillegg/fradrag, ref. [Vedlegg A](#)) for scenario 4 med scenario 1 som utgangspunkt. Gjennomsnittlig utslipp for alle følsomhetsvariantene i et beregnet 1990-nivå for nasjonale utslipp, i 2016-situasjon for LCA, og i scenario 4 for både nasjonale og LCA, er oppført over effektene. Utregnet reduksjonsprosent fra hoveddelen av studien er vist som «uten ekstra scenario-usikkerhet». Det er valgt en forholdsvis stor feilmargin på 40%, og hver enkelt tiltakseffekt på transportarbeid for busspassasjer og personbilfører er ført på egen linje, som den da mulige feilen (to linjer for tiltak 4a og to linjer for 4b). I dette tilfellet er det én stor mulig feil og tre små. Det antas at feilene for 4a og for 4b er uavhengige av hverandre. Paret for 4a henholdsvis paret for 4b virker motsatt av hverandre: når feilen er stor i den ene retningen for den ene i paret, er den andre stor i motsatt retning, og når den ene er liten i den ene retningen er den andre liten i motsatt retning. Ved å plukke kun den linjen som har største mulige feil, og regne den inn for et endret utslipp i scenariet, anses alle reelt tenkelige

kombinasjoner av feil estimering av effekter av tiltakene godt dekket (det vil ikke skje at alle elementer trekker i samme retning med største mulige feil). Utslippene i 2030 er tillagt den største feilen og reduksjonsprosenten med denne feilen er regnet ut, likeså hvor stor forskjellen i reduksjonsprosent er i forhold til prosenten uten ekstra scenario-usikkerhet. I dette tilfellet er feilmarginen teoretisk 0,86 prosentpoeng for nasjonalt utslipp fra regionens transport og 0,98 prosentpoeng for LCA-utslipp.

Tabell C.1. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 til 4

	40% av estimat [pkm]	som blir ca endring i kjdkm	nasjonalt [tonn CO2e]	LCA [tonn CO2e]
Gjennomsnittlig utslipp 1990 hhv. 2016			386,2	614,6
Gjennomsnittlig utslipp scenario 4 (2030)			80,1	204,8
Reduksjonsprosent scenario 4 uten ekstra scenario-usikkerhet			79,3%	66,7%
4a (bomtakster) busspassasjerer	8800	670	0,25	0,41
4a (bomtakster) bilførere	78800	69982	3,31	6,04
4b (innfartsparkeringer) busspassasjerer	3600	274	0,10	0,17
4b (innfartsparkeringer) bilførere	3200	2842	0,13	0,25
Gjennomsnittlig utslipp scenario 4 ved største feil i økende retning			83,41	210,84
Reduksjonsprosent ved største feil i økende retning			78,4%	65,7%
Utslag på reduksjonsprosent [prosentpoeng]			0,86	0,98

Tabellene C.2, C.3 og C.4 viser metodisk samme utregninger for scenariene 5 til 7.

Tabell C.2. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 via 4 til 5

	40% av estimat [pkm]	som blir ca endring i kjdkm	nasjonalt [tonn CO2e]	LCA [tonn CO2e]
Gjennomsnittlig utslipp 1990 hhv. 2016			386,2	614,6
Gjennomsnittlig utslipp scenario 5 (2030)			99,4	211,8
Reduksjonsprosent scenario 5 uten ekstra scenario-usikkerhet			74,3%	65,5%
4a (bomtakster) busspassasjerer	8800	670	0,25	0,41
4a (bomtakster) bilførere	78800	69982	3,31	6,04
4b (innfartsparkeringer) busspassasjerer	3600	274	0,10	0,17
4b (innfartsparkeringer) bilførere	3200	2842	0,13	0,25
5a (innfarts-P) busspassasjerer	5600	381	0,14	0,23
5a (innfarts-P) bilførere	4800	4134	0,20	0,36
5b (P-restriksjoner) busspassasjerer	42190	2867	1,08	1,76
5b (P-restriksjoner) bilførere	104120	89681	4,24	7,74
Gjennomsnittlig utslipp scenario 5 ved største feil i økende retning			103,64	219,54
Reduksjonsprosent ved største feil i økende retning			73,2%	64,3%
Utslag på reduksjonsprosent [prosentpoeng]			1,10	1,26

Tabell C.3. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 via 4 til 6

	40% av estimat [pkm]	som blir ca endring i kjdkm	nasjonalt [tonn CO2e]	LCA [tonn CO2e]
Gjennomsnittlig utslipp 1990 hhv. 2016			386,2	614,6
Gjennomsnittlig utslipp scenario 6 (2030)			76,5	195,0
Reduksjonsprosent scenario 6 uten ekstra scenario-usikkerhet			80,2%	68,3%
4a (bomtakter) busspassasjerer	8800	670	0,25	0,41
4a (bomtakter) bilførere	78800	69982	3,31	6,04
4b (innfartsparkeringer) busspassasjerer	3600	274	0,10	0,17
4b (innfartsparkeringer) bilførere	3200	2842	0,13	0,25
6a (nye kjøretøytyper) busspassasjerer	12800	909	0,34	0,56
6a (nye kjøretøytyper) bilførere	20800	17993	0,85	1,55
6b (begr. i sentrum) busspassasjerer	36000	2557	0,96	1,57
6b (begr. i sentrum) bilførere	104000	89965	4,25	7,76
6c (minibusser) busspassasjerer	16000	1136	0,43	0,70
6c (minibusser) minibusspassasjerer	23600	4720	0,03	0,42
6c (minibusser) bilførere	4000	3460	0,16	0,30
Gjennomsnittlig utslipp scenario 6 ved største feil i økende retning			80,75	202,76
Reduksjonsprosent ved største feil i økende retning			79,1%	67,0%
Utslag på reduksjonsprosent [prosentpoeng]			1,10	1,26

Tabell C.4. Konsekvenser av feil ved estimering endringer transportmengder fra scenario 1 via 4 til 7

	40% av estimat [pkm]	som blir ca endring i kjdkm	nasjonalt [tonn CO2e]	LCA [tonn CO2e]
Gjennomsnittlig utslipp 1990 hhv. 2016			386,2	614,6
Gjennomsnittlig utslipp scenario 7 (2030)			78,2	197,4
Reduksjonsprosent scenario 7 uten ekstra scenario-usikkerhet			79,7%	67,9%
4a (bomtakter) busspassasjerer	8800	670	0,25	0,41
4a (bomtakter) bilførere	78800	69982	3,31	6,04
4b (innfartsparkeringer) busspassasjerer	3600	274	0,10	0,17
4b (innfartsparkeringer) bilførere	3200	2842	0,13	0,25
7a (økt belegg) bilførere	6400	5590	0,26	0,48
7b (mikrobiler) busspassasjerer	7200	491	0,18	0,30
7b (mikrobiler) bilførere	19200	16769	0,79	1,45
7b (mikrobiler) mikrobilførere	28800	28800	0,06	0,66
7c (minibuss) minibusspassasjerer	20000	4000	0,02	0,36
7c (minibuss) bilførere	14400	12576	0,59	1,08
7d (andre minibussv.) busspassasjerer	400	27	0,01	0,02
7d (andre minibussv.) minibusspassasjerer	22400	4480	0,03	0,40
7d (andre minibussv.) bilførere	8800	7686	0,36	0,66
7e (el(sparke)sykler) busspassasjerer	4800	327	0,12	0,20
7e (el(sparke)sykler) bilførere	2800	2445	0,12	0,21
7f (P-restriksjoner) busspassasjerer	14000	955	0,36	0,59
7f (P-restriksjoner) bilførere	34800	30393	1,44	2,62
Gjennomsnittlig utslipp scenario 7 ved største feil i økende retning			81,51	203,44
Reduksjonsprosent ved største feil i økende retning			78,9%	66,9%
Utslag på reduksjonsprosent [prosentpoeng]			0,86	0,98

Feilmarginen som prosentpoeng for utslippsreduksjon varierer fra 0,86 til 1,10 for nasjonale utslipp fra regionens transport, fra 0,98 til 1,26 for LCA-utslipp. Utrekningene har benyttet betydelig skjønn og kan ikke tas med tallenes presisjon. Det anses at en «ekstra scenario-usikkerhet» for scenariene 4, 5, 6 og 7 på +/- 1% bør anvendes i hoveddelen av studien - altså at om scenarier blant disse fire er to prosentpoeng fra hverandre eller nærmere, kan de ikke rangeres foran/bak hverandre på utslipp, og er de inntil ett prosentpoeng nærmere enn et av scenariene 1 til 3 kan det heller ikke rangeres.

C.2. Usikkerhet ved passasjerbelegg buss

I kapittel 5 underkapittel [Omregning fra transportarbeid til trafikkarbeid](#) er det beregnet passasjerbelegg for bruk i denne studien. Det er usikkerhet på grunn av område det beregnes for (Kristiansandsregionen versus Agder Kollektivtrafikks definisjon av Kristiansandsområdet), Agder Kollektivtrafikks beregning av gjennomsnittlig turlengde, og mengden dødkjøring. Her analyseres hvordan gjennomsnittlig og median reduksjonsprosent for nasjonale utslipp fra regionens trafikk henholdsvis LCA-utslipp endrer seg dersom det i stedet for studiens utgangspunkt i belegg på 14 brukes nasjonalt gjennomsnitt på 10,39 (Statistisk Sentralbyrå, 2022) eller et høyere belegg på 17 passasjerer. Disse beleggfaktorene gjelder for 2016 og scenario 1, som i hovedstudien. Utviklingen videre til scenariene 2 til 7 er som i hovedstudien, se [Tabell 5.3](#).

Tabell C.5 viser hvordan reduksjonene blir med belegg i utgangspunktet 10,39 i 2016 og scenario 1, Tabell C.6 viser det med i utgangspunktet 17. Disse tabellene er direkte sammenliknbare med utslippsreduksjon-linjene i [Tabell 7.1](#).

Tabell C.5. Reduksjoner med belegg 10,39 som utgangspunkt i 2016

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Reduksjon i Norge gjennomsnitt	71%	66%	69%	79%	74%	80%	79%
Reduksjon i Norge median	72%	67%	69%	80%	75%	81%	80%
Reduksjon LCA gjennomsnitt	60%	56%	59%	67%	65%	68%	68%
Reduksjon LCA median	62%	57%	60%	68%	66%	69%	69%

Tabell C.6. Reduksjoner med belegg 17 som utgangspunkt i 2016

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Reduksjon i Norge gjennomsnitt	71%	69%	71%	79%	74%	81%	80%
Reduksjon i Norge median	72%	70%	72%	81%	76%	82%	81%
Reduksjon LCA gjennomsnitt	60%	58%	62%	67%	66%	68%	68%
Reduksjon LCA median	61%	59%	62%	68%	67%	70%	69%

Med lavere passasjerbelegg på buss blir forskjellene mellom scenariene noe større enn i hovedstudien; med høyere belegg blir forskjellene noe mindre. Utslagene er størst for scenario 2 og 3, som har størst mengde busskjøring. Det er ingen vesentlig endring i rangeringen av scenariene etter grad av reduksjon, og dermed ikke grunnlag for noen annen konklusjon enn den som fremkommer i hovedstudien: det er ingen sammenfall mellom reduksjon i utslipp og grad av oppnåelse av nullvekstmålet. Størst reduksjon i utslipp oppnås ved å ikke ta hensyn til nullvekstmålet, men i stedet styre etter andre mål.

C.3. Usikkerhet ved strømmiks

I alle scenarier er det benyttet samme spesifikke utslippsverdier for hvert transportmiddel, ifølge [Tabell 5.2](#) (med følsomhetsvariasjon). Verdiene for 2030 er basert på stipulert norsk strømmiks der generering har forårsaket 15 g CO_{2e} per kWh. Utviklingen i Norge og Europa på generering av strøm frem mot 2030 er usikker: det investeres i nye anlegg for produksjon av fornybar strøm, men om virkeligheten blir som planlagt er som alltid ukjent. Her skal gjøres en enkel undersøkelse av hvordan utslippene og måloppnåelsen blir om strømmiksen har forårsaket 0 g eller 30 g CO_{2e} per kWh i stedet for 15 g.

Utslippsfaktorer for 2016 modifiseres ikke, heller ikke utslippsfaktorer for fossile kjøretøy. Tabell C.7 viser utslippsfaktorene for 2030 for 15 g CO_{2e} per kWh slik de er benyttet i hoveddelen av studien, og alternative verdier for de to variantene som undersøkes her. De nye verdiene fremkommer ved at utslipp i Norge settes til 0 for varianten med 0 g, og reduksjonen det medfører er også trukket fra i LCA-verdiene. For varianten med 30 g er nasjonale utslipp doblet, og LCA-verdiene er tillagt det samme som de nasjonale. Dette er ikke en fullgod tilnærming til annerledes strømmiks, men vil kunne gi interessant informasjon.

Tabell C.7. Utslippsfaktorer ved strøm til 15 g, 0 g og 30 g utslipp per kWh [CO_{2e} i g/kjtkm]

Transportmåte	i Norge 15 g	LCA 15 g	i Norge 0 g	LCA 0 g	i Norge 30 g	LCA 30 g
buss, elektrisk	20	250	0	230	40	270
minibuss, elektrisk	6	90	0	84	12	96
personbil, elektrisk	3	45	0	42	6	48
mikrobil, elektrisk	2	23	0	21	4	25
elsparkesykkel	2	45	0	43	4	47
elsykkel	1	15	0	14	2	16
sykkel	0	5	0	5	0	5
gange	0	0	0	0	0	0

Tabell C.8 viser reduksjonene i klimagassutslipp med strøm til 0 g per kWh, Tabell C.9 viser dem med strøm til 30 g per kWh. Disse tabellene er direkte sammenliknbare med utslippsreduksjon-linjene i [Tabell 7.1](#).

Tabell C.8. Reduksjoner med strøm 2030 til 0 g CO_{2e} per kWh

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Reduksjon i Norge gjennomsnitt	73%	70%	72%	81%	76%	82%	82%
Reduksjon i Norge median	74%	71%	74%	83%	77%	83%	83%
Reduksjon LCA gjennomsnitt	62%	59%	62%	68%	67%	70%	69%
Reduksjon LCA median	63%	60%	63%	69%	68%	71%	70%

Tabell C.9. Reduksjoner med strøm 2030 til 30 g CO_{2e} per kWh

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Reduksjon i Norge gjennomsnitt	69%	66%	68%	77%	73%	78%	78%
Reduksjon i Norge median	70%	67%	70%	78%	74%	79%	79%
Reduksjon LCA gjennomsnitt	59%	56%	59%	65%	64%	67%	67%
Reduksjon LCA median	60%	56%	60%	67%	65%	68%	68%

Reduksjonsprosentene forskyves ett til tre prosentpoeng opp hvis strømmen er helt ren, og ett til tre prosentpoeng ned hvis den blir generert med dobbelt så store utslipp av klimagasser. Rekkefølgen scenariene imellom endres ikke nevneverdig. Også ut fra dette

gis det grunnlag for å bekrefte konklusjonen i hovedstudien om at det ikke er sammenfall mellom reduksjon i utslipp og grad av oppnåelse av nullvekstmålet.

Vedlegg D. Enda lavere og høyere elektrifiseringsgrad

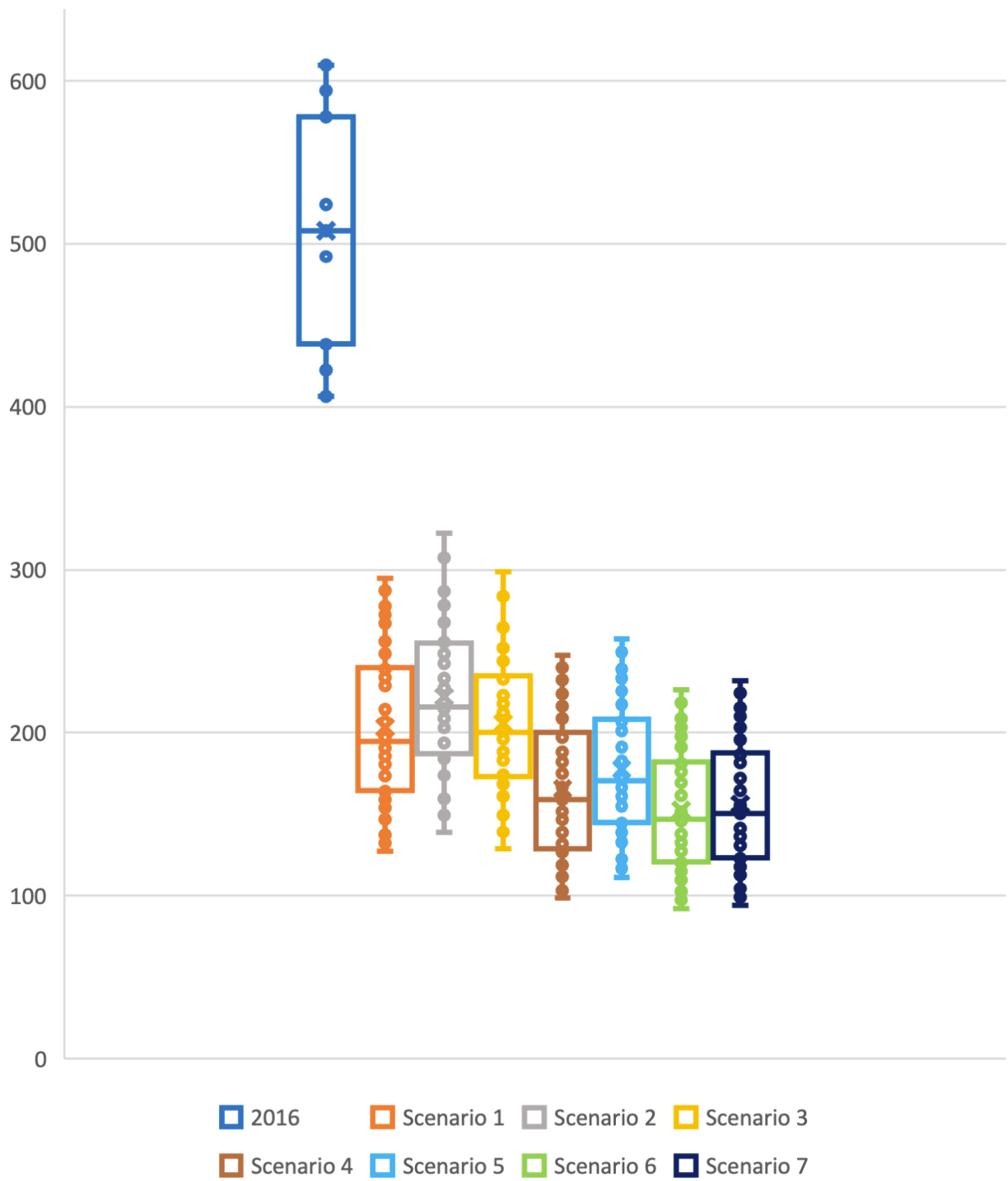
Studien har estimert utslipp i 2030 med middels og høy elektrifiseringsgrad, generelt i området 75% til 90% med fem prosentpoeng høyere andel i enkelte scenarier. Dette området er begrunnet i kapittel 5 [Utslipp av klimagasser](#). Her vises estimater for to andre tenkte utviklingssituasjoner. Den ene er spenn fra 60% til 75% med samme fem prosentpoeng økning i noen scenarier som i hoveddelen av studien, den andre er spenn fra 90% til 100% uten unntak. Forøvrig er det samme strøm-renhet, samme spesifikke utslipp for elektrifiserte kjøretøy og trafikkvolumer fra 2030 som i hoveddelen av studien.

D.1. Resultater

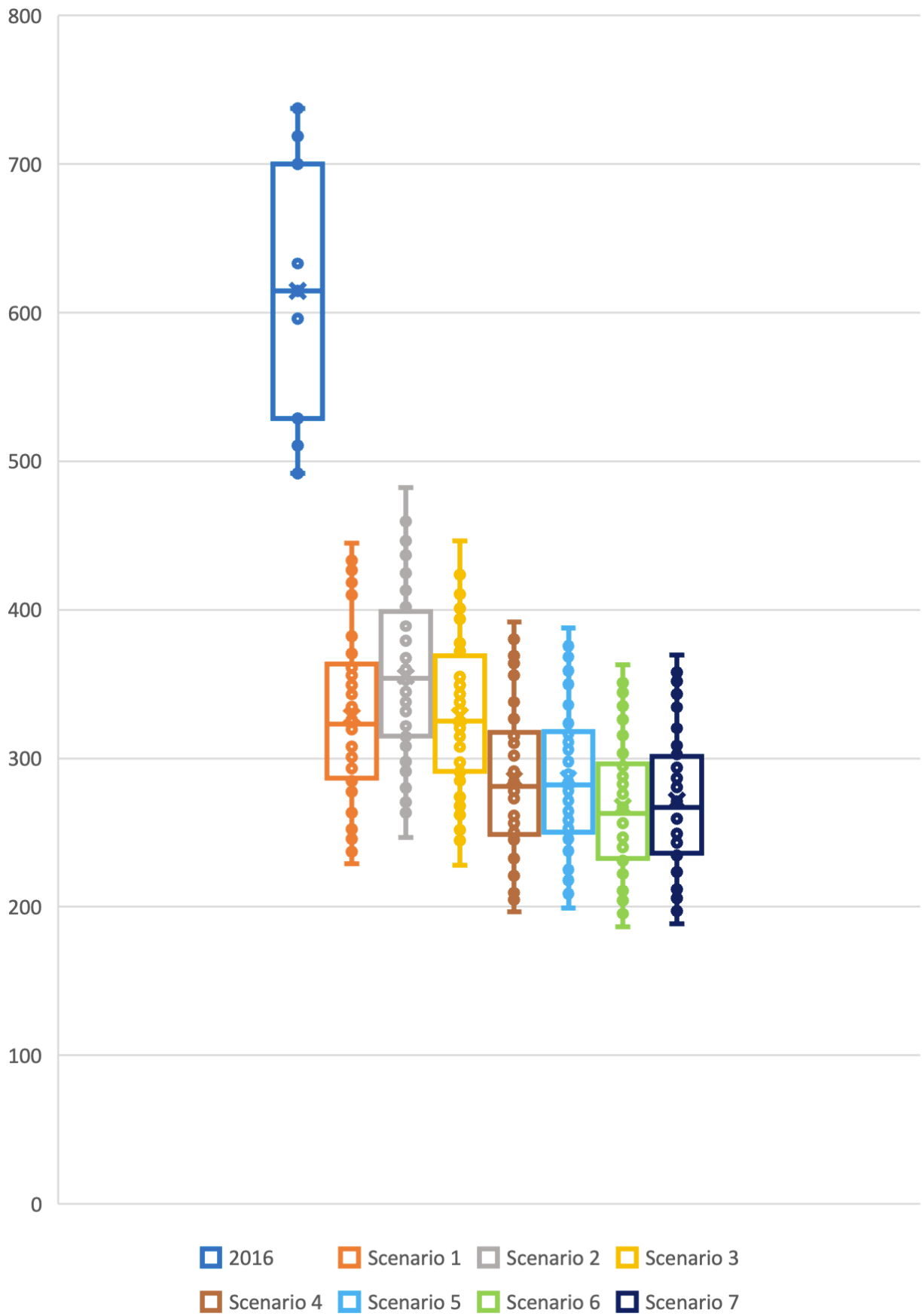
Tabell D.1 viser nøkkeltallene som er grunnlaget for figurene D.1 og D.2, med følsomhetsvariasjon fra 60% til 80% elektrifisering.

Tabell D.1. Utslipp av klimagasser - 60% til 80% elektrifisering [tonn CO₂e per dag]

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
I Norge gjennomsnitt	508,1	203,1	222,2	205,9	165,5	177,6	152,6	156,3
I Norge 25-persentil	438,4	165,2	187,7	173,8	130,7	145,8	121,5	123,8
I Norge median	508,1	194,8	216,0	200,1	159,2	170,3	147,0	150,4
I Norge 75-persentil	577,8	239,3	253,6	233,6	198,3	207,2	181,6	186,8
LCA gjennomsnitt	614,6	328,3	355,1	328,5	286,0	286,2	267,4	271,5
LCA 25-persentil	529,0	288,6	315,1	291,7	249,8	252,0	234,0	237,2
LCA median	614,6	322,8	354,1	325,2	281,1	282,1	262,9	267,1
LCA 75-persentil	700,3	361,7	392,3	362,4	315,9	316,8	295,2	299,4



Figur D.1. Utslipp i Norge: 60% til 80% elektrifisering buss og bil [tonn CO2e per dag]



Figur D.2. LCA-utslipp: 60% til 80% elektrifisering buss og bil [tonn CO₂e per dag]

Tabell D.2 viser utslippsreduksjonene som følger av verdiene i Tabell D.1. Reduksjon utslipp i Norge fra 1990 er regnet som i hoveddelen av studien: estimert utslipp 2016 er multiplisert med 0,76 for å gi 1990-utslipp som basis for sammenlikningene (se underkapittel 5.6 [Beregning av reduksjoner](#)).

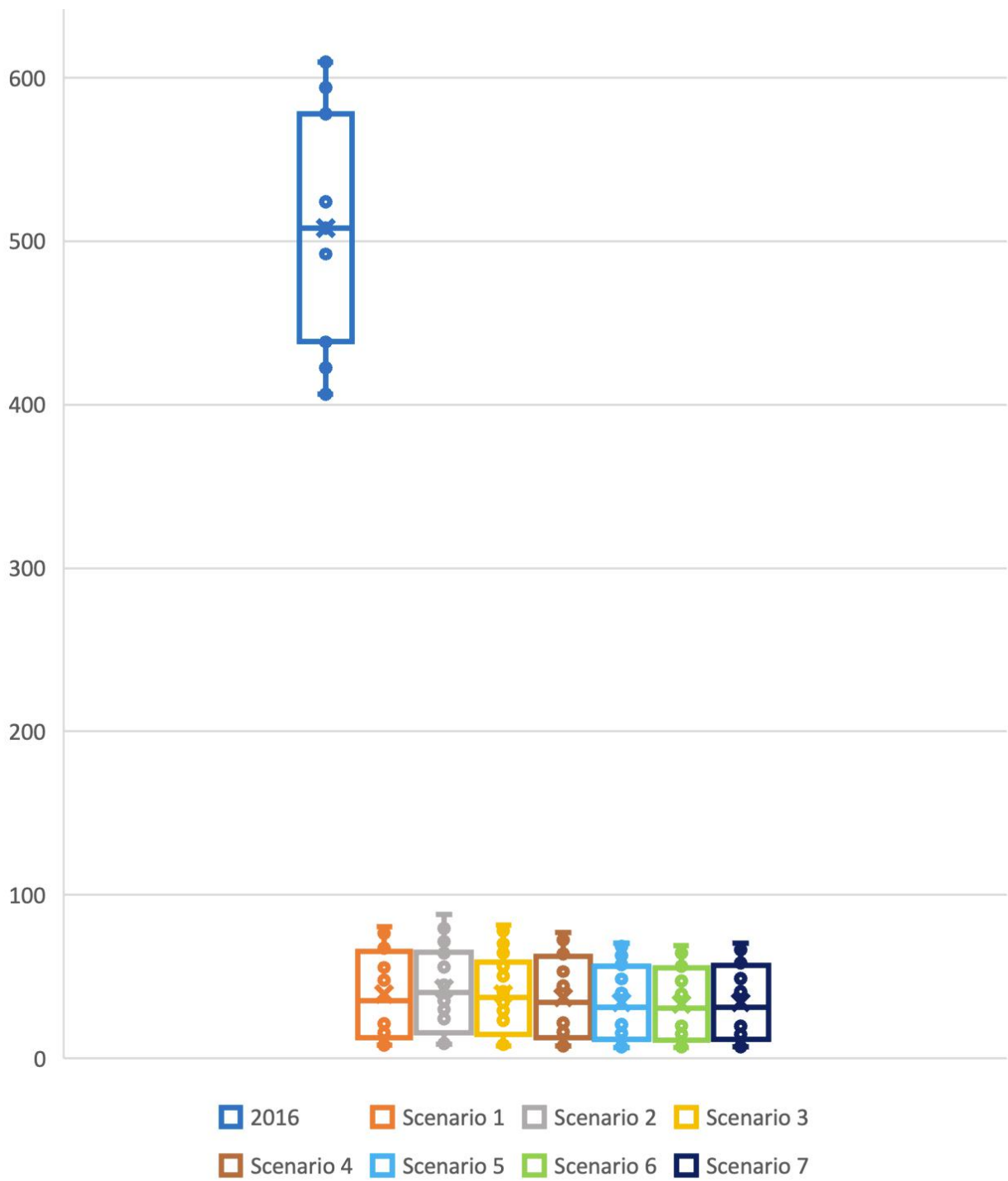
Tabell D.2. Reduksjon i utslipp av klimagasser - 60% til 80% elektrifisering

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Reduksjon i Norge fra 1990 gjennomsnitt	47%	42%	47%	57%	54%	60%	60%
Reduksjon i Norge fra 1990 median	50%	44%	48%	59%	56%	62%	61%
Reduksjon LCA fra 2016 gjennomsnitt	47%	42%	47%	53%	53%	57%	56%
Reduksjon LCA fra 2016 median	47%	42%	47%	54%	54%	57%	57%

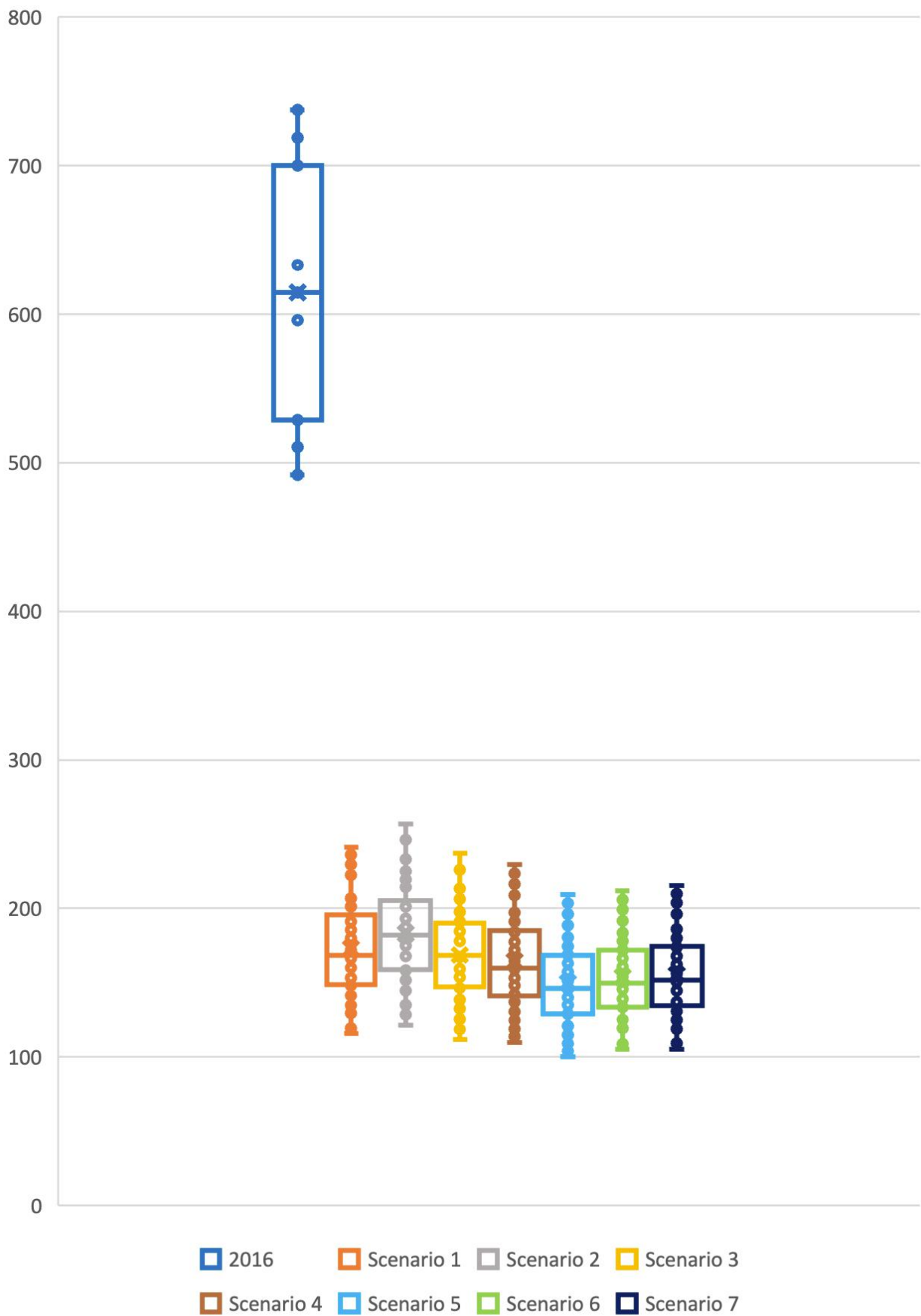
Tabell D.3 viser nøkkeltallene som er grunnlaget for figurene D.3 og D.4, med følsomhetsvariasjon fra 90% til 100% elektrifisering.

Tabell D.3. Utslipp av klimagasser - 90% til 100% elektrifisering [tonn CO₂e per dag]

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
I Norge gjennomsnitt	508,1	39,2	42,7	39,5	37,4	34,2	33,4	34,3
I Norge 25-persentil	438,4	14,7	21,1	20,4	14,8	14,1	13,6	13,6
I Norge median	508,1	35,5	40,2	37,4	34,1	31,3	30,5	31,3
I Norge 75-persentil	577,8	61,8	65,0	58,6	59,1	54,2	52,8	54,2
LCA gjennomsnitt	614,6	173,0	182,9	168,6	164,3	149,8	153,7	155,4
LCA 25-persentil	529,0	149,0	158,9	148,0	141,9	129,7	133,9	134,7
LCA median	614,6	168,4	182,0	168,2	160,0	146,0	149,9	151,5
LCA 75-persentil	700,3	195,0	203,9	187,9	184,5	167,8	171,4	174,1



Figur D.3. Utslipp i Norge: 90% til 100% elektrifisering buss og bil [tonn CO2e per dag]



Figur D.4. LCA-utslipp: 90% til 100% elektrifisering buss og bil [tonn CO₂e per dag]

Tabell D.4 viser utslippsreduksjonene som følger av verdiene i Tabell D.3. Reduksjon utslipp i Norge fra 1990 er også her regnet som i hoveddelen av studien: estimert utslipp 2016 er multiplisert med 0,76 for å gi 1990-utslipp som basis for sammenlikningene (se underkapittel 5.6 [Beregning av reduksjoner](#)).

Tabell D.4. Reduksjon i utslipp av klimagasser - 90% til 100% elektrifisering

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Reduksjon i Norge fra 1990 gjennomsnitt	90%	89%	90%	90%	91%	91%	91%
Reduksjon i Norge fra 1990 median	91%	90%	90%	91%	92%	92%	92%
Reduksjon LCA fra 2016 gjennomsnitt	72%	70%	73%	73%	76%	75%	75%
Reduksjon LCA fra 2016 median	73%	70%	73%	74%	76%	76%	75%

D.2. Diskusjon

Tabell D.2 viser at dersom elektrifiseringsgraden blir 15 prosentpoeng lavere enn regnet i hoveddelen av studien, er oppnåelse av et mål om 55% reduksjon i utslipp av klimagasser i Norge fra 1990 til 2030 for persontransport i Kristiansandsregionen avhengig av valg av reguleringer og tiltak. Forskjellene mellom scenariene er større enn i hoveddelen (ref. [Tabell 5.9](#) og [Tabell 5.10](#)), og bare scenariene 4, 6 og 7 har både gjennomsnitt og median på 55% reduksjon eller bedre. Scenariene 1, 2 og 3 har verken gjennomsnitt eller median som når målet. Som begrunnelsen for hovedstudien om elektrifiseringsgrad viser (se underkapittel 5.3 [Utslipp i scenariene](#)), er de høyere andelene som er brukt der sannsynlige. Men skulle planleggingen gjøres for større grad av sikkerhet for å nå målene, burde man unngå de utviklingstrekkene som slår ut negativt i scenariene 1, 2 og 3.

Det er sannsynligvis ikke oppnåelig med nær 100% elektrifisering av både busser og biler i 2030. Takten kjøretøy skiftes ut med, kan ventelig ikke gå fort nok til det – det ville vært ressurs- og utslippsmessig tvilsomt å resirkulere og erstatte så mange kjøretøy så raskt. Men et regneeksperiment kan gjøres, og ligger til grunn for verdiene i Tabell D.3 og figurene D.3 og D.4, med følsomhetsintervall fra 90% til 100% elektrifiseringsgrad. *Det er altså ikke realistiske alternativer*, siden de er for en kjøretøypark fra kanskje 2040. Men det kan være denne situasjonen det allerede nå bør planlegges for. Tabell D.4 viser da at alle reduksjonsprosentene for gjennomsnitt og medianer er bedre enn 55% med god til meget god margin. Det ligger nær å igjen antyde en revurdering av om mindre transport er samfunnsmessig totalt sett riktig.

Vedlegg E. Dokument med informasjon til respondentene

På de følgende sidene gjengis endelig versjon av dokumentet som ble gitt til respondentene som skulle bedømme scenariene for deres oppnåelse av NTPs overordnede mål (se kapittel 6 [Oppnåelse av overordnede mål i NTP](#)).



Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

En scenariobasert analyse av om nullvekstmålet bidrar til eller hindrer oppnåelse av overordnede mål

Informasjon til respondenter om scenarier

Otto Randøy

Emne: TBA4945 Transport masteroppgave

Innlevering: juni 2022

Veiledere: Eirin Ryeng, Tore Sager

Revisjoner

20220502: endret figur som viser sammenheng scenarier; lagt til tabell trafikkarbeid buss og minibuss med forklarende tekst.

Forord

Dette dokumentet skal gi tilstrekkelig, men kortfattet, informasjon til respondentene som er spurt om å bedømme masteroppgave-studiens scenarier med hensyn på oppnåelse av overordnede mål i Nasjonal transportplan. Studien utføres i emne TBA4945 *Transport masteroppgave* ved NTNU. Veiledere er professor Eirin Ryeng og professor emeritus Tore Sager.

Anbefalt prosedyre er å lese dette dokumentet fra begynnelsen til slutten. I [Oppgavebeskrivelse](#) er oppgaven til respondentene beskrevet, og her er skjemaet som skal fylles ut (dette er det eneste som skal leveres av respondentene). Kapittel [Scenarier](#) har informasjon om de sju scenariene, med en oversikt først, beskrivelse av hvert scenario og sammenlikningstabeller til slutt.

Innlevering skal være anonym. Respondentenes svar vil bli gjengitt i studien merket med yrkesbakgrunn, men ingen persondata ut over det.

Det er opp til respondentene å benytte det tillyste arbeidsmøtet etter egne ønsker og behov. Hvis det er uklarheter i oppgaven, eller respondenten ønsker mer informasjon om noe, kan spørsmål rettes til meg før møtet, eller det kan tas i møtet.

Lillesand, 8. april 2022

Otto Randøy

Telefon 9099 0660

Epost otto@randoy.no

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
1. Oppgavebeskrivelse.....	4
2. Scenarier.....	5
2.1. Scenario 1: nullalternativ 2030.....	8
2.2. Scenario 2: BMA-grunnlaget.....	9
2.3. Scenario 3: BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2.....	10
2.4. Scenario 4: bomtakster, innfartsparkeringer.....	11
2.5. Scenario 5: parkeringsrestriksjoner i sentrum.....	12
2.6. Scenario 6: nye kjøretøytyper.....	13
2.7. Scenario 7: store innfartsparkeringer.....	14
2.8. Oppsummering scenarier.....	16

1. Oppgavebeskrivelse

Siste Nasjonal transportplan (NTP), Meld. St. 20 (2020-2021), er hovedkilde til overordnede mål. På side 9 i meldingen står «Det overordnede målet for Nasjonal transportplan 2022-2033 er: Et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i 2050». Dermed skal scenariene gis poeng for hvordan de anses å tilfredsstille målene om effektivitet, miljøvennlighet og trygghet.

NTP utdyper målene med flere formuleringer på side 35: «mer for pengene», «effektiv bruk av ny teknologi», «bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål», «nullvisjon for drepte og hardt skadde», og «enklere reisehverdag og økt konkurransevne for næringslivet». Også Statens vegvesens metodikk for konsekvensutredninger kan bidra med elementer. Denne tabellen kan gi nyttige momenter til bedømmelsen:

Momenter til bedømmelse av måloppnåelse

Overordnet mål	Momenter
Effektivitet	mer for pengene effektiv bruk av ny teknologi enklere reisehverdag økt konkurransevne for næringslivet budsjettvirkning for det offentlige skattekostnader
Miljøvennlighet	bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål friluftsliv / by- og bygdeliv støy og luftforurensning kulturarv landskapsbilde naturmangfold naturressurser
Trygghet	nullvisjon for drepte og hardt skadde; ulykker helsevirkninger levestandard

Bedømmelsen skal leveres individuelt og anonymt. Skjemaet nedenfor fylles ut, gjerne for hånd på en kopi av denne siden, med poeng i hver rute fra skalaen -2, -1, 0, +1 og +2. Skalaen benyttes absolutt (ikke relativt): et scenario som er verken godt eller dårlig på et av de tre punktene, får verdien 0. Er det noe bedre får det +1, er det mye bedre får det +2. Tilsvarende brukes -1 for noe dårlig og -2 for klart dårlig.

Bedømmelseskjema

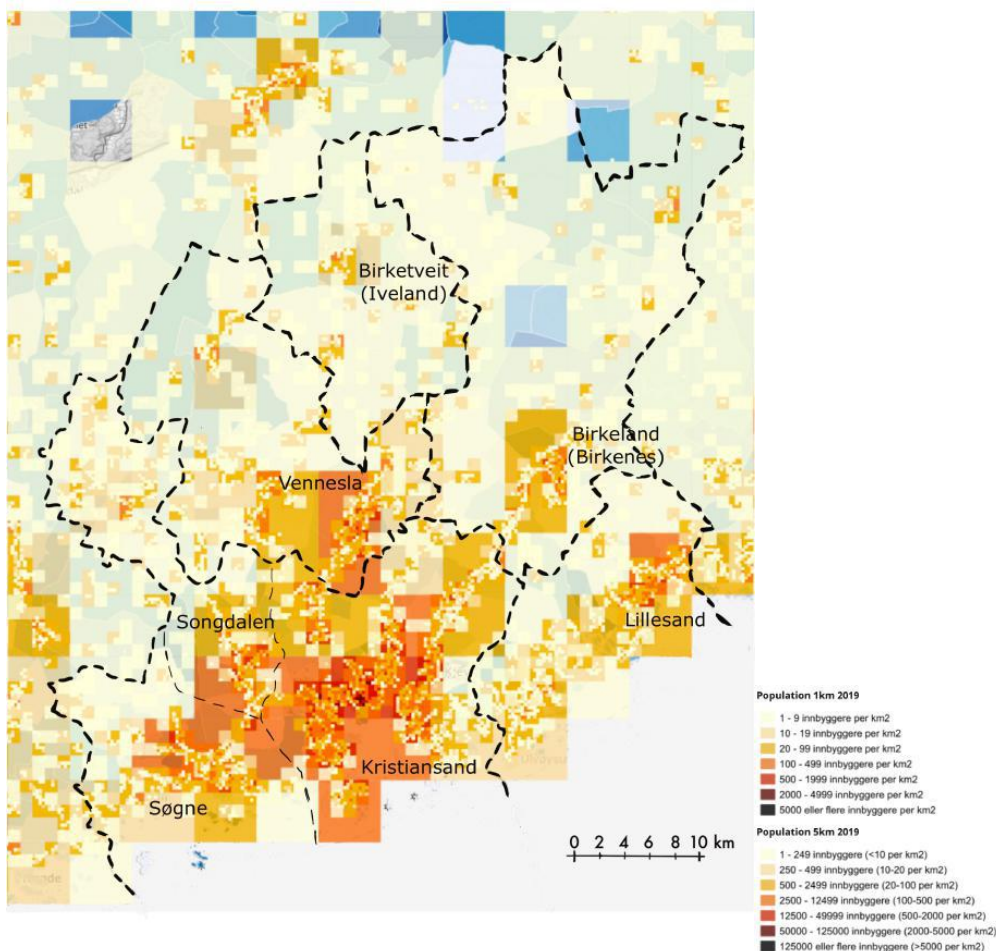
Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Effektivitet							
Miljøvennlighet							
Trygghet							

2. Scenarier

Kristiansandsregionen er valgt som konkret sted å gjøre studien for. Regionen hadde til sammen omkring 145.000 innbyggere i 2021, og består av kommunene Kristiansand, Vennesla, Iveland, Birkenes og Lillesand. Kristiansand kommune, med ca. 112.000 innbyggere, er fra 1. januar 2020 en sammenslåing av gamle Kristiansand, Songdalen og Søgne kommuner, og er Norges femte største by etter folketall. Vennesla kommune har ca. 15.000, Iveland ca. 1.300, Birkenes ca. 5.000 og Lillesand ca. 11.000 innbyggere.

Fra 2021 er også den vestligere kommunen Lindesnes med i det interkommunale regionsamarbeidet. Dette var ikke tilfelle da byutredningen for Kristiansandsregionen ble laget i 2017, derfor er Lindesnes ikke inkludert i denne studien.

Kommunene i regionen, slik denne studien behandler den, er vist i kart nedenfor, sammen med Statistisk Sentralbyrås data for befolkningstetthet.



Kristiansandsregionen med befolkningstetthet

Det er byutredningens tall for «avtaleområdet» (hele regionen som vist i kartet ovenfor) som brukes.

Scenariene har variasjon i utforming innenfor spekteret av det antatt mulige innen tidshorisont omkring 2030. De er ment å være utforskende, uten mål om å være mest mulig sannsynlige. Ulike utviklinger i bruk av nye/nyere kjøretøytyper som elsparkesykler og andre små kjøretøy er med som scenario-variasjon, likeså innslag av autonome minibusser. Utvikling i andel nullutslippskjøretøy¹ antas å skje i det vesentlige uavhengig av utviklingen lokalt, men noen tiltak i scenariene påvirker andelene.

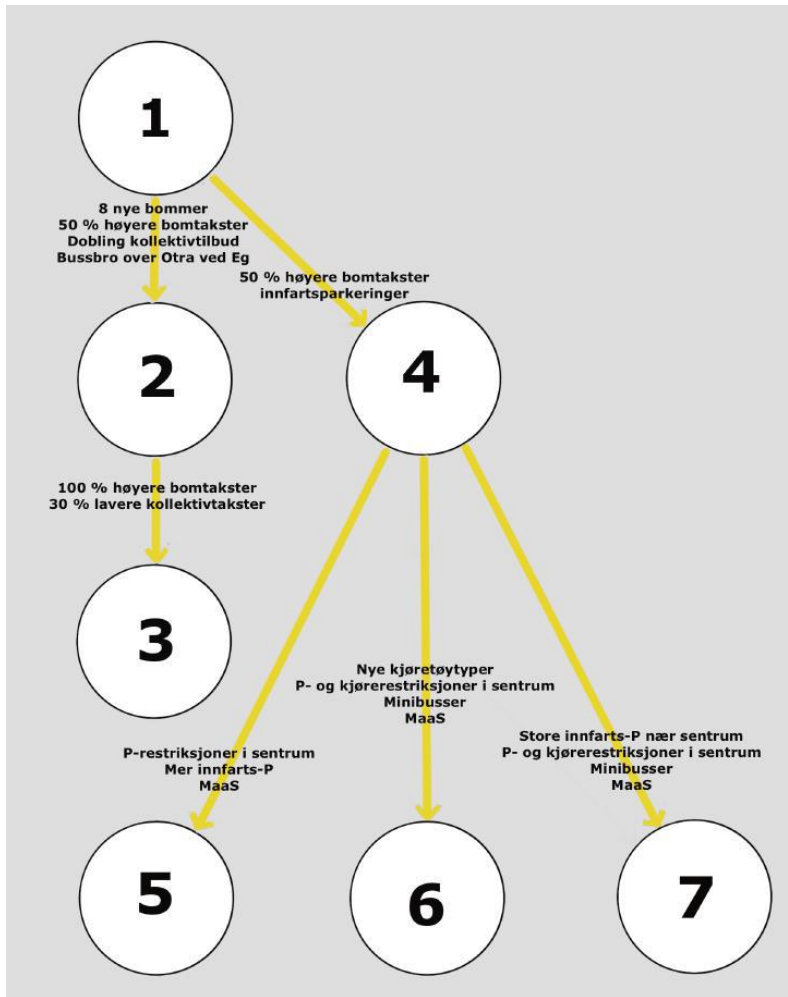
Ulike arealdisponeringsgrep analyseres ikke (unntatt innfartsparkeringer). Variasjon i veinett er liten. Med Ytre ringvei inne vil utbygget veinett i 2030 ha vesentlig mer kapasitet enn dagens veinett, og reduksjoner i nettet kunne vært mer relevant å undersøke enn tillegg, men er ikke gjort. Variasjon i reguleringer (bompenger, parkeringsregler og prising, soner med begrensede kjøremuligheter) er derimot med i studien. (Ytre ringvei har bompenger slik byutredningen antok de ville bli: 22 2016-kroner for lette kjøretøy.)

Figuren nedenfor viser sammenhengene mellom scenariene og stikkord for hovedtiltakene som skiller et scenario fra sin forløper. Scenario 1 er nullalternativ 2030 tatt fra byutredningen, scenario 2 er «BMA-grunnlaget»² fra byutredningen, og scenario 3 er BMA-grunnlaget pluss tilleggstiltak for nullvekst slik byutredningen beskriver det. Scenario 4 legger to middels kraftige tiltak til scenario 1. Scenario 5 til 7 legger hver sin kombinasjon av sterkere eller andre tiltak til scenario 4. Scenario 4 til 7 har i liten grad restriksjoner for personbilbruk utenfor sentrale strøk, mens tiltakene sentralt (innenfor nåværende bomring) er til dels sterke.

Transportarbeid for alle scenarier står i tabell i [Oppsummering scenarier](#).

1. Begrepet «nullutslippskjøretøy» brukes i den vanlige betydningen ingen lokale utslipp, selv om livssyklus-analyse viser betydelige utslipp av klimagasser.

2. BMA står for bymiljøavtale, en avtaletype mellom stat og region som er en forløper for byvekstavtaler.



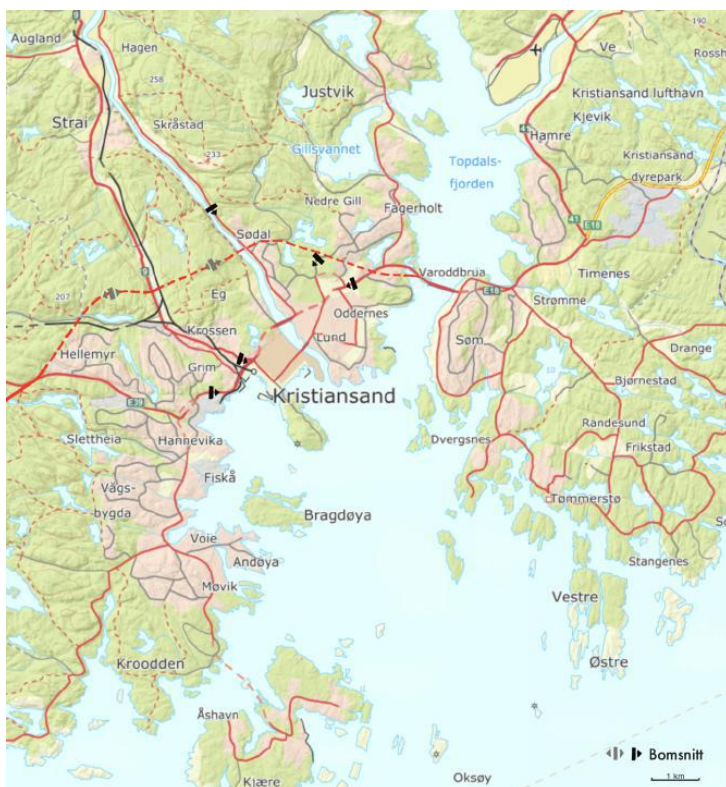
Utvalgte viktige tiltakssammenhenger mellom de sju scenariene

2.1. Scenario 1: nullalternativ 2030

Byutredningen har nullalternativet som én av sine 2030-tilstander, og beskriver den slik:

Alle veg- og baneprosjekter som har fått statlige midler i perioden 2018–2023 skal inkluderes i virkemiddelpakkene. Dette gjelder hele Nye Veier sin portefølje, inkludert Ytre ringveg, og prosjektet E18/E39 Gartnerløkka–Kolsdalen. Dagens bompengeordning, samt bompengeinnkreving på Nye Veier's prosjekt er inkludert. I oktober 2017 ble det innført ny pris- og sonestruktur for kollektivtrafikken i Agder, og denne ligger inne i Nullalternativ 2030. (ibid, s. 41)

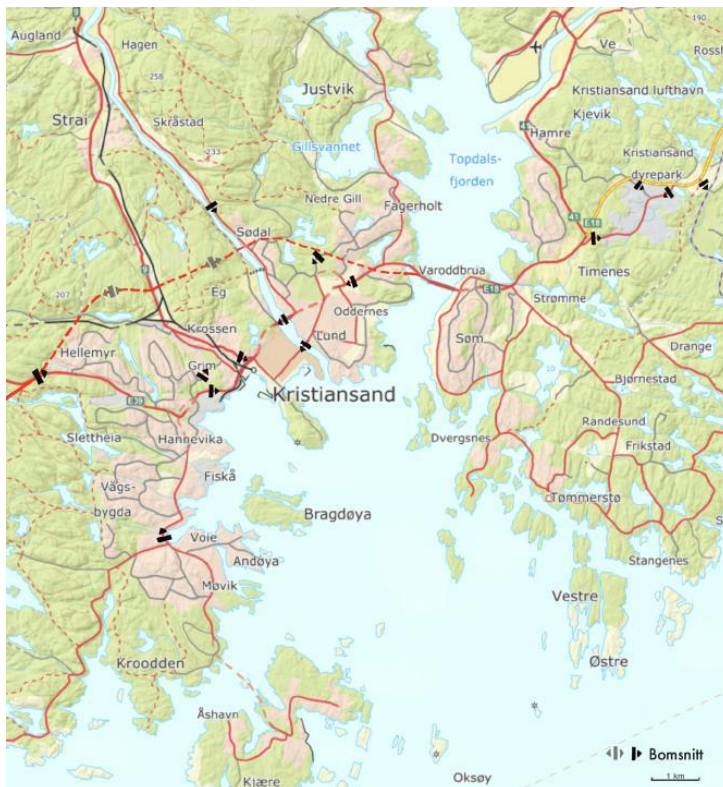
Alle bomsnitt har enveis betaling, og det er timesregel og rabattordninger.



Kartskisse for elementer i scenario 1 og 4

2.2. Scenario 2: BMA-grunnlaget

Denne tilstanden betegnes også som «KVU/Bypakke 2030» i byutredningen. Det inngår styrking av kollektivtilbud ifølge «Kollektivkonsept 2030» i Agder kollektivtrafikks strategiplan, noen kryssutbedringer, ny Havnegate, store tiltak for sykkel og gange, og endring i bomregime ifølge prinsippvedtak om flere bomstasjoner og 50% høyere takster. For kollektivtilbudet beskrives endringene slik: «Avgangshyppigheten på bortimot alle kollektivlinjer skal dobles sammenliknet med i dag, og standarden skal heves. Det skal også opprettes noen nye linjer.»



Kartskisse for elementer i scenario 2 og 3

2.3. Scenario 3: BMA-grunnlaget pluss virkemiddelpakke 2

Byutredningen gjør beregninger av ulike tilleggspakker av tiltak ut over BMA-grunnlaget. Virkemiddelpakke 2 foreskrives i to varianter, der den mest omfattende varianten trengs for å nå nullvekstmålet i avtaleområdet. Denne pakken består av 30% reduksjon i kollektivtakster, økning i bomtakster til 42 kr utenom rush og 64 kr i rush, og økning av parkeringstakster i Kvadraturen. Utredningen sier også: «For å kompensere for at det pr. i dag ikke er mulig å pålegge private å avgiftsbelegge parkeringsplasser er det lagt til grunn at ordningen med timesregel ikke gjelder for bomsnittene rundt Sørlandsparken. Det betyr at bilistene må betale både når de passerer bomsnittene rundt Kvadraturen og når de passerer bomsnittene ved Sørlandsparken, selv om passeringene skjer innenfor en time.»

Kartskissen vist for scenario 2 gjelder også dette scenariet.

2.4. Scenario 4: bomtakster, innfartsparkeringer

Dette scenariet bygger på nullalternativ 2030 (scenario 1), og tar inn to virkemidler: 50% høyere bompengetakster i de eksisterende fem bommene rundt sentrum (enveis innkreving, ingen nye bommer) og ca. 1000 P-plasser i innfartsparkeringer.

Innfartsparkeringer av mindre størrelse (inntil ca. 100 P-plasser i hver) er anlagt i knutepunkter der god betjening med buss finnes, og med gjennomsnittlig avstand fra sentrum 10 km (men uten at konkrete steder er fastlagt i studien). Prising i bommer og for parkering er forutsatt satt for å gi et ekstra insitament til bruk av nullutslippskjøretøy.

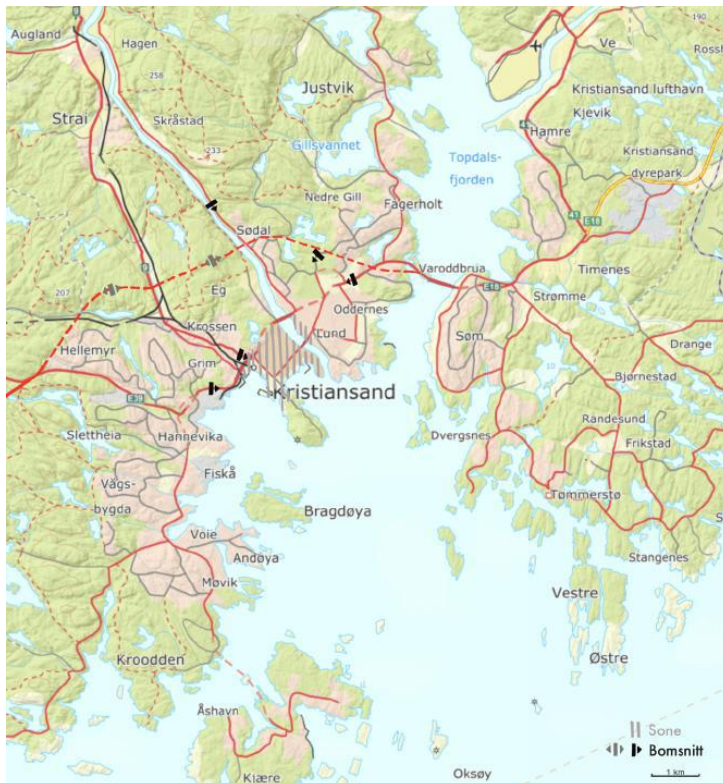
Kollektivtilbudet er forbedret slik at det holder tritt med befolkningsutviklingen, med takster som ikke endres i pengeverdi, men det er ikke gjort utvidelse av rutenett eller frekvenser. I stedet legger kollektivtransporten mer ressurser i å bruke nullutslippsteknologier.

Kartskissen vist for scenario 1 gjelder også dette scenariet.

2.5. Scenario 5: parkeringsrestriksjoner i sentrum

Dette scenariet tar scenario 4 som utgangspunkt og legger på flere restriksjoner. Parkeringsreguleringene i sentrum er skjerpet. Større dimensjonerte anlegg for innfartsparkering er anlagt i knutepunkter der god betjening av kollektivtrafikk finnes. Takster for parkeringer og kollektivbruk er koordinert i Mobility-as-a-Service-system (MaaS) slik at det er tilstrekkelig insitament til å benytte innfartsparkeringene. MaaS-effektene er regnet inn i de endringene som parkeringsrestriksjoner og innfartsparkeringer gir.

Kartskisse med bommer og sentrumssone er vist nedenfor.



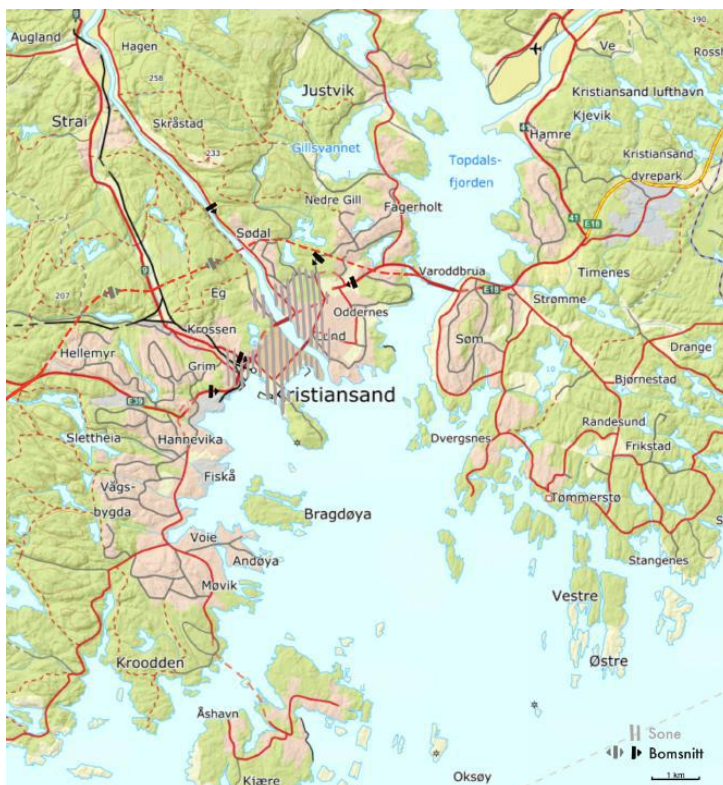
Kartskisse for elementer i scenario 5

2.6. Scenario 6: nye kjøretøytyper

Scenariet tar utgangspunkt i scenario 4, med justeringer for raskere teknologisk utvikling de nærmeste årene enn det er vanlig å legge til grunn. Nye kjøretøytyper som mikrobiler og elsykler i ulike former er tatt i utbredt bruk, også uten ekstra stimuli, fordi de tilbyr bedre kost-nytte-forhold for mange brukere enn tradisjonelle kjøretøy. I sammenheng med det antas overgang til fornybare energikilder i transportmidlene å være kommet enda lenger enn i andre scenarier. Det er innført begrensninger for både kjøring og parkering med personbiler i sentrumsone (med unntak for sentrumbeboeres kjøring og parkering), begrunnet i at andelen kjøretøy som tar mindre plass er så stor at ulempene ved å utelukke de større er akseptable, at mindre kjøretøystørrelser gjør at kapasiteten både på veier og til parkering blir bedre, og at de nye kjøretøytypene uten unntak er elektrifiserte.

I deler av kollektivnettet med lavt belegg er fullstørrelse busser byttet ut med autonome elektriske minibusser som kjører på tilkalling, med kjøring inn til lokale sentra som også er knutepunkter for ordinær bussdekning. Bestilling av og betaling for bruk av transportmidler gjøres i integrert MaaS-system, der også bruk av private kjøretøy til innfartsparkeringer dekkes (betaling for parkering og bruk av buss med mulighet for pris-insentiver). MaaS-effekter er estimert inn i de øvrige anslåtte endringene.

Kartskisse nedenfor viser dette scenariets viktigste elementer.



Kartskisse for elementer i scenario 6

2.7. Scenario 7: store innfartsparkeringer

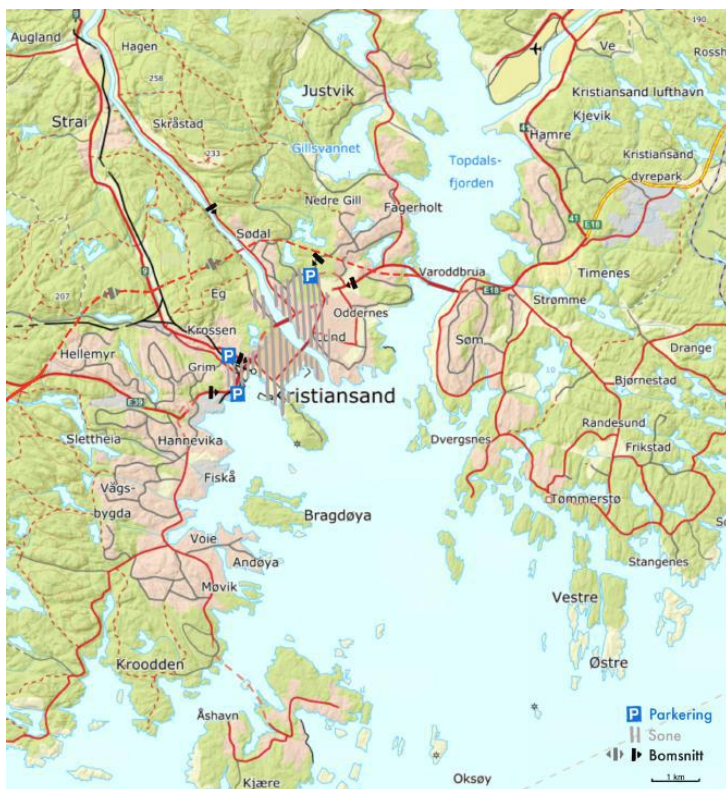
Dette scenariet er en annen videreutvikling av scenario 4 enn scenario 5 og 6 er. Det forutsetter i likhet med scenario 6 en teknologisk utvikling for mikrobiler og minibusser, men vekten er mindre på mikrokjøretøy og mer på autonome minibusser. Det er lagt til to store og en mellomstor innfartsparkering nært sentrum, mens bomsnitt er som i scenario 4. Innfartsparkeringene er kombinert med tilbud om kollektivtransport i autonome nullutslipps-minibusser i sentrumssonen innenfor dem. I sentrum innenfor innfartsparkeringene er det nullutslippssone, og begrenset med parkering for biler i personbilstørrelse, med delvis unntak for korttids- og beboerparkering.

All transport og parkering dekkes av Mobility-as-a-Service-system (MaaS), med integrering av det man ønsker å kjøre og parkere med eget kjøretøy. Takstsystemet er slik at kombinert bruk av privatbil til innfartsparkering (også gjennom én bom) og kollektivløsning sentralt blir gunstig å velge. Innfartsparkering i seg selv er et insitament til samkjøring, ved at den sentrumsnære delen av reisene ikke trenger koordinering av de samkjørende, bare den perifere. Samkjøring både til innfartsparkering og til sentrum generelt stimuleres i tillegg med takstsystemet, blant annet ved at prisen for innfartsparkering inkluderer minibussbruk i sentrum for alle bilpassasjerer i parkeringstiden. MaaS-systemet stimulerer dessuten til bruk av mikrobiler inn til innfartsparkeringene ved hjelp av prising og tilrettelegging av parkeringskapasiteten.

Bruk av el(sparke)sykler er også estimert, parallelt med slik de er inne i scenario 6.

Innfartsparkeringene er plassert slik at de fanger personbiltrafikk før den kommer til de reelt trengselsutsatte strekningene på E18, E39 og i sentrum, og er lette å nå fra hovedveiene. De to store innfartsparkeringene, i øst og vest, er plassert slik at de kan kombineres med dekning av parkeringsbehov for Universitetet i Agder henholdsvis ferjetrafikken. Scenariet kan belyse om totalbildet av trafikk og utslipp kan være tjent med dem, til tross for utredninger som ikke anbefaler slike innfartsparkeringer.

Kartskisse for scenariet er vist nedenfor.



Kartskisse for elementer i scenario 7

2.8. Oppsummering scenarier

Tabellen nedenfor gir en oversikt over nøkkelegenskaper ved alle sju scenariene, slik de er beskrevet i det foregående. Veinett er som sagt i hovedsak det samme. Alle bomsnitt (unntatt Ytre ringvei) er med enveis betaling, inn mot sentrum henholdsvis Sørlandsparken/IKEA. Alle bommer har timesregel, med unntak for bommer rundt Sørlandsparken og IKEA i scenario 3.

Oversikt scenarier

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
Kollektivtilbud generelt		doblet	doblet*				
Kollektivtilbud perifert						minibuss	
Kollektivtilbud sentralt							mye
Bro over Otra ved Eg		ja	ja				
Innfartsparkering distribuert	noe	noe	noe	noe	mer	mye	noe
Innfartsparkering sentralt							3
Parkeringsrestriksjoner	noe	noe	mye	noe	mye	mye	mye
Kjørestriksjoner						ja**	ja**
Bomsnitt [antall]	5	13	13	5	5	5	5
Bompris personbil [†] rush	21	32	64	32	32 ^{††}	32 ^{††}	32 ^{††}
Bompris personbil [†] ellers	14	21	42	21	21 ^{††}	21 ^{††}	21 ^{††}
MaaS ^{††}					noe	mye	mye

* og 30 % lavere takster

** i Kvadraturen og deler av omkringliggende strøk

† fullpris fossilbil før rabatter

†† takstsystem håndterer bomplassering, innfartsparkering og bruk av kollektivmidler samlet

Transportarbeid slik det er vist for hvert scenario i det foregående, er oppsummert i tabell nedenfor. Scenario «2016» er byutredningens 2016-situasjon.

Oversikt scenariers transportarbeid (tall i 1000 pkm/dag)

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
Busspassasjer	720	960	1 080	1 220	991	1 110	1 009	995
Minibusspassasjer							59	106
Bilfører	2 300	2 820	2 590	2 320	2 615	2 343	2 293	2 399
Bilpassasjer	310	350	330	310	329	378	358	348
Mikrobilfører							194	72
Elsparesyklist							20	18
Elsyklist							33	30
Syklist	140	140	150	160	141	151	129	123
Gående	140	150	150	150	152	159	138	123

Trafikkarbeid (kjøretøykilometer, kjtkm) regnes lik transportarbeid for mikrobil og alle former for sykkel. For personbil uttrykker «bilfører» også trafikkarbeidet. Trafikkarbeid for buss og minibuss er avhengig av passasjerbelegg, og tabellen nedenfor viser scenarienes verdier slik de er estimert.

Oversikt scenariers trafikkarbeid (tall i kjtkm/dag)

Scenario	2016	1	2	3	4	5	6	7
Buss	51 429	68 571	137 143	137 143	75 429	75 429	71 657	67 886
Minibuss							11 800	21 200

Tabellene nedenfor viser utvalgte egenskaper ved scenariene, satt opp for momenter som de bedømmes på for oppnåelse av overordnede mål i NTP. Noen av cellene viser vurderinger det kan være uenighet om. Tabellene er laget som innspill til respondentenes

arbeid, den enkelte respondent er forventet å gjøre sine egne vurderinger, uansett om de stemmer eller ikke stemmer med hva tabellene her viser.

Innspill til bedømmelse av scenariers egenskaper innen effektivitet

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
mer for pengene		dyrt å drive busstilbud	dyrere å drive busstilbud				dyrt busstilbud sentralt
effektiv bruk av ny teknologi	ingen spesielle tiltak	ingen spesielle tiltak	ingen spesielle tiltak	ingen spesielle tiltak	noe MaaS	MaaS, kjøretøy	MaaS, kjøretøy
enklere reisehverdag		noe krevende for mange	krevende for mange	noe krevende for mange	noe krevende for mange	både og, enklere for noen	både og, enklere for flere
økt konkurransevne for næringslivet	mye kø	noe kø	dyre bommer, mindre kø	noe kø	mindre kø	mindre kø	mindre kø
budsjettvirkning for det offentlige* (relativt til scenario 1)		overskudd 2,5 mrd	overskudd 14 mrd	omtrent som scenario 2	omtrent som scenario 2	overskudd mindre enn scenario 2	overskudd mindre enn scenario 2
skattekostnader (inkl. bompenger)	ganske lave	ganske høye	høye	ganske høye	ganske høye	ganske høye	ganske høye

* for scenario 2 og 3 nåverdi ifølge byutredning s. 82

Innspill til bedømmelse av scenariers egenskaper innen miljøvennlighet

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål*	estimert gj.snitt ca. 73%	estimert gj.snitt ca. 69%	estimert gj.snitt ca. 71%	estimert gj.snitt ca. 80%	estimert gj.snitt ca. 76%	estimert gj.snitt ca. 79%	estimert gj.snitt ca. 79%
friluftsliv / by- og bygdeliv		bedre for sentrum	bedre for sentrum		bedre for sentrum	bedre for periferi	mye bedre for sentrum
støy og luftforurensning	mest trafikk	mye buss, mye støy	mye buss, mye støy		mer elektrifisert	mer elektrifisert	mer elektrifisert
kulturarv	det er ikke nevneverdig forskjell på scenariene						
landskapsbilde	det er ikke nevneverdig forskjell på scenariene						store innfarts-P
naturmangfold	det er ikke nevneverdig forskjell på scenariene						
naturressurser	det er ikke nevneverdig forskjell på scenariene						

* % reduksjon av CO2e-utslipp i Norge fra 1990-nivå

Innspill til bedømmelse av scenariers egenskaper innen trygghet

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
nullvisjon for drepte og hardt skadde; ulykker	mest trafikk						minst bytrafikk
helsevirkninger							mindre sykkel og gange
levestandard	lave priser, mest kø	mellom	dyrt, tidkrevende	mellom	krevende P-regler	både og	bedre for mange

