



Rapport 2024/07 | For Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet



Metier

A TETRA TECH COMPANY

Kvalitetssikring av KVV Green

Statens prosjektmodell – Rapport nummer f005a

1. mars 2024

Orvika Rosnes, Tor Homleid, Herman Ringdal, Julie Amlie, Leander Grøttum, Jonas Jønsberg Lie, Kristoffer Voss Sanner og Vegard Østli

Dokumentdetaljer

Tittel	Kvalitetssikring av KVV Green
Rapportnummer	Rapport 2024/07
Forfattere	Orvika Rosnes, Tor Homleid, Herman Ringdal, Julie Amlie, Leander Grøttum, Jonas Jønsberg Lie, Kristoffer Voss Sanner og Vegard Østli
ISBN	978-82-8126-669-8
Prosjektnummer	23-ORO-25
Prosjektleder	Orvika Rosnes
Kvalitetssikrer	Ingeborg Rasmussen
Oppdragsgiver	Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet
Dato for ferdigstilling	1. mars 2024
Kilde forsidefoto	Kabelleger / David Gubler – Godstog på Saltfjellet (Lønsdal-Bolna), via: https://no.wikipedia.org/wiki/Nordlandsbanen#/media/Fil:CargoNet_Di_12_Euro_4000_Lønsdal_-_Bolna.jpg
Tilgjengelighet	Offentlig
Nøkkelord	Kvalitetssikring, samfunnsøkonomisk analyse, samferdsel, klima

Om Metier og Vista Analyse

Metier AS er en totalleverandør innen prosjektledelse og -styring. Metier har et meget høyt prosjektfaglig kompetanse- og erfaringsnivå, relatert til alle faser av prosjektutvikling. Metier leverer tjenester til de fleste bransjer, med særlig fotfeste innen IKT, samferdsel, bygg, energi, industri, helse og forsvar.

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk utredning, evaluering, rådgivning og forskning. Vista Analyse utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Vista Analyses sentrale temaområder er klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd. Vista Analyse er vinner av Evalueringsprisen 2018.

Metier og Vista Analyse utfører kvalitetssikring innen IKT, samferdsel, forsvar, kultur, justis og andre sektorer. Vi bistår også i å utarbeide konseptvalgutredninger, usikkerhetsanalyse, samfunnsøkonomisk analyse og andre analyser som støtter opp under og kvalitetssikrer prosjektutvikling.

Om kvalitetssikring (KS1)

Regjeringen har vedtatt at forslag om store statlige investeringsprosjekter skal utredes i henhold til Statens prosjektmodell. Når konseptvalgutredningen (KVV) foreligger skal denne kvalitetssikres (KS1) før regjeringen tar beslutningen om det skal gjennomføres tiltak og hvilket konsept som eventuelt skal legges til grunn for videre planlegging i forprosjektet. I KS1 skal det kontrolleres om de angitte alternativene er relevante og gyldige med tanke på problem, behov, mål, rammebetingelser og utnyttelse av mulighetsrommet. Kvalitetssikrer skal gjennomføre en egen usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomisk analyse, og gi sin tilrådning om beslutningsstrategi. Kvalitetssikrer skal rangere alternativene og gi råd om føringer for forprosjektfasen.

Forord

Jernbanedirektoratet har utarbeidet konseptvalgutredning (KVU) om hvordan man kan redusere klimagassutslipp fra jernbanen i Norge: KVV Green. KVV-en ble levert til kvalitetssikrer 29. september 2023 (versjon 1), og en rettet versjon (versjon 2) 5. oktober 2023.

Vi har kvalitetssikret (KS1) KVV Green i henhold til Statens prosjektmodell. Arbeidet har blitt gjennomført i perioden 29. september 2023 – 29. februar 2024. Det ble gitt en presentasjon av foreløpige resultater til oppdragsgiveren (Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet) 8. januar 2024.

Prosjektgruppen har bestått av medarbeidere i Vista Analyse og Metier. Orvika Rosnes (Vista Analyse) har vært oppdragsleder. Tor Homleid, Herman Ringdal, Jonas Jønsberg Lie, Vegard Østli og Haakon Vennemo fra Vista Analyse har hatt ansvaret for de samfunnsøkonomiske beregningene, mens Julie Amlie, Kristoffer Voss Sanner, Leander Grøttum og Øyvinn Høie har hatt ansvaret for kostnadsestimering og usikkerhetsanalyse. Ingeborg Rasmussen (Vista Analyse) har vært prosjektets interne kvalitetssikrer.

Stephen Oommen har vært kontaktperson og bindeledd mot KVV-teamet i Jernbanedirektoratet. Vi takker ham og andre i Jernbanedirektoratet for å ha bidratt med nødvendig dokumentasjon og avklaringer og gode tilbakemeldinger. Vi takker også deltakere på usikkerhetsseminaret for nyttige innspill.

Marit Østensen og Julie Christine With har vært oppdragsgiverens kontaktpersoner i hhv. Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet. Vi takker for oppdraget, gode møter og konstruktive innspill underveis.

1. mars 2024

Orvika Rosnes

Partner

Vista Analyse AS/ Metier AS

Begreper og forkortelser

Avansert biodrivstoff	«Avanserte biodrivstoff framstilles i hovedsak av rester og avfall fra næringsmiddelindustri, landbruk eller skogbruk og kommer fra råstoff som ikke kan utnyttes som mat eller dyrefôr. Dette kalles av andre også andre generasjons biodrivstoff.» (Miljødirektoratet, 2023a)
Bimodal *	Kjøretøy (lokomotiv, motorvognsett) med to alternative løsninger for energiforsyning til kjøretøyets motor.
Biodiesel	Betegnelse som brukes om diesel som består delvis eller fullt av biodrivstoff. I denne rapporten brukes betegnelsen om ren biodiesel, kjent som B100, hvor tallet indikerer andelen biodrivstoff.
Biodrivstoff	Flytende eller gassformig brensel til transport som er produsert av biomasse
Brenselcelle	«En brenselcelle er en enhet som konverterer kjemisk energi til elektrisitet. I motsetning til ett batteri må stoffet som inneholder kjemisk energi tilføres brenselcellen kontinuerlig.» (KVU Vedlegg 7)
Delelektrifisering	«Delelektrifisering av en strekning innebærer at det etableres kontaktledningsanlegg for forsyning av strøm til togene på noen partier, mens andre deler av strekningen ikke mates strøm til togene. På lengre strekninger/baner veksler det gjerne mellom elektrifisert og ikke-elektrifiserte parseller.» (KVU Vedlegg 7)
E-fuel	Drivstoff for forbrenningsmotor basert på hydrogen.
El-motor	Motor som omdanner elektrisk energi til bevegelsesenergi.
Fjerntog	«Lange reiser mellom storbyregionene og til regioner utenfor storbyregionene. Stopper på knutepunkter innad i byområdene, ofte fullstoppende utenfor.» (KVU Vedlegg 7)
Forbrenningsmotor	Motor som omdanner kjemisk energi (diesel, biodrivstoff, e-fuel) til bevegelsesenergi eller elektrisk energi.
Fyllestasjon	«En fyllestasjon er et anlegg /et sted der kjøretøy kan fylle drivstoff. Fyllestasjoner tilbyr ulike typer drivstoff, som bensin, diesel, elektrisitet (for elektriske kjøretøy), hydrogen og andre alternative drivstofftyper.» (KVU Vedlegg 7)
Hybrid *	En løsning for energiforsyning til kjøretøyets motor som benytter to ulike energibærere, f.eks. batteri og diesel.
Hydrogendepot	«Hydrogenfyllestasjon inkludert alle tekniske installasjoner og nødvendig adkomst for både vei- og jernbanetraffikk.» (KVU Vedlegg 7)
Kontaktledning (KL)	«Elektrisk strømførende ledning over jernbanesporet, som forsyner kjøretøyene med elektrisk energi» (KVU Vedlegg 7)
Konvensjonelt biodrivstoff	«Konvensjonelle biodrivstoff fremstilles av råstoff som også kan brukes til å produsere mat eller dyrefôr (landbruksvekster). Dette kalles av noen også første generasjons biodrivstoff.» (Miljødirektoratet, 2023a)
Lokomotiv	«Skinnegående trekraftenhet hvis oppgave kun er å trekke jernbanevogner og derfor ikke har plass til reisende eller gods.» (KVU Vedlegg 7). Forkortes ofte 'lok'.
Omsetningskrav for biodrivstoff	Krav regulert i Produktforskriften til omsettere av drivstoff i Norge om innblanding av biodrivstoff i fossilt drivstoff. Kravet til omsetterne innebærer at minst 10 % av volumet av flytende drivstoff som selges til andre formål enn veitrafikk, luftfart og fartøy skal bestå av avansert biodrivstoff. Egne krav for veitrafikken, luftfart og sjøfart.
Passasjerkm	Passasjerkilometer. En passasjer fraktet i én kilometer.
Regiontog	«Kjører mellom stasjoner i storbyens omland og stasjoner innenfor storbyregionen, med vekt på pendling til og fra storbyen. Stopper på knutepunkter i sentrum og forstad, fullstoppende i omland. Regionekspresstog kalles også Intercity.» (KVU Vedlegg 7)
Regiontog i distrikt (RD)	«Transport i regioner utenfor storbyregionene. Fullstoppende. Begrepet brukes kun i strategisk planlegging, og markedsføres som regiontog overfor kundene.» (KVU Vedlegg 7)

Settkm	Settkilometer. Et togsett fraktet i én kilometer.
TLR	Technology Readiness Level. Skala for å måle teknologimodenhet.
Tog	Trekkraftkjøretøy med eller uten tilkoblede vogner eller faste togsett med motorvogn og vogner.
Tonnkm	Tonnkilometer. Ett tonn gods fraktet i én kilometer.
Type 76	«Bimodale motorvognsett (diesel-kontaktledning) som er 113 meter lange. Benyttes til regiontogtilbudet Melhus-Trondheim-Steinkjer (Trønderbanen). Er av typen FLIRT, og svært like type 74 og 75 som betjener det meste av regiontrafikken på Østlandet, samt Vossebanen.» (KVV Vedlegg 7)
Type 93	«To-vogns motorvognsett med diesel. Er 38 meter lange. Benyttes til regiontog i distrikt-tilbudet på Rørosbanen, Raumabanen, Saltenpendelen og Bodø-Mosjøen.» (KVV Vedlegg 7)

* Merk at 'bimodal' og 'hybrid' defineres annerledes i KVV. Begrepet 'bimodal' er i KVV avgrenset til bimodale kjøretøy med kontaktledning og diesel som energibærere. Andre kombinasjoner (hydrogen + batteri/kontaktledning, batteri/kontaktledning) betegnes i KVV som 'hybrider'. Med vår definisjon er kombinasjonen batteri/kontaktledning et bimodalt kjøretøy mens kombinasjonen hydrogen+batteri/kontaktledning er et bimodalt kjøretøy hvor ett av to mode (hydrogen+batteri) defineres som en hybrid energiforsyning.

Superside

Generelle opplysninger		
KVV	Navn: KVV Green	Dato: 12.09.2023 (revidert 03.10.2023)
Kvalitetssikringen	Kvalitetssikrer: Vista Analyse og Metier	Dato: 01.03.2024
Prosjektinformasjon	Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet	Prosjekttype: Samferdsel, klima
Basis for analysen	Prosjektfase: Kvalitetssikring av konseptvalg	Prisnivå (måned, år): 2023
Tema/Sak		
	KVV:	Merknad fra kvalitetssikrer:
Problem som skal løses	KVV: Klimagassutslipp fra jernbanen er forventet å øke, mens Norge skal kutte sine utslipp.	Merknad fra kvalitetssikrer: Klimagassutslippene fra jernbanen utgjør en forsvinnende liten andel av samlede norske utslipp og av utslippene fra transportsektoren som helhet.
Behovsanalyse	KVV-ens viktigste behov: «Samfunnet har behov for at jernbanesektoren bidrar til at Norges forpliktelser til å redusere klimagassutslipp nås»	Merknad fra kvalitetssikrer: Prosjektutløsende behovet må være knyttet til behovet for å redusere utslipp slik at Norge skal overholde sine forpliktelser innen klimapolitikk, og følge prinsippet om kostnadseffektivitet. Vi legger til grunn følgende prosjektutløsende behov: «Samfunnet har behov for at jernbanesektoren bidrar til at Norges forpliktelser til å redusere klimagassutslipp nås på en kostnadseffektiv måte.»
Samfunns mål	KVV: «Reduserte klimagassutslipp fra jernbanen»	Merknad fra kvalitetssikrer: Vi legger til grunn samfunns målet som: «Jernbanen skal støtte opp under en kostnadseffektiv klimapolitikk.»
Effekt mål	KVV: Effekt målene er i prioritert rekkefølge: <ol style="list-style-type: none"> Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres med minst 55 % innen 2030 Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres med 90-95 % innen 2050 Energiløsninger for jernbanen gir mer effektiv bruk av samfunnets samlede ressurser Togtilbudets attraktivitet ivaretas uavhengig av valgte klimavennlige løsninger 	Merknad fra kvalitetssikrer: Det er lite sannsynlig at noen av konseptene vil kunne redusere utslipp innen 2030, og et forhastet valg om teknologi kan være suboptimalt på lengre sikt. Det bør være tilstrekkelig med ett effekt mål for denne konseptvalgutredningen. Vi anbefaler å se bort fra effekt målene 1, 3 og 4, og står igjen med en variant av effekt mål 2 i KVV: «Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres kostnadseffektivt innen 2050.»
Konseptvalg		
	KVV	KS1
Oversikt over konsepter og samfunnsøkonomisk lønnsomhet ¹	Konsept 1 Ikke-fossil diesel Forventet investering: Ikke beregnet Prissatte virkninger NNV: Ikke beregnet Viktige ikke-prissatte virkninger: Ikke vurdert Viktige forutsetninger: Forutsatt ingen måloppnåelse	Konsept 1 Biodiesel Forventet investering: 8 608 mill. kr Nordlandsbanen: 6 021 mill. kr Røros- og Solørbanen: 1 943 mill. kr Raumabanen: 646 mill. kr Prissatte virkninger NNV: Nordlandsbanen: -3 100 mill. kr Røros- og Solørbanen: -900 mill. kr Raumabanen: -100 mill. kr Viktige ikke-prissatte virkninger: Ingen vesentlige virkninger. Viktige forutsetninger: <ul style="list-style-type: none"> 75 års levetid og 40 års analyseperiode Biodieselpris: 25,20 kr/liter (100% HVO) 100 % klimaeffekt

	<p>Konsept 2a Hydrogen</p> <p>Forventet investering: 4 098 mill. kr Nordlandsbanen: 2 369 mill. kr Røros- og Solørbanen: 1 286 mill. kr Raumabanen: 443 mill. kr</p> <p>Prissatte virkninger NNV: - 13 606 mill. kr Nordlandsbanen: - 7 472 mill. kr Røros- og Solørbanen: - 5 134 mill. kr Raumabanen: - 1 000 mill. kr</p> <p>Viktige ikke-prissatte virkninger: Rangert nest dårligst etter ikke-prissatte virkninger på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen (foran K2b), best på Raumabanen. Negativ påvirkning på sikkerhet i byområder.</p> <p>Viktige forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 års levetid og analyseperiode • 55 øre/kWh levert til elektrolyse lokalt (180 øre/kWh levert på togets tank – ca. 59 kr/kg hydrogen) 	<p>Konsept 2 Hydrogen</p> <p>Forventet investering: 21 189 mill. kr Nordlandsbanen: 14 970 mill. kr Røros- og Solørbanen: 4 911 mill. kr Raumabanen: 1 321 mill. kr</p> <p>Prissatte virkninger NNV: Nordlandsbanen: -9 400 mill. kr Røros- og Solørbanen: -4 100 mill. kr Raumabanen: -900 mill. kr</p> <p>Viktige ikke-prissatte virkninger: Ingen vesentlige virkninger.</p> <p>Viktige forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 års levetid og 40 års analyseperiode • 70 øre/kWh i 2033 og 50 øre/kWh fra 2040 for elektrisitet. Nettleie på 20 øre/kWh kommer i tillegg.
	<p>Konsept 2b Hydrogen med deelektrifisering</p> <p>Forventet investering: 8 431 mill. kr Nordlandsbanen: 4 681 mill. kr Røros- og Solørbanen: 2 472 mill. kr Raumabanen: 1 279 mill. kr</p> <p>Prissatte virkninger NNV: - 16 050 mill. kr Nordlandsbanen: - 8 125 mill. kr Røros- og Solørbanen: - 6 097 mill. kr Raumabanen: -1 828 mill. kr</p> <p>Viktige ikke-prissatte virkninger: Rangert dårligst etter ikke-prissatte virkninger på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen, nest dårligst på Raumabanen. Negativ påvirkning på sikkerhet i byområder.</p> <p>Viktige forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 års levetid og analyseperiode • 55 øre/kWh levert til elektrolyse lokalt (180 øre/kWh levert på togets tank – ca. 59 kr/kg hydrogen) • 55 øre/kWh for kraft levert pantograf, 0 øre/kWh nettleie 	<p>Konsept 2b Hydrogen med deelektrifisering silt ut pga. systematisk høyere kostnader og lavere netto nytte enn K2a Hydrogen.</p>
	<p>Konsept 3 Batteri (med deelektrifisering)</p> <p>Forventet investering: 12 998 mill. kr Nordlandsbanen: 6 486 mill. kr Røros- og Solørbanen: 5 391 mill. kr Raumabanen: 1 121 mill. kr</p> <p>Prissatte virkninger NNV: -10 551 mill. kr Nordlandsbanen: - 2 849 mill. kr Røros- og Solørbanen: - 6 214 mill. kr Raumabanen: - 1 488 mill. kr</p> <p>Viktige ikke-prissatte virkninger: Rangert best etter ikke-prissatte virkninger på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen, nest best på Raumabanen. Positiv påvirkning på pålitelighet.</p> <p>Viktige forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 års levetid og analyseperiode • 55 øre/kWh for kraft levert pantograf, 0 øre/kWh nettleie 	<p>Konsept 3 Batteri (med deelektrifisering)</p> <p>Forventet investering: 22 600 mill. kr Nordlandsbanen: 13 632 mill. kr Røros- og Solørbanen: 7 174 mill. kr Raumabanen: 1 767 mill. kr</p> <p>Prissatte virkninger NNV: Nordlandsbanen: - 1 400 mill. kr Røros- og Solørbanen: - 4 100 mill. kr Raumabanen: - 1 000 mill. kr</p> <p>Viktige ikke-prissatte virkninger: Ingen vesentlige virkninger.</p> <p>Viktige forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 års levetid og 40 års analyseperiode • 70 øre/kWh i 2033 og 50 øre/kWh fra 2040 for elektrisitet. Nettleie på 20 øre/kWh kommer i tillegg.

	<p>Konsept 4 Elektrifisering Forventet investering: 32 544 mill. kr Nordlandsbanen: 21 312 mill. kr Røros- og Solørbanen: 8 635 mill. kr Raumabanen: 2 597 mill. kr</p> <p>Prissatte virkninger NNV: - 15 526 mill. kr Nordlandsbanen: - 8 416 mill. kr Røros- og Solørbanen: - 5 065 mill. kr Raumabanen: - 2 045 mill. kr</p> <p>Viktige ikke-prissatte virkninger: Rangert nest best etter ikke-prissatte virkninger på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen, dårligst på Raumabanen. Positiv påvirkning på pålitelighet.</p> <p>Viktige forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 års levetid og analyseperiode • 55 øre/kWh for kraft levert pantograf, 0 øre/kWh nettleie 	<p>Konsept 4 Elektrifisering Forventet investering: Nordlandsbanen: 25 774 mill. kr Røros- og Solørbanen: 9 994 mill. kr Raumabanen: 3 028 mill. kr</p> <p>Prissatte virkninger NNV: Nordlandsbanen: - 10 100 mill. kr Røros- og Solørbanen: - 6 500 mill. kr Raumabanen: - 2 100 mill. kr</p> <p>Viktige ikke-prissatte virkninger: Ingen vesentlige virkninger.</p> <p>Viktige forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 års levetid og 40 års analyseperiode • 70 øre/kWh i 2033 og 50 øre/kWh fra 2040 for elektrisitet. Nettleie på 20 øre/kWh kommer i tillegg.
	<p>Usikkerhet om konseptene: Det er generelt stor usikkerhet i konseptene. K2 Hydrogen og K3 Batteri har størst usikkerhet. K4 Elektrifisering har mindre usikkerhet da det er en moden og utprøvd teknologi, men det er usikkerhet i kostnadsestimaterne som følge av hvor mange tunneler og broer som må tilpasses. Nullalternativet har usikkerhet knyttet til fremtidig tilgjengelighet av kjøretøy.</p>	<p>Usikkerhet om konseptene: Vår vurdering er at usikkerhetsspenningen i KVV er undervurdert. Vår usikkerhetsanalyse finner betydelig større usikkerhet knyttet til konseptene. K2 Hydrogen og K3 Batteri har en stor usikkerhet. K2 Hydrogen har forventet kostnadsøkning ifht. basisestimatet, mens K3 Batteri har en forventet oppside som i hovedsak skyldes teknologisk utvikling i form av kostnadsreduksjon eller ytelse. K4 Elektrifisering er moderat med hensyn til teknologi, men har likevel en del usikkerhet knyttet til omfanget av tilretteleggingstiltak (tunneler og bruer).</p>
	<p>Anbefalt konsept KVV: Nordlandsbanen: K3 Batteri. KVV anbefaler å prioritere strekningene Stjørdal–Steinkjer og malmtogstrekningen Ørtfjell–Mo i Rana før tiltak på resten av banestrekningen.</p> <p>Røros- og Solørbanen: K4 Elektrifisering. KVV anbefaler videre optimalisering for å redusere kostnader og øke klimagevinsten, for deretter å vurdere nærmere hvordan tiltaket bør prioriteres opp mot andre tiltak.</p> <p>Raumabanen: KVV anbefaler at samfunnet prioriterer andre tiltak før bytte av energibærer på Raumabanen, herunder bytte av energibærer på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen.</p>	<p>Anbefalt konsept KS1: Elektrifisering av delstrekningen Stjørdal–Steinkjer er samfunnsøkonomisk lønnsomt, og vi anbefaler at elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer blir videreført til forprosjektfase.</p> <p>For resten av Nordlandsbanen (Steinkjer–Bodø) anbefaler vi at K3 Batteri med delelektrifisering utredes nærmere før endelig konseptvalg. Utredningen bør sees i sammenheng med kjøretøystrategien og søke å avklare hvilket ambisjonsnivå for teknologisk utvikling av batterikjøretøy utbyggingen skal tilpasses og riktig tidspunkt for gjennomføring.</p> <p>For Raumabanen og Røros- og Solørbanen anbefaler vi at K0 Fossil diesel videreføres i påvente av teknologisk utvikling. De andre konseptene er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomme og har høyere tiltakskostnader enn mange andre tiltak i samfunnet. Hvis det er viktig med raske utslippsreduksjoner kan man erstatte fossil diesel med biodiesel (K1).</p>
Føringer for forprosjekt		
<p>Tilråding om organisering og styring</p>	<p>Elektrifisering av delstrekningen Stjørdal–Steinkjer inngår ikke i K3 Batteri, men som en del av K4 Elektrifisering i KVV. Tiltaket er utredet på detaljplannivå i Bane NOR, gjennom prosjektet Elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen. Vår tilråding er at prosjektet videreføres til Bane NOR sin prosjektmodell, at Bane NOR oppdaterer grunnlaget i tråd med krav i Statens prosjektmodell før fremleggelse til KS2.</p>	
<p>Optimalisering av lønnsomhet og gevinstrealisering</p>	<p>Tidlig gjennomføring av tiltaket med ferdigstillelse innen 2032-2035 kan bidra til realisering av både økt samfunnsøkonomisk nytte, og gevinster utenfor selve investeringsprosjektet dersom man gjør endringer i kjøretøystrategi. I dag trafikkeres strekningen Stjørdal–Steinkjer av nye bi-modale tog. Prosjektet får noe høyere samfunnsøkonomisk nytte dersom man forutsetter bruk av elektriske tog som både er rimeligere i innkjøp og billigere i drift enn bi-modale tog. Dersom det er mulig å erstatte dagens dieselmateriell (type 93), med forventet endt levetid i 2032, med elektriske tog, kan de nye bi-modale togene benyttes på øvrige strekninger. En mulig oppside ved dette er at det ikke vil bli behov for å kjøpe inn nye fjernog på Røros- og Solørbanen slik Stortinget har vedtatt, noe som vil innebære en investering på ca. 2 mrd. kr.</p>	
<p>Oppfølging av kontraktsstrategi</p> <p>Anbefalt styringsmål²</p>	<p>Ikke omtalt i KVV. KS1 vurderer det mest hensiktsmessig at dette inngår i arbeidet med oppdatering av eksisterende grunnlag i Bane NOR, basert på erfaringer med prosjektet Elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen.</p> <p>Styringsmål bør fastsettes på bakgrunn av eksisterende plangrunnlag, tilgjengelig i Bane NOR. Resultatet av kvalitetssikrers usikkerhetsanalyse, som er gjennomført på konseptnivå, er ikke representative for tiltaket.</p>	

Alle beløp er angitt i millioner kroner.

¹ *Forventet investering er samfunnsøkonomisk investeringskostnad (neddiskontert forventet kostnad, ekskl. mva.)*

² *P50-estimatet for investeringskostnadene til anbefalt konsept og det oppgis inkl. mva. med angitt prisnivå.*

Innhold

Sammendrag.....	15
1 Innledning	27
1.1 Om oppdraget	27
1.2 Rapportens oppbygging	27
Vurdering av konseptvalgutredningen	29
2 Problembeskrivelse.....	30
2.1 Innholdet i KVV-en	30
2.2 Vår vurdering av problembeskrivelsen i KVV-en	32
3 Behovsanalyse.....	34
3.1 Innholdet i KVV-en	34
3.2 Innholdet i supplerende dokumenter	37
3.3 Vår vurdering av behovsanalysen i KVV-en	37
3.4 Våre innspill	38
4 Strategiske mål.....	40
4.1 Innholdet i KVV-en	40
4.2 Innholdet i supplerende dokumenter	42
4.3 Vår vurdering av strategiske mål i KVV-en	42
4.4 Våre innspill	47
5 Rammebetingelser.....	49
5.1 Innholdet i KVV-en	49
5.2 Innholdet i supplerende dokumenter	50
5.3 Vår vurdering av rammebetingelser i KVV-en	51
5.4 Våre innspill	52
6 Mulighetsstudie	53
6.1 Innholdet i KVV-en	53
6.2 Innholdet i supplerende dokumenter	57
6.3 Vår vurdering av mulighetsstudien i KVV-en	57
6.4 Våre innspill	59
Alternativanalysen i KVV-en	60
7 Alternativanalyse	61
7.1 Innholdet i KVV-en	61
7.2 Vår overordnede vurdering av alternativanalysen	64
7.3 Våre innspill	68
8 Kostnads- og usikkerhetsanalyse i KVV	69
8.1 Innholdet i KVV-en	69
8.2 Vår vurdering	70
9 Samfunnsøkonomisk analyse i KVV-en.....	73
9.1 Prissatte virkninger	73

9.2	Følsomhetsanalyser	76
9.3	Ikke-prissatte virkninger	77
9.4	Samlet vurdering av prissatte og ikke-prissatte virkninger og rangering i KVV	81
9.5	Fordelingsvirkninger	82
9.6	Konklusjoner og anbefalinger i KVV	83
9.7	Vår vurdering av den samfunnsøkonomiske analysen i KVV-en	84
9.8	Våre innspill	88
Vår usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomiske analyse.....		89
10	Vår usikkerhetsanalyse	90
10.1	Forutsetninger	90
10.2	Basiskostnad	90
10.3	Resultater fra usikkerhetsanalysen på konseptnivå	91
10.4	Resultater fra usikkerhetsanalysen per banestrekning	92
10.5	Budsjettbelastning: samlet investeringskostnad	92
11	Vår samfunnsøkonomiske analyse	94
11.1	Konseptene i vår samfunnsøkonomiske analyse	94
11.2	Forutsetninger	95
11.3	Prissatte virkninger: Nordlandsbanen	101
11.4	Prissatte virkninger: Raumabanen	116
11.5	Prissatte virkninger: Røros- og Solørbanen	120
11.6	Konsekvenser for kjøretøystrategi	125
11.7	Ikke-prissatte virkninger	129
11.8	Fordelingsvirkninger	136
11.9	Usikre forutsetninger	136
11.10	Samlet vurdering og anbefaling, inkludert rangering	138
Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver.....		141
12	Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver	142
12.1	Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver i KVV	142
12.2	Vår vurdering av arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver i KVV	144
12.3	Vår tilråding	145
Vurderinger og anbefalinger		146
13	Vurdering og tilråding av konsept.....	147
13.1	Elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer	147
13.2	Avklaring av kostnader, tidspunkt og ambisjonsnivå for gjennomføring av K3 Batteri fra Steinkjer til Bodø	147
13.3	Avklare føringer for kjøretøystrategi og videre arbeid med utslippsreduksjoner på Raumabanen, Rørosbanen og Solørbanen	148
14	Føringer for forprosjektfasen.....	149
14.1	Føringer for forprosjektet i KVV	149
14.2	Vår vurdering	150
14.3	Tilråding om prosjekt videre til forprosjektfasen	151
14.4	Tilråding om styringsmål og endringslogg	151
14.5	Tilråding om prosjekt videre til avklaringsfase	152

15 Samlet vurdering og anbefaling	153
15.1 Råd til departementet	153
15.2 Råd til Jernbanedirektoratet	153
15.3 Råd til forprosjektorganisasjonen (Bane NOR)	154
Referanser	155
Vedlegg	158
A Grunnlagsdokumenter	159
B Oversikt over møter og samtaler	161
C Notat 1	162
D Jernbanedirektoratets tilsvarende til Notat 1	173
E Tiltakskostnader – om metoden	183
F Resultater i KVV	186
G Vår samfunnsøkonomisk analyse	191
H Kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse	197
Figurer	
Figur S.1 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Nordlandsbanen	19
Figur S.2 Tiltakskostnad (kr per tonn spart CO ₂), Nordlandsbanen	19
Figur S.3 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Raumabanen.....	21
Figur S.4 Tiltakskostnad (kroner per tonn spart CO ₂), Raumabanen	21
Figur S.5 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Røros- og Solørbanen	22
Figur S.6 Tiltakskostnad (kroner per tonn spart CO ₂), Røros- og Solørbanen	23
Figur 2.1 Jernbanenettet i drift i Norge (ekskl. Ofotbanen) og de ikke-elektrifiserte strekningene	31
Figur 6.1 Konsepter til alternativanalysen i KVV	56
Figur 7.1 Konsepter til alternativanalysen i KVV	62
Figur 11.1 Konseptene i vår samfunnsøkonomiske analyse	94
Figur 11.2 Klimagassutslipp i 2030 i KVV og KS1.....	100
Figur 11.3 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Nordlandsbanen	102
Figur 11.4 Tiltakskostnad på Nordlandsbanen, kr/tonn CO ₂	103
Figur 11.5 K3 Batteri Nordlandsbanen. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner	103
Figur 11.6 Følsomhetsanalyser, Nordlandsbanen, mill. 2023-kr.....	105
Figur 11.7 Følsomhetsanalyse med høy og lav karbonprisbane, Nordlandsbanen, mill. 2023-kroner	105
Figur 11.8 Klimagassutslipp fordelt på delstrekninger, Nordlandsbanen	107
Figur 11.9 Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer og K3 Batteri Stjørdal–Bodø. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner.....	109
Figur 11.10 Elektrifisering av Mo i Rana–Ørtfjell og hele K3 Batteri. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner	111
Figur 11.11 Beregnet nytte i 2033, Alternativ A, B1 og B2. Mill. 2023-kroner	113
Figur 11.12 Verdien av å vente: Bygge for 80 km rekkevidde ferdig til 2033 eller 120 km rekkevidde ferdig til 2043.....	115
Figur 11.13 Valg av løsning ved beslutning om utbygging innen 2033	116
Figur 11.14 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Raumabanen.....	117
Figur 11.15 Tiltakskostnad, Raumabanen, kr/tonn CO ₂	117
Figur 11.16 K3 Batteri Raumabanen. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner	118
Figur 11.17 Følsomhetsanalyser Raumabanen, mill. 2023-kroner.....	119
Figur 11.18 Følsomhetsanalyser med høy og lav karbonpris, Raumabanen, mill. 2023-kroner	119
Figur 11.19 Beregnet energiforbruk (kWh) per avgang, K3 Batteri Raumabanen	120

Figur 11.20	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Røros- og Solørbanen	120
Figur 11.21	Tiltakskostnad, Røros- og Solørbanen, kr/tonn CO ₂	121
Figur 11.22	K3 Batteri, Røros- og Solørbanen. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner.....	122
Figur 11.23	Følsomhetsanalyser, Røros- og Solørbanen, mill. 2023-kroner	123
Figur 11.24	Følsomhetsanalyser med høy og lav karbonpris, Røros- og Solørbanen, mill. 2023-kroner	123
Figur 11.25	Beregnet energiforbruk per avgang, K3 Batteri Røros- og Solørbanen.....	124
Figur 11.26	Kapitalkostnader (lokomotiver) og energikostnader for godstransport	138
Figur F.1	Prissatte virkninger i KVV for Nordlandsbanen, netto nåverdi (mill. kroner) og tiltakskostnad (kr/tonn)	186
Figur F.2	Prissatte virkninger i KVV for Raumabanen, netto nåverdi (mill. kroner) og tiltakskostnad (kr/tonn)	187
Figur F.3	Prissatte virkninger i KVV for Røros- og Solørbanen, netto nåverdi (mill. kroner) og tiltakskostnad (kr/tonn)	188
Figur F.4	Nordlandsbanen, NNV og tiltakskostnader i KVV før og etter feilrettinger	189
Figur F.5	Raumabanen, NNV og tiltakskostnader i KVV før og etter feilrettinger.....	189
Figur F.6	Røros- og Solørbanen, NNV og tiltakskostnader i KVV før og etter feilrettinger	190
 Tabeller		
Tabell S.1	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av delstrekninger på Nordlandsbanen.....	20
Tabell S.2	Tiltakskostnader beregnet med ulike forutsetninger om tiltakets levetid	23
Tabell S.3	Rangering av konseptene (rangering av prissatte/ikke-prissatte virkninger angitt i parentes)	24
Tabell 1.1	Vurderingsskala	28
Tabell 2.1	Vår vurdering av problembeskrivelsen i KVV-en.....	30
Tabell 3.1	Vår vurdering av behovsanalysen i KVV-en	34
Tabell 3.2	Behov i behovsanalysen.....	35
Tabell 4.1	Vår vurdering av strategiske mål i KVV-en.....	40
Tabell 4.2	Effektmålene.....	41
Tabell 5.1	Vår vurdering av rammebetingelser i KVV-en	49
Tabell 6.1	Vår vurdering av mulighetsstudien i KVV-en	53
Tabell 6.2	Samling av muligheter i konsepter og resultat av silingen.....	56
Tabell 7.1	Vår vurdering av alternativanalysen i KVV-en.....	61
Tabell 7.2	Vurdering av effektmåloppnåelse for konseptene i alternativanalysen	64
Tabell 8.1	Type og antall kjøretøy i KVV.....	70
Tabell 9.1	Forutsetninger i KVV.....	73
Tabell 9.2	Investeringsbeløp i infrastrukturtiltak og levetid, mill. kr	76
Tabell 9.3	Indikatorer for ikke-prissatte virkninger for natur og miljø.....	78
Tabell 9.4	Rangering av konseptene i KVV etter ikke-prissatte virkninger	80
Tabell 9.5	Rangering av konseptene etter prissatte og ikke-prissatte virkninger	82
Tabell 9.6	Oppsummering av konklusjoner og anbefalinger i KVV.....	83
Tabell 10.1	Antall godslokomotiv i KVV og KS1	90
Tabell 10.2	Investeringskostnader fra usikkerhetsanalysen i KS1 sammenlignet med investeringskostnader fra usikkerhetsanalyse i KVV, mrd. 2023-kroner	91
Tabell 10.3	Resultater fra usikkerhetsanalysen i KS1: investeringskostnader for anbefalt konsept i KVV, mill. 2023-kroner ekskl. mva.....	92
Tabell 10.4	Budsjettbelastning for investeringene, inkl. mva., mill. 2023-kroner	93
Tabell 11.1	Forutsetninger i KVV og KS1	95
Tabell 11.2	Godsmengder og transportarbeid i beregningene, KVV og KS1. Nordlandsbanen.....	99

Tabell 11.3	Tiltakskostnader (kr/tonn) beregnet med ulike forutsetninger om tiltakets levetid, Nordlandsbanen	106
Tabell 11.4	Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer: investeringskostnader	108
Tabell 11.5	Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer: hovedresultater	108
Tabell 11.6	Elektrifisering av Mo i Rana–Ørtfjell: investeringskostnader	110
Tabell 11.7	Elektrifisering av Mo i Rana–Ørtfjell: hovedresultater	110
Tabell 11.8	Investeringskostnader og samfunnsøkonomisk lønnsomhet, alternative løsninger for videreutvikling av K3 Batteri på Nordlandsbanen	112
Tabell 11.9	Tiltakskostnad (kr/tonn) for alternative løsninger for videreutvikling av K3 Batteri på Nordlandsbanen	114
Tabell 11.10	Antall kjøretøy forutsatt i alternativene i vår analyse	126
Tabell 11.11	Enhetspriser til vurdering av ikke-prissatte virkninger	130
Tabell 11.12	Energiforsyning infrastruktur og kjøretøy	132
Tabell 11.13	Vurdering av omfang av virkninger for pålitelighet og sikkerhet	133
Tabell 11.14	Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Nordlandsbanen	133
Tabell 11.15	Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Raumabanen	134
Tabell 11.16	Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Rørosbanen	134
Tabell 11.17	Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Solørbanen	134
Tabell 11.18	Rangering konseptene etter ikke-prissatte virkninger	135
Tabell 11.19	Rangering av konseptene (rangering av prissatte/ikke-prissatte virkninger angitt i parentes)	139
Tabell E.1	Tiltakskostnader (kr/tonn) beregnet med ulike forutsetninger om tiltakets levetid, Nordlandsbanen	184
Tabell G.1	Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Nordlandsbanen	191
Tabell G.2	Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, optimalisering av K3 Batteri Nordlandsbanen	192
Tabell G.3	Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Raumabanen	193
Tabell G.4	Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Røros- og Solørbanen	194
Tabell G.5	Skalaen i verdimatrisemetoden	195
Tabell G.6	Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Nordlandsbanen	195
Tabell G.7	Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Raumabanen	195
Tabell G.8	Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Rørosbanen	196
Tabell G.9	Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Solørbanen	196
Tekstbokser		
Tekstboks 11.1	Sjekkliste for når det er aktuelt å vurdere realopsjoner	114

Sammendrag

KVV Green har utredet mulighetene til å redusere utslipp fra jernbanen. Vi har kvalitetssikret (KS1) utredningen i henhold til kravene i Statens prosjektmodell.

I vår analyse har vi utredet fem alternative konsepter til å redusere utslipp fra de ikke-elektrifiserte strekningene på jernbanen: K1 Biodiesel, K2 Hydrogen, K3 Batteri med deelektrifisering og K4 Elektrifisering, i tillegg til Nullalternativet K0 Fossil diesel.

Vi finner at elektrifisering av delstrekningen Stjørdal–Steinkjer er samfunnsøkonomisk lønnsom og bidrar til betydelige utslippskutt. Vi anbefaler at prosjektet videreføres til forprosjektfase med sikte på rask gjennomføring.

For resten av Nordlandsbanen (strekningen Steinkjer–Bodø) viser analysen at K3 Batteri med deelektrifisering er det samfunnsøkonomisk beste alternativet for å oppnå utslippsreduksjoner. Vi anbefaler at tiltak på strekningen utredes videre for å avklare hvilket ambisjonsnivå for teknologisk utvikling av batterikjøretøy utbyggingen skal tilpasses og riktig tidspunkt for gjennomføring. Utredningen bør også sees i sammenheng med kjøretøystrategien.

For Raumabanen og Røros- og Solørbanen anbefaler vi at Nullalternativet (K0 Fossil diesel) videreføres i påvente av teknologisk utvikling. Utredede konsepter er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomme. Alternativene har høyere tiltakskostnader enn mange andre klimatiltak i samfunnet, og bør derfor ikke prioriteres.

Hvis det er viktig med raske utslippsreduksjoner fra jernbanen, kan dette realiseres ved å erstatte fossil diesel med biodrivstoff. Biodrivstoff kan også, i kombinasjon med andre energibærere, redusere kostnadene ved omstilling til nullutslippsløsninger.

Bakgrunn og problem

Det er fire jernbanestrekninger i Norge som fortsatt ikke er elektrifisert: Nordlandsbanen, Raumabanen, Rørosbanen og Solørbanen. Disse banene trafikkeres av dieseldrevne tog som slipper ut klimagasser. I tillegg brukes det arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver på jernbane. Også disse bruker diesel.

Jernbanedirektoratet har utredet mulighetene til å redusere utslipp fra jernbanen, dokumentert i KVV Green. KVV-en skal bidra til å finne kostnadseffektive løsninger til at Norge skal oppfylle sine klimamål.

Utslipp av klimagasser trekkes fram som hovedproblem med dagens bruk av dieseltog på de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene og skinnegående arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver som brukes på hele jernbanenettet. Det prosjektutløsende behovet i KVV er formulert som følger:

«Samfunnet har behov for at jernbanesektoren bidrar til at Norges forpliktelser til å redusere klimagassutslipp nås.»

Samfunns målet og effektmålene følger av dette behovet.

Vår vurdering av KVV

Vi er enige i KVV-ens beskrivelse av problemet og behovet for å redusere klimagassutslipp.

KVV-ens **behovsanalyse** fremstår likevel mer som en ønskeliste, uten prioritering og uten vurdering av strykene i behovene. Det er altfor mange behov (ett prosjektutløsende behov og ni «andre viktige behov»). Det er dermed vanskelig å vurdere hva som legges til grunn i den videre analysen. Det at enkelte aktører ønsker seg lavere priser, subsidier eller støtteordninger, er ikke et samfunnsbehov.

Det blir også trukket fram at økte utslipp vil kunne føre til at jernbanen mister sin attraktivitet hos kundene, noe som gjør at mer av transporten overføres fra tog til vei. Dette, og at jernbanens andel av utslipp vil kunne øke, er imidlertid ikke et reelt problem i et klimaperspektiv, hvis vei-transporten i framtiden skjer med nullutslipp.

Samfunns målet og effektmålene burde vært tydeligere på hensynet til kostnadseffektivitet. Kostnadseffektivitet er et viktig prinsipp i norsk klimapolitikk, og bør være førende i enhver vurdering av utslippsreducerende tiltak. Dette er særlig viktig sett i lys av at utslippene fra jernbanen utgjør en forsvinnende liten del (0,1 %) av de samlede norske klimagassutslippene, og også av utslipp fra transportsektoren. En omformulering av målene ville fortsatt vært i tråd med KVV-ens mandat, og gitt tydeligere føring til mulighetsstudien.

Enkelte av effektmålene er problematiske, særlig fordi de ser ut til å legge sterke føringer til utslingen av konsepter i mulighetsstudien. Vi er særlig kritiske til effektmål 3, som omhandler å ikke bruke en knapp ressurs. En prioritering av utslippsreduksjoner på kort sikt framfor lang sikt er inkonsistent med den senere analysen, i og med at ingen av konseptene kan bli ferdigstilt innen 2030. Det utelukker også utsettelsesalternativet.

I tråd med disse betraktningene omformulerer vi målene som er lagt til grunn for vår analyse:

Samfunns mål: Jernbanen skal støtte opp under en kostnadseffektiv klimapolitikk.

Effektmål: Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres kostnadseffektivt innen 2050.

Det er ni **rammebetingelser** i KVV. Det er så godt som ingen begrunnelse for eller prioritering av rammebetingelser. Noen av dem er ikke i tråd med Statens prosjektmodell, andre er til dels selvfølgheter. Til sammen kan dette begrense mulighetsrommet unødige. Vi foreslår å fjerne de fleste rammebetingelsene, og legger kun rammebetingelsen som krever en viss teknologisk modenhet av konseptene til grunn i vår samfunnsøkonomiske analyse.

Mulighetsstudien kartlegger bredt, men silingen av muligheter og konsepter er uoversiktlig, ikke minst pga. altfor mange rammebetingelser og altfor mange effektmål. Til slutt er det bare konseptene som innebærer skifte av energibærer som går videre til alternativanalysen. De fleste andre muligheter/konsepter blir bedømt til å ikke gi store nok utslippsreduksjoner. Dette gjelder bl.a. tiltak innen optimalisering. Dette illustrerer også at kostnadseffektivitet burde være en del av målformuleringen. Selv om optimaliseringstiltak ikke fører til betydelige utslippsreduksjoner, kan de være «lavhengende frukter» og bidra til utslippsreduksjon på kort sikt. De kan også ha lave tiltakskostnader, men i og med at disse tiltakene siles ut, blir ikke dette vurdert.

Vi er særlig kritiske til at konsept K1 Ikke-fossil diesel siles ut (etter mulighetsstudien, i begynnelsen av alternativanalysen), uten at det gjennomføres kostnadsestimering, usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomisk analyse av dette konseptet.

Kostnadsestimeringen, usikkerhetsanalysen og alternativanalysen i KVU er i hovedsak i tråd med gjeldende regler.

Biodrivstoff kan være en god mulighet til å redusere utslipp raskt

Forbrenning av biodrivstoff (både konvensjonelt og avansert) til transport bokføres med null utslipp av CO₂ i det nasjonale klimagassregnskapet. Når fossil diesel erstattes med biodrivstoff vil det redusere utslipp tonn for tonn.

Omsetningskravet er i dag utformet på en slik måte at overoppfyllelse av omsetningskravet av en aktør ikke fører til reduserte utslipp direkte: når en aktør kjøper mer biodrivstoff, kan omsetterne selge drivstoff med lavere innblanding til andre aktører, slik at den samlede bruken av biodrivstoff er den samme. Det er imidlertid innenfor myndighetenes mulighetsrom å fatte vedtak som fører til at økt bruk av biodiesel på jernbanen faktisk fører til utslippsreduksjoner. Det kan gjøres ved at omsetningskravet tilpasses, for eksempel ved at jernbanen ekskluderes i dagens omsetningskrav for ikke-veigående maskiner eller at omsetningskravet justeres med hensyn til endringen i forbruk fra jernbanen, eller at det opprettes en ordning for overoppfyllelse av omsetningskravet.

Biodrivstoff kan være et godt alternativ for å gjennomføre raske utslippsreduksjoner. Ikke-fossil diesel representerer en nullutslippsløsning med ingen eller lave investeringskostnader, men høye driftskostnader. Dette vil kunne være nyttig i en overgangsfase, mens man venter på utvikling av andre teknologier. Det er særlig viktig i jernbanesektoren, som har høye investeringskostnader og sterk avhengighet mellom kjøretøy og infrastruktur. Dette, kombinert med at det er forventet rask teknologiutvikling framover, gjør at utsettelse av investeringer kan være riktig strategi. Biodrivstoff kan også være viktig for å gjennomføre de siste og dyreste utslippsreduksjonene, f.eks. fra banestrekninger med lavt trafikkgrunnlag.

Vår samfunnsøkonomiske analyse

Vi utreder fem konsepter: K0 Fossil diesel (Nullalternativet), K1 Biodiesel, K2 Hydrogen, K3 Batteri med deelektrifisering og K4 Elektrifisering.

K0 - Fossil diesel



K1 - Biodiesel



K2 - Hydrogen



K3 - Batteri



K4 - Elektrifisering



Dette er i hovedsak de samme konseptene som i KVU-en. I tillegg gjennomfører vi en samfunnsøkonomisk analyse av **K1 Biodiesel**.¹ Kort oppsummert begrunner vi å utrede K1 Biodiesel med at dette kan være et viktig konsept for å redusere utslippene raskt. Det er først etter at det er

¹ Vi bruker betegnelsen K1 Biodiesel om det samme konseptet som omtales som K1 Ikke-fossil diesel i KVU.

gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse at man kan vurdere om bruk av biodiesel i jernbane er kostnadseffektiv klimapolitikk. I K1 Biodiesel tar vi utgangspunkt i at myndighetene gjør tiltak slik at hver liter biodrivstoff som erstatter en liter fossilt drivstoff i jernbanen gir en-til-en reduksjon i klimagassutslipp. Vi legger til grunn ren biodiesel i K1 Biodiesel. Konseptet reduseres altså klimagassutslippene med 100 %, alt annet likt. I våre beregninger legger vi til grunn HVO100, men konseptet kan også innebære andre rene biodrivstoff, e-fuel eller drivstoff laget av andre råstoffer uten utslipp.

Til forskjell fra den samfunnsøkonomiske analysen i KVU utreder vi ikke K2b Hydrogen med delektrifisering, ettersom dette viste seg i KVU å konsekvent ha høyere kostnader og lavere samfunnsøkonomisk netto nytte enn K2a Hydrogen.

Vi gjennomfører vår analyse per banestrekning (Røros- og Solørbanen slås sammen i vurdering av prissatte virkninger og samlet vurdering som i KVU). Dette gir oss mulighet til å ta hensyn til hver banestrekningens særegenheter. Dette er også i tråd med mandatet til KVU Green, som ber om å «vurdere hvilken energibærer som passer for den enkelte bane/jernbanekjøretøy og om en differensiert løsning er hensiktsmessig».

Kostnadsestimering og alternativanalyse

Vi har i stor grad lagt basisestimatet fra KVU til grunn. Basisestimatet vårt er likevel noe lavere i alle konsepter enn i KVU. Dette skyldes i all hovedsak en reduksjon i antall godslokomotiv fra totalt 28 i KVU til 17 i KS1: omfanget av godslokomotiv i kalkylen er for høyt sammenlignet med hvilket tilbud som er forutsatt. En stor del av basisestimatet baserer seg på infrastruktur og kjøretøy som ikke finnes i dag eller som det finnes svært få av. Vi vurderer usikkerhet høyere enn i KVU, og en større oppside for K3 Batteri og K4 Elektrifisering. Dette henger bl.a. sammen med en ganske konservativ antakelse om utviklingen av batteriteknologi i KVU.

Vi har også endret enkelte andre forutsetninger. De viktigste er følgende:

- Etterspørsel etter godstransport: vi har lagt til grunn lavere godsmengder og lavere vareverdi på Nordlandsbanen og på Røros- og Solørbanen (tømmertog).
- Dette medfører også lavere CO₂-utslipp i Nullalternativet
- Høyere elektrisitetspris
- Reinvestering i brenselceller (hvert 5. år) og hydrogentank (hvert 10. år) i K2 Hydrogen. Dette er kostnader som ikke var medregnet i KVU.

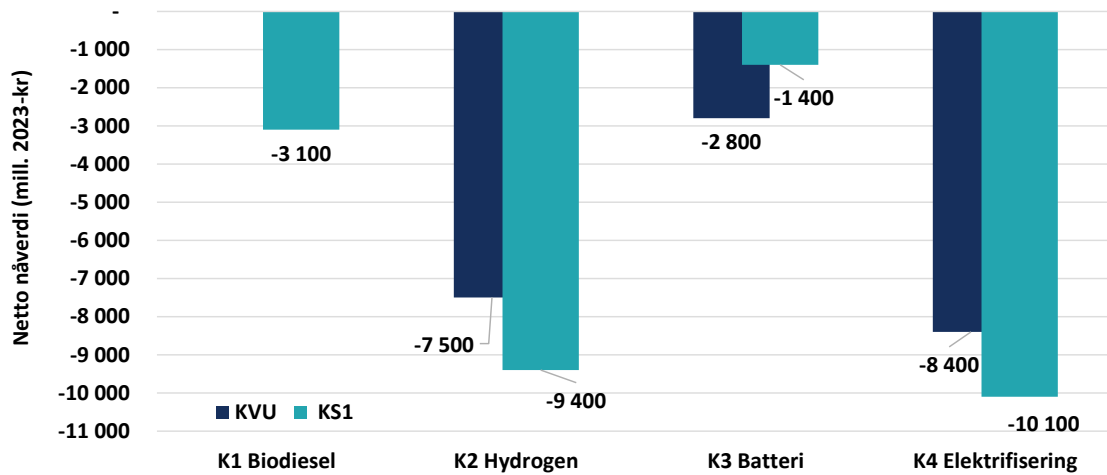
Resultater: Nordlandsbanen

Samfunnsøkonomisk lønnsomhet

På Nordlandsbanen er ingen av konseptene samfunnsøkonomisk lønnsomme (Figur S.1). Konsept K3 Batteri kommer best ut med en netto nåverdi (NNV) på -1 414 mill. kr. Dette er klart bedre samfunnsøkonomisk lønnsomhet enn det som ble beregnet i KVU. Dette er også klart bedre enn K1 Biodiesel som er konseptet med nest best lønnsomhet. Våre beregninger viser dårligere samfunnsøkonomisk lønnsomhet og høyere tiltakskostnader for K2 Hydrogen og K4 Elektrifisering på Nordlandsbanen.

Vår analyse støtter derfor KVUs anbefaling om å velge K3 Batteri på Nordlandsbanen. Nedenfor ser vi nærmere på lønnsomheten av å bygge ut delstrekningen Stjørdal–Steinkjer, og hvordan det påvirker K3 Batteri på Nordlandsbanen i sin helhet.

Figur S.1 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Nordlandsbanen



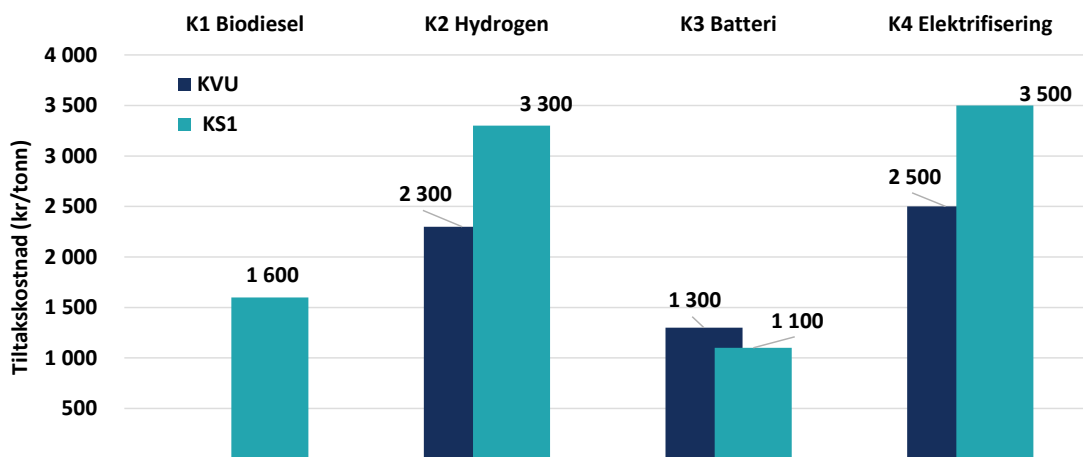
Kilde: Vista Analyse

Tiltakskostnaden

Tiltakskostnad (kostnad per tonn spart CO₂) er beregnet til 1 139 kr/tonn i K3 Batteri på Nordlandsbanen (Figur S.2). Forenklede beregninger med utsatt oppstart indikerer at tiltakskostnaden vil reduseres noe (1 129 kr/tonn) ved en utsettelse i 10 år (til 2043). Dette tiltaket faller dermed til tiltakskategori 2 i Klimakur 2030, dvs. en kategori hvor mange andre tiltak gjennomføres.

Hva man forutsetter av levetid er imidlertid viktig for tiltakskostnader. Tiltakskostnad er beregnet under forutsetning om 75 års levetid for alle konsepter, selv om levetiden for investeringene som inngår varierer mellom konseptene. Vurdert som et kortsiktig tiltak, med levetid på ett år, har K1 Biodiesel tiltakskostnad på ca. 5 000 kr/tonn. Vi drøfter betydningen av forutsetningen om levetid nedenfor.

Figur S.2 Tiltakskostnad (kr per tonn spart CO₂), Nordlandsbanen



Kilde: Vista Analyse

Følsomhetsanalyser

Konseptet K3 Bateria på Nordlandsbanen er robust for endringer i forutsetninger: elektrisitetsprisen må nærmest fordobles for at K3 Bateria skal være mindre samfunnsøkonomisk lønnsomt enn K1 Biodiesel. Hvis kjøretøy (ekskl. batterikostnader) blir 15 % billigere, er K3 Bateria nær samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Elektrifisering Stjørdal–Steinkjer er samfunnsøkonomisk lønnsomt

Ifølge våre beregninger har altså K3 Bateria lavest tiltakskostnad av konseptene i analysen på Nordlandsbanen. Det har også relativt lav tiltakskostnad sammenlignet med andre tiltak i samfunnet. Det er imidlertid store variasjoner i klimagassutslipp mellom ulike delstrekninger på Nordlandsbanen. Utslippene per kilometer er klart størst på strekningen Stjørdal–Steinkjer, og det er høyere utslipp på strekningen Mo i Rana–Ørtfjell. Vi undersøker hvordan elektrifisering av disse delstrekningene påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konseptene.

Vi finner at elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer er klart samfunnsøkonomisk lønnsom om tiltaket gjennomføres som et selvstendig prosjekt, se Tabell S.1. Utbygging av strekningen gir en reduksjon i klimagassutslipp på 11 000 tonn/år i 2033, tilsvarende 25 % av samlede utslipp på Nordlandsbanen.

Elektrifisering av strekningen fra Mo i Rana til Ørtfjell har derimot høy tiltakskostnad og er samfunnsøkonomisk svært ulønnsom. Nullutslippsløsning for malmtogene bør derfor realiseres ved at det benyttes bimodale (kontaktledning/bateria) lokomotiver sammen med at strekningen del-elektrifiseres, eller ved bruk av batterilokomotiver (eller bimodale lokomotiver) og stasjonær lading.

Tabell S.1 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av delstrekninger på Nordlandsbanen

	Stjørdal–Steinkjer	Mo i Rana–Ørtfjell
Netto nåverdi over 75 år (mill. kr)	955	-1 320
Netto nytte per budsjettkrone	4,09	-0,95
Tiltakskostnad (kr/tonn)	-326	4 400

Kilde: Vista Analyse

Kostnadene ved å elektrifisere strekningen Stjørdal–Steinkjer utgjør 5,79 mrd. kroner, som tilsvarer 25 % av samlede investeringskostnader i K3 Bateria på Nordlandsbanen. Slik konseptet er utformet i KVV er det derimot ikke forutsatt elektrifisering av denne strekningen.

Konsept K3 Bateria på strekningen Steinkjer–Bodø

For den gjenværende delen av Nordlandsbanen, Steinkjer–Bodø, beregner vi tiltakskostnaden til 1 678 kr/tonn, mens netto nåverdi blir -2 604 mill. kr. Tiltakskostnaden blir dermed høyere enn for K1 Biodiesel (1 600 kr/tonn). Når tiltakskostnadene er høyere enn det som beregnes for bruk av biodiesel, tilsier dette at videre utbygging bør utsettes i påvente av teknologiutvikling. Vi drøfter og anbefaler en ytterligere tilpasning av konseptet for den gjenværende delen av Nordlandsbanen. Riktig tidspunkt for gjennomføring av utbyggingen avhenger av hvilken forventet utvikling innen batteriteknologi som legges til grunn og kostnader ved utbyggingen.

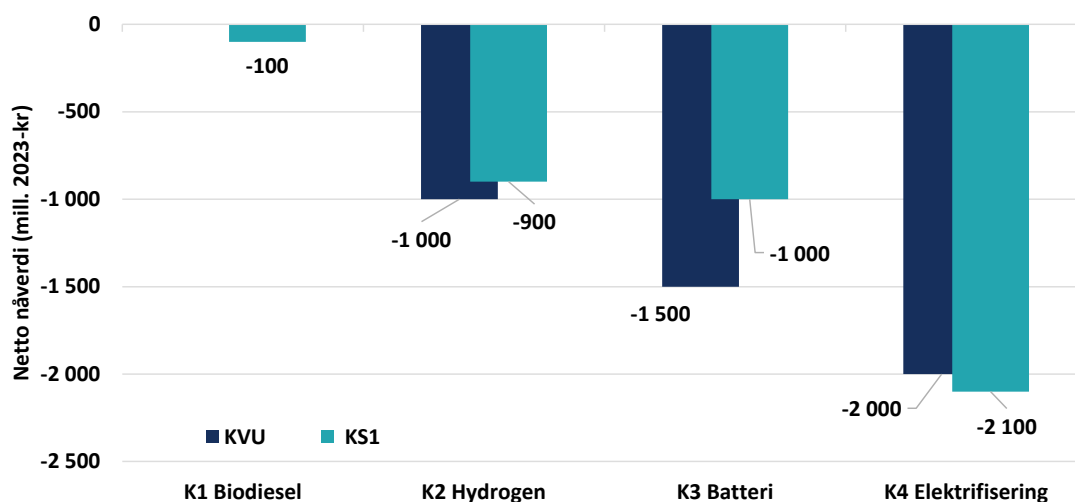
Resultater: Raumabanen

Alle konseptene som er utredet for Raumabanen har svak samfunnsøkonomisk lønnsomhet og høye tiltakskostnader (se Figur S.3 og S.4). Konsept K3 Batteri har noe bedre samfunnsøkonomisk lønnsomhet enn i KVU. Resultatene av den samfunnsøkonomiske lønnsomhetsberegningen tilsier at ingen av konseptene som er utredet for Raumabanen bør gjennomføres. Nullalternativet K0 bør videreføres inntil det foreligger ny informasjon som gir grunnlag for igjen å vurdere tiltak på banestrekningen. Denne konklusjonen er robust. Forutsetningene må endres vesentlig for at noen av konseptene skal bli samfunnsøkonomisk lønnsomme.

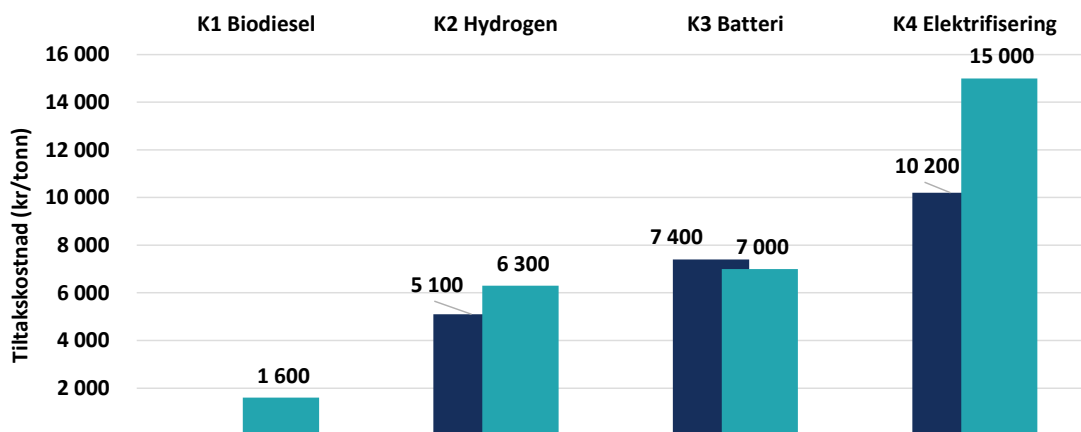
K1 Biodiesel framstår som det klart gunstigste alternativet *hvis* man skal redusere klimagassutslipp fra togtrafikken på Raumabanen. De samfunnsøkonomiske kostnadene ved realisering av dette konseptet er (i likhet med klimagassutslippene) beskjedne.

Stasjonær lading inngår ikke blant konseptene, verken i KVU eller i vår analyse, men kan være en aktuell løsning for å redusere utslipp fra Raumabanen. For persontog må det vurderes i sammenheng med kjøretøystrategien og med valg av løsning på de andre banestrekningene

Figur S.3 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Raumabanen



Figur S.4 Tiltakskostnad (kroner per tonn spart CO₂), Raumabanen



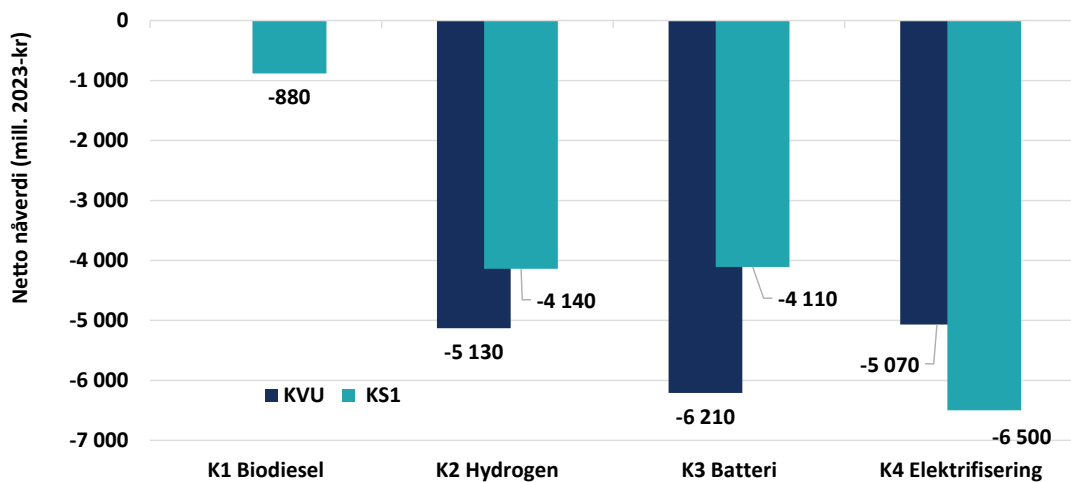
Kilde: Vista Analyse

Resultater: Røros- og Solørbanen

Ingen av konseptene som er vurdert for Røros- og Solørbanen beregnes å være samfunnsøkonomisk lønnsomme (Figur S.5). K1 Biodiesel kommer best ut med netto nåverdi på -880 mill. kr; K2 Hydrogen og K3 Batteri har begge netto nåverdi på -4,1 mrd. kr, mens K4 Elektrifisering er det mest ulønnsomme konseptet med en negativ netto nåverdi på -6,5 mrd. kr.

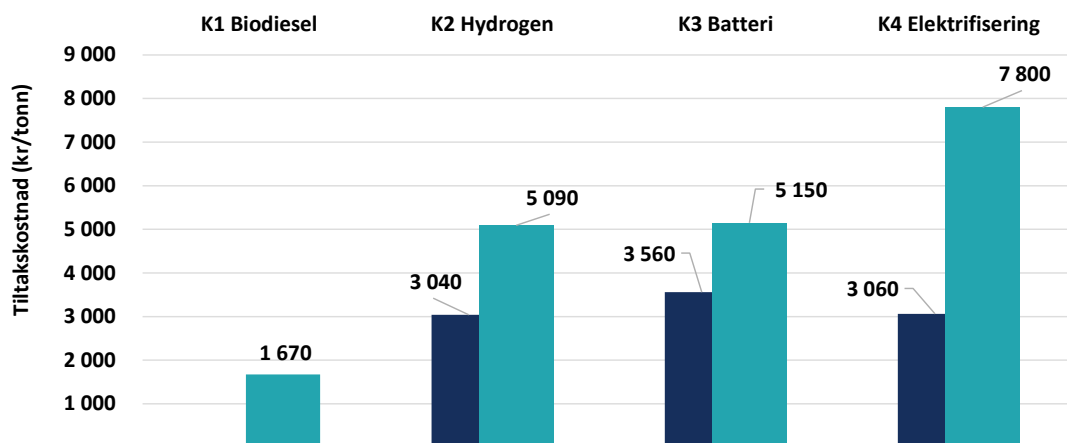
Lønnsomheten er klart bedre for K2 Hydrogen og K3 Batteri i våre beregninger enn i KVU, mens lønnsomheten for K4 Elektrifisering er svakere. Dette skyldes i stor grad at vi har forutsatt lavere utslipp i Nullalternativet enn forutsatt i KVU, mens reduksjon i antall lokomotiver bidrar til bedre lønnsomhet for K2 Hydrogen og K3 Batteri. For K3 Batteri bidrar også reduserte kostnader per kjøretøy og at vi har identifisert at halvparten av godslokomotivene kan kjøres med rene elektriske lokomotiver.

Figur S.5 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Røros- og Solørbanen



Kilde: Vista Analyse

Bortsett fra K1 Biodiesel beregner vi høye tiltakskostnader for øvrige konsepter – og klart høyest for K4 Elektrifisering (Figur S.6). Med utgangspunkt i beregningene av samfunnsøkonomisk lønnsomhet og tiltakskostnader er det ikke grunnlag for å anbefale noen av konseptene som er utredet for Røros- og Solørbanen.

Figur S.6 Tiltakskostnad (kroner per tonn spart CO₂), Røros- og Solørbanen

Kilde: Vista Analyse

Levetid er viktig for tiltakskostnaden

Tiltakskostnad som vist på figurene ovenfor er beregnet under forutsetning om 75 års levetid for alle konsepter. Dette gir tiltakskostnader som er sammenliknbare på tvers av konseptene i vår analyse, men ikke mot investeringstiltak med kortere levetid. Hvis man vurderer kortere levetid for K1 Biodiesel, vil tiltakskostnaden bli høyere. Vurdert som et rent driftstiltak for ett år (K1 Biodiesel har ingen investeringer), blir tiltakskostnaden ca. 5 000 kr/tonn, ved en levetid på 10 år er tiltakskostnaden ca. 4 000 kr/tonn. Dette er relevant når man sammenligner tiltakskostnaden ved bruk av biodiesel i andre sektorer og ved sammenlikning mot karbonprisen. Tabell S.2 viser tiltakskostnaden for K1 Biodiesel med ulike antakelser om levetid.

Tabell S.2 Tiltakskostnader beregnet med ulike forutsetninger om tiltakets levetid

	1 år	10 år	30 år	75 år
K1 Biodiesel	5 000	4 000	2 900	1 600

Kilde: Vista Analyse

Ikke-prissatte virkninger

Vi har vurdert de samme ikke-prissatte virkninger som i KVV: pålitelighet, sikkerhet, natur og miljø (der friluftsliv, naturressurser, landskapsbilde, naturmangfold og kulturarv inngår). Denne KVV omfatter ikke bygging av jernbanetrasé (kun utbygging av fyllestasjoner for hydrogen eller kontaktledning på eksisterende spor), og ikke-prissatte virkninger er dermed mindre enn i prosjekter der det bygges nye banestrekninger, parseller, tunneler o.l.

Vår rangering av konsepter etter de ikke-prissatte virkningene samsvarer i stor grad med rangeringen i KVV. Verdiene vi tillegger de ulike virkningene er i samme størrelsesorden som KVV. Den største forskjellen i våre vurderinger og KVV er knyttet til konseptenes virkninger på pålitelighet, hvor vi påpeker at alle konsepter har noe lavere pålitelighet sammenliknet med Nullalternativet og K1 Biodiesel.

Vår anbefaling og rangering

Det er store forskjeller i prissatte konsekvenser mellom de ulike konseptene; forskjellene i ikke-prissatte konsekvenser vurderes å være klart mindre. Vår samlede rangering av konseptene i Tabell S.3 reflekterer derfor i stor grad rangeringen basert på netto nåverdi for de ulike konseptene.

På Nordlandsbanen rangerer vi K3 Batteri foran K0 Fossil diesel (Nullalternativet) selv om konseptet ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Dette har sammenheng med at tiltakskostnaden er klart lavere enn i K1 Biodiesel.

Tabell S.3 Rangering av konseptene (rangering av prissatte/ikke-prissatte virkninger angitt i parentes)

Rangering	Nordlandsbanen	Raumabanen	Røros- og Solørbanen*
1	K3 Batteri (2/2)	K0 Fossil diesel (1/1)	K0 Fossil diesel (1/1)
2	K0 Fossil diesel (1/1)	K1 Biodiesel (2/1)	K1 Biodiesel (2/1)
3	K1 Biodiesel (3/1)	K2 Hydrogen (3/2)	K3 Batteri (3/2)
4	K2 Hydrogen (4/4)	K3 Batteri (4/3)	K2 Hydrogen (4/4)
5	K4 Elektrifisering (5/3)	K4 Elektrifisering (5/4)	K4 Elektrifisering (5/3)

Kilde: Vista Analyse

* Tabellen viser den samlede rangeringen for Røros- og Solørbanen, men ikke-prissatte virkninger for bare Rørosbanen.

Verken K0 Fossil diesel (Nullalternativet) eller K1 Biodiesel inngår i rangeringen av alternativene i KVV. For konseptene som inngår både i KVV og KS1 er det følgende forskjeller:

- Både KVV og KS1 rangerer K3 Batteri først på Nordlandsbanen. KVV rangerer K2 Hydrogen foran K4 Elektrifisering mens KS1 rangerer K4 Elektrifisering foran K2 Hydrogen.
- KVV rangerer K2 Hydrogen foran K3 Batteri på Raumabanen. KS1 rangerer K3 Batteri foran K2 Hydrogen. Både KVV og KS1 rangerer K4 Elektrifisering sist.
- På Røros- og Solørbanen er rangeringen i KS1 den motsatte av rangeringen i KVV; i KVV rangeres K4 Elektrifisering først og K3 Batteri sist, vi rangerer K3 Batteri først og K4 Elektrifisering sist.

K2 Hydrogen kommer på alle strekninger vesentlig dårligere ut enn K1 Biodiesel. Samtidig er tiltakskostnaden ved bruk av biodrivstoff (om lag 5 000 kr/tonn) klart høyere enn karbonprisbanen i perioden fram mot 2050. Det er lav sannsynlighet for at det vil komme gjennombrudd i teknologien for hydrogenkjøretøy som kan endre på dette forholdet. Videre utredning av hydrogenkjøretøy på norske jernbanestrekninger har derfor liten hensikt.

I Miljødirektoratets beregning av kraftbehov til transport i Nullutslippsscenarioer for 2050 er det forutsatt at biodrivstoff og e-fuel utgjør en betydelig andel av energiforsyningen til transportsektoren, men det er samtidig forutsatt at jernbanesektoren skal drives 100 prosent på elektrisitet. Våre analyser viser at 100 prosent elektrisk drift på jernbanen ikke er et riktig premis dersom effektivitet og samfunnsøkonomisk lønnsomhet tillegges vekt i valg av løsning for å nå utslippsmålne. Vi mener løsningene for å nå utslippsmålne bør baseres på samme kriterier på tvers av transportsektoren, dvs. at biodiesel og e-fuel vurderes som en løsning for utslippskutt på linje med andre energibærere også i jernbanesektoren.

Usikkerhet rundt forutsetninger og rammebetingelser

Vi vil understreke at det er betydelig usikkerhet knyttet til samfunnsøkonomiske lønnsomhetsberegninger og tiltakskostnader. Vi vil særlig peke på følgende:

- Høyere karbonpriser bidrar til økt samfunnsøkonomisk lønnsomhet for alle konsepter, tiltakskostnadene påvirkes ikke. Følsomhetsanalyse med høy karbonprisbane gjør K1 Biodiesel samfunnsøkonomisk lønnsomt både på Raumabanen og Røros- og Solørbanen.
- Usikkerheten knyttet til teknologisk utvikling er stor, særlig for K2 Hydrogen og K3 Batteri. Utsatt gjennomføring kan bidra til å redusere usikkerheten.
- Det er store variasjoner i kostnadsnivå for godstransporten på jernbane mellom ulike konsepter, noe som (avhengig av kostnadene ved overgang til nullutslippsløsninger for konkurrerende transportmidler) kan bidra til store endringer i godsvolumene med jernbane.

Kjøretøystrategi

Realisering av nyttepotensialet ved bytte av energibærer er avhengig av tilgang på egnede kjøretøy fra det tidspunkt det er tilrettelagt. Dette er utfordrende å realisere uten økte kostnader når kjøretøy har en forventet levetid på 30 år samtidig som vi er inne i en fase med rask utvikling av kjøretøyenes egenskaper.

Viktige punkter ved utvikling av kjøretøystrategi for persontog vil være:

- Beslutning om elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer og videre utvikling av batterikonseptet på Nordlandsbanen bør være styrende for kjøretøystrategien også på øvrige strekninger. For å nyttiggjøre batterikjøretøy også på strekningene som ikke deelektrifiseres kan det vurderes å legge til rette for stasjonær lading.
- Bimodale hybridkjøretøy (KL+diesel/batteri) av Type 76 som frigjøres ved elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer gir økt fleksibilitet. Det kan gi mulighet for å utsette innkjøp av nye togsett til erstatning for Type 93, men togsettene vil også være et meget godt alternativ til innkjøp av nye fjerntogsett til Rørosbanen. Type 76 kan også være egnet for ombygging for større batterikapasitet.
- Hybridløsninger (batteri/diesel) bør vurderes i perioden fram til batteriteknologien er moden fordi det gjør det enklere å realisere nyttepotensialet etter hvert som infrastrukturen bygges ut, fordi det vil bidra til høy pålitelighet og fordi det i noen tilfeller kan bidra til økt konkurranse om leveranser av nye kjøretøy.
- For å begrense energiforbruk og utslipp er det viktig at nye kjøretøy dimensjoneres riktig i forhold til markedsgrunnlaget på strekningene kjøretøyene skal brukes.

Lokomotivene som brukes i godstransport leases eller eies av godsoperatørene. Dersom teknologiskift innebærer økte kostnader for operatørene, bør støtteordninger vurderes for å sikre at utslippsreduksjoner oppnås i takt med utvikling av infrastrukturen.

Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver

Skinnegående arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver skiller seg fra person- og godstransport ved at alle maskinene er dieseldrevne og benyttes dermed både på elektrifiserte og ikke-elektrifiserte strekninger. De årlige utslippene fra arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver er i størrelsesorden 40

prosent av utslippene fra jernbanetransporten. Bruk av arbeidsmaskiner på de elektrifiserte banestrekningene står for 80 prosent av de samlede utslippene fra arbeidsmaskiner, siden disse banene har størst trafikk.

Vi støtter KVU-ens forslag om å vektlegge hensynet lav- eller nullutslippsteknologi i anskaffelsene, i den grad slik teknologi er tilgjengelig. Slike krav medfører ekstra kostnader for aktørene (eiere av utstyr). Enova har ulike støtteordninger, bl.a. støtte ved innkjøp av utslippsfrie anleggsmaskiner. Vi anbefaler at disse generelle støtteordningene brukes også til å gi incentiver til lav- og nullutslippsteknologi på jernbanen, framfor særordninger.

Tilråding

For Nordlandsbanen anbefaler vi at elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer gjennomføres. Prosjektet er allerede planlagt på detaljplannivå og kan videreføres gjennom Bane NOR sin prosjektmodell. Prosjektet har høy samfunnsøkonomisk lønnsomhet og representerer en mulighet for raske utslippskutt. Gjennomføring gir også større fleksibilitet ved fornyelse av persontog fordi 12 nyere bimodale kjøretøy (KL+diesel) frigjøres.

K3 Batteri på strekningen Steinkjer–Bodø på Nordlandsbanen må videreutvikles og tilpasses elektrifiseringen av Stjørdal–Steinkjer. Investeringskostnadene bør reduseres dersom tiltaket skal gjennomføres på kort sikt. Videreutviklingen bør gjennomføres med sikte på avklaring av investeringskostnader, hvilken utvikling som ventes for batteriteknologi og tidspunkt for gjennomføring.

For de øvrige strekningene anbefales ingen av de utredede konseptene gjennomført nå.

K1 Biodiesel gir klart lavest tiltakskostnader og gir mulighet for en rask reduksjon av klimagassutslipp. Bimodale kjøretøy (batteri/diesel) kan, på alle strekninger, også være et viktig virkemiddel for overgang til nullutslippsløsninger.

Vi mener at videre utredning av hydrogenbaserte løsninger har liten hensikt. K2 Hydrogen har høye tiltakskostnader og er teknologisk mindre modent enn K3 Batteri.

1 Innledning

Det er fire jernbanestrekninger i Norge som fortsatt ikke er elektrifisert: Nordlandsbanen, Raumbanen, Rørosbanen og Solørbanen. Disse banene trafikkeres av dieseldrevne tog som slipper ut klimagasser. I tillegg brukes det arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver på både elektrifiserte og ikke-elektrifiserte deler av jernbanen. Også disse bruker diesel.

Jernbanedirektoratet har utredet mulighetene til å redusere utslipp fra jernbanen, dokumentert i KVV Green. KVV-en skal bidra til å finne kostnadseffektive løsninger til at Norge skal oppfylle sine klimamål. Vi har gjennomført kvalitetssikring (KS1) av KVV Green.

1.1 Om oppdraget

Kvalitetssikring (KS1) av KVV Green er gjennomført i tråd med føringer gitt i Statens prosjektmodell (Finansdepartementet, 2023). Oppdraget er utført av Vista Analyse og Metier.

Mandatet for kvalitetssikringen (KS1) er gitt av Samferdselsdepartementet og Finansdepartementet, og oppgaven beskrives som følger:

Oppdraget skal utføres i henhold til Rammeavtalen om ekstern kvalitetssikring av konseptvalgutredninger og forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter og bilag 1 til Rammeavtalen, punkt 1.2 Innholdet i KS1.

I dette oppdraget skal det i tillegg spesielt vurderes mulige realopsjoner som følge av teknologisk utvikling.

Vi har også vurdert kjøretøystrategi og hvorvidt elektrifiseringen av Røros- og Solørbanen bør prioriteres av andre hensyn (redundans).

I tillegg til hovedrapporten for KVV Green finnes det mange vedlegg til hovedrapporten (se fullstendig oversikt over vedleggene og rapporten i vedlegg A). I tillegg til den skriftlige dokumentasjonen i rapporten med vedleggene har vi fått tilgang til regneark som dokumenterer forutsetninger og beregninger.




En oversikt over møter og milepæler er i vedlegg B.

1.2 Rapportens oppbygging

Kvalitetssikringsrapporten er bygget opp i tråd med disposisjonen for konseptvalgutredninger.

I del 1 (kapittel2–9) behandler vi kapitlene i konseptvalgutredningene hver for seg. I begynnelsen av hvert kapittel gir vi først vår overordnede vurdering av innholdet i KVV-en. Vår vurdering av hvordan KVV-rapporten møter kravene i rammeavtalen er oppsummert for hvert tema i hht. skalaen vist i Tabell 1.1. Deretter refererer KVV-ens innhold, inkludert innhold i supplerende dokumenter. Til slutt i hvert kapittel utdypes våre vurderinger og ev. innspill.

Tabell 1.1 Vurderingsskala

	Vurdering
Ingen merknader	
Noen merknader	
Vesentlige merknader	

Del 2 (kapittel 10–11) dokumenterer vår samfunnsøkonomiske analyse. Vi har i hovedsak tatt utgangspunkt i de samme konseptene som KVV, men i tillegg har vi utredet konseptet K1 Biodiesel, som ble silt ut i KVV. Vi drøfter relevansen av biodiesel i kapittel 7.2.1. Vi har gjennomført kostnads- og usikkerhetsanalyse som grunnlag for vår samfunnsøkonomisk analyse av alternativene.

KVV undersøker også hvordan man kan redusere klimagassutslipp fra arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver. Denne analysen er gjennomført som en supplerende analyse, uavhengig av analysen av de tre banestrekningene, for å unngå at løsninger for arbeidsmaskiner skal være førende for jernbanetransporten. Vi er enige i denne vurderingen. Del 4 (kapittel 12) inneholder vår vurdering av KVV-ens behandling av arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver, og våre innspill.

Våre funn og anbefalinger oppsummeres i del 4 (kapittel 13–15).

Rapporten inneholder også vedlegg A–H.

I vedlegg A og B lister vi opp dokumentene som danner grunnlaget for vår utredningene og sentrale møter vi har hatt underveis i arbeidet. Deretter følger Notat 1 i vedlegg C, og Jernbanedirektoratets tilsvarende i vedlegg D.

Vedlegg E inneholder en drøfting av metoden som brukes til å beregne tiltakskostnader. Tiltakskostnader er viktig beslutningsgrunnlag for klimatilak. Tiltakskostnader avhenger imidlertid av hvilke forutsetninger man gjør om levetiden til tiltaket. Tiltakskostnaden er derfor ikke sammenlignbar på tvers av tiltak med ulik levetid.

Vedlegg F inneholder noen detaljerte resultater fra KVV-en, mens vedlegg G inneholder utfyllende dokumentasjon av våre samfunnsøkonomiske beregninger og vurderinger av ikke-prissatte virkninger.

Vedlegg H (unntatt offentlighet) dokumenterer vår basiskalkyle og usikkerhetsanalyse av kostnader for investering og drift.



Vurdering av konseptvalgutredningen

2 Problembeskrivelse

Utslipp av klimagasser trekkes fram som hovedproblem med dagens bruk av dieseltog på de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene og skinnegående arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver.

Økte utslipp vil kunne føre til at jernbanen mister sin attraktivitet hos kundene, noe som gjør at mer transport overføres fra tog til vei. Dette, og at jernbanens andel av utslipp vil kunne øke, er imidlertid ikke et reelt problem fra et klimaperspektiv, hvis veitransporten i framtiden skjer med nullutslipp.

Selv om jernbanens andel av de norske utslippene er liten, er det likevel relevant å undersøke hvordan utslippene fra jernbanen kan reduseres. Hvis Norge skal nå målet om lavutslippssamfunnet i 2050, må man undersøke alle muligheter til å redusere utslipp i alle sektorer, for å kunne velge de mest kostnadseffektive løsningene for samfunnet.

Tabell 2.1 Vår vurdering av problembeskrivelsen i KVV-en

	Vurdering
Problembeskrivelsen er tilstrekkelig grundig og klargjørende	
Problemet er reelt og ikke bare formulert som fravær av bestemte løsninger	

2.1 Innholdet i KVV-en

Problembeskrivelsen er beskrevet i kapittel 2 i Hovedrapporten og Vedlegg 2 Problembeskrivelse.

2.1.1 Klimagassutslipp fra den norske jernbanen

Norske myndigheter har som mål å redusere utslipp av klimagasser med 50-55% innen 2030², og 90-95% innen 2050 (begge målt i forhold til 1990-nivå). Transportsektoren står for omtrent en tredjedel av de totale klimagassutslippene i Norge. Jernbanesektoren står for kun 0,2 % av transportsektorens utslipp. Likevel utgjør utslippene fra jernbanetransport en ikke-ubetydelig mengde, med i overkant av 50 000 tonn CO₂-ekvivalenter årlig (fordelt på ca. 20 000 tonn CO₂-ekv. fra persontrafikk og ca. 30 000 tonn CO₂-ekv. fra godstransport). I tillegg kommer om lag 20 000 tonn CO₂-ekv. fra kjøretøy til drift, vedlikehold og fornyelse. Utslipp knyttet til nybygging inngår i bygge- og anleggssektoren, ikke i transportsektoren.

Klimagassutslippene fra jernbanetransport (persontrafikk og godstransport) kommer i sin helhet fra de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene: Rørosbanen, Raumabanen, Solørbanen og Nordlandsbanen nord for Stjørdal.³ Disse strekningene har i hovedsak lavere trafikk enn andre jernbanestrekninger.

² Norges klimaforpliktelser ble styrket i desember 2023, etter at KVV var levert, da Klimaloven § 3. Klimamål for 2030 ble endret fra «Målet skal være at klimagassutslippene i 2030 reduseres med minst 50 og opp mot 55 % fra utslippsnivået i referanseåret 1990» til «(...) reduseres med minst 55 % (...)» i samsvar med Norges oppdaterte klimaforpliktelser i 2022 i henhold til Parisavtalen.

³ Elektrifisering av Nordlandsbanen fra Trondheim til Stjørdal og Meråkerbanen fra Hell til riksgrensen regnes som politisk vedtatt og inngår dermed ikke i KVV-en.

Det er forskjell mellom de ulike ikke-elektrifiserte strekningene i utslipp per passasjerkilometer eller per tonnkilometer, pga. ulikt passasjertall og mengde godstrafikk. Nordlandsbanen har det laveste utslippet per passasjerkilometer, mens Raumabanen har det høyeste (høyere enn transport på vei). Rørosbanen har det laveste utslippet per tonnkilometer. Alle banestrekningene har i dag lavere utslipp per tonnkilometer enn tunge kjøretøy på vei.

Skinnegående arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver skiller seg fra person- og godstransport ved at alle maskinene er dieseldrevne og benyttes dermed både på ikke-elektrifiserte og elektrifiserte strekninger.

KVV-en nevner også årsakene til problemet:

- Det er lang levetid for teknologi på jernbanen, pga. høye investeringskostnader og sterk avhengighet mellom kjøretøy og infrastruktur.
- Jernbanen er et lite marked, også internasjonalt, noe som gjør det til et lite attraktivt marked for teknologiutvikling.
- Klimagassutslippene fra jernbanen er ganske lave, sammenlignet med andre transportsegmenter.
- Manglende krav om utslippsreduksjoner.
- Mangel på alternative energibærere.

Figur 2.1 Jernbanenettet i drift i Norge (ekskl. Ofotbanen) og de ikke-elektrifiserte strekningene



Kilde: NULLFIB2 (Jernbanedirektoratet, 2021), hentet fra KVV Green Vedlegg 1

2.1.2 Øvrige problemer knyttet til dieseldrift på jernbanen

Bruk av diesel har også andre problemer, i tillegg til utslipp av klimagasser. Dieseldriften fører til **lokale miljøpåvirkninger** i form av utslipp av nitrogenoksider, partikler, sot og hydrokarboner. Dieseldrift innebærer også **støyforurensing**. Både utslipp og støy fra dieseldrift påvirker både **befolkningen** i nærheten av togene og **arbeidsmiljøet** til personer som arbeider med kjøretøyene og i kjøretøyenes direkte nærhet, særlig i tunneler, på verksteder og på stasjoner under bakken.

KVU-en hevder at fokuset på utslippsreduksjoner og utvikling av nullutslippskjøretøy globalt vil kunne redusere etterspørselen etter dieseldrevne jernbanekjøretøy globalt, og dermed gjøre **tilgangen på dieseldrevne jernbanekjøretøy** vanskeligere i fremtiden. Spesialiserte arbeidsmaskiner vil antakelig ikke være underlagt like strenge krav som passasjer- og godstog.

KVU-en nevner også lav **energieffektivitet, bedriftsøkonomiske kostnader** (som følge av økte CO₂-avgifter og økte sluttbrukerpriser), **kunde- og brukertilfredshet** og **juridiske begrensninger** for fremtidig salg av bensin- og dieselmotorer for veikjøretøy som mulige problemer knyttet til fortsatt dieseldrift. Kunde- og brukertilfredshet er knyttet til selskapers egne klimamålsetninger: jernbanen oppleves ikke som attraktiv når det er utslipp forbundet med jernbanetransport, samtidig som utslippene fra andre kjøretøy blir redusert. Manglende tiltak for å bidra til klimagassreduksjoner vil kunne virke negativt på jernbanenes omdømme som en klimavennlig aktør.

2.1.3 Forventet utvikling

Problembeskrivelsen drøfter også forventet utvikling framover, bl.a. utvikling i alternative energibærere og tilgang til kjøretøy.

2.2 Vår vurdering av problembeskrivelsen i KVU-en

Problembeskrivelsen gir en grundig oversikt over problemet: *klimagassutslipp fra jernbanen er forventet å øke*. Dette problemet er reelt, og problembeskrivelsen er forankret i NTP 2022-2033 (Samferdselsdepartementet, 2021) og Meld. St. 13 Klimaplan for 2021-2030 (Klima- og Miljødepartementet, 2021). Den norske klimapolitikken har imidlertid ikke definert noen særskilte forpliktelser for utslippsreduksjon i jernbanesektoren, og Norge har for øvrig ingen sektorspesifikke forpliktelser for transportsektoren. Klimagassutslippene fra jernbanen utgjør en forsvinnende liten andel av samlede norske utslipp og av utslippene fra transportsektoren som helhet. Det er viktig å ta i betraktning når man vurderer mulige tiltak.

KVU-en argumenterer for at problemet forventes å øke ved at *jernbanens andel av utslippene* vil kunne øke, og at *jernbanens attraktivitet* vil bli redusert, noe som kan føre til flytting av transport fra tog til vei. Til dette vil vi bemerke at andelen i seg selv ikke er relevant, hvis utslippene fra transportsektoren totalt reduseres fordi andre transportmidler blir utslippsfrie. Tilsvarende er det ikke nødvendigvis negativt fra et klimaperspektiv at transporten flyttes over fra bane til vei, hvis teknologier med lavere utslipp tas i bruk i veitransporten.

Vi vil også bemerke at selv om KVU-en fremhever at jernbanen vil kunne miste sin attraktivitet og mer av transporten vil kunne flyttes over til vei, er det ikke gjennomført analyser eller framskrivninger som tallfester det. Framskrivninger av framtidig godstrafikk oppgis å være basert på NTP-forutsetning som innebærer fortsatt dieseldrift på banestrekningene.

Vi deler ikke KVUs oppfatning av problemer knyttet til tilgang på kjøretøy med forbrenningsmotor i framtiden. Inntil andre kjøretøyteknologier er modnet og konkurransedyktige (og også i en periode etter dette) vurderer vi det som sannsynlig at leveranser av dieselkjøretøy vil fortsette. Vi vil også peke på at forbrenningsmotorer med biodrivstoff eller e-fuel forventes å inngå som en viktig nullutslippsløsning i fremtidens transportsektor (Miljødirektoratet, 2022).

3 Behovsanalyse

Behovsanalysen er grundig og omfattende. Listen av behovene fremstår imidlertid som en ønskeliste, uten prioritering og uten vurdering av styrken i behovene. Til slutt formuleres det et prosjektutløsende behov, knyttet til klimagassutslipp. I tillegg listes det opp «andre viktige behov», i alt ni stykker. Det er dermed vanskelig å vurdere om behovet er reelt for samfunnet, og hva som legges til grunn i den videre analysen.

Tabell 3.1 Vår vurdering av behovsanalysen i KVV-en

	Vurdering
Behovsanalysen beskriver bredden i aktuelle, konkrete behov	Grønn
Behovsanalysen er konsistent mot problembeskrivelsen	Grønn
Behovsanalysen identifiserer relevante interessenter	Grønn
Behovsanalysen inneholder en vurdering av styrken i behovene	Rød
Behovet som legges til grunn for den videre utredningen er reelt	Gul
Samlet vurdering	Gul

3.1 Innholdet i KVV-en

Behovsbeskrivelsen består av kapittel 3 i Hovedrapporten, Vedlegg 3 Behovsanalyse, Vedlegg 3.1 Interessentanalyse og Vedlegg 3.2 Arbeidsverksted 1. Arbeidsverkstedet som kartla interessenters behov fant sted 8. september 2022. Både eiere og brukere av infrastrukturen og kjøretøyene deltok på arbeidsverkstedet.

3.1.1 Normative, etterspørselsbaserte og interessentbaserte behov

Behovene som kommer frem i behovsanalysen, er kartlagt med tre ulike metoder:

- **Behov kartlagt med normative metoder** er utledet av politisk vedtatte mål.
 - Normative mål tar utgangspunkt i globale avtaler om å begrense klimagassutslipp, Norges internasjonale forpliktelser, FNs bærekraftsmål, politiske målsettinger for transportsektoren, arbeidsmiljø, lokale miljøpåvirkninger, samt krav til jernbanen og sikkerhet.
- **Behov kartlagt med etterspørselsbaserte metoder** tar utgangspunkt i forholdet mellom tilbudt kapasitet/ytelse og etterspørsel, basert på observerte tilstander i dag og prognoser for utviklingen.
 - Etterspørsel etter klimavennlige transportløsninger har økt og er forventet å øke framover. Det er med andre ord avdekket et behov for å imøtekomme de reisendes, vareeierne og transportselskapenes økende forventninger og krav til klimavennlige løsninger. Samtidig fremholdes det at det er prisen for å frakte godset som er avgjørende for valget av transportmiddel.
 - Etterspørsel etter jernbanetransport på de aktuelle (ikke-elektrifiserte) strekningene er kartlagt.
- **Behov kartlagt med interessentbaserte metoder:** Interessenter, som berøres av det aktuelle tiltaket, kartlegges og deles i primære, sekundære og andre interessenter.

- Eierne og brukerne av infrastrukturen og kjøretøyene er primære interessenter, mens kjøretøyleverandører og industrielle aktører betraktes som sekundære interessenter.
- Interessenter har behov for et togtilbud med god kvalitet, for forutsigbarhet og tydelige føringer med tanke på valg av løsning, for interoperabilitet med naboland, energieffektivitet, mm.

Tabell 3.2 oppsummerer behovene som er identifisert i behovsanalysen. Både normative, etterspørselsbaserte og interessentbaserte behov er kategorisert som enten prosjektutløsende behov eller andre behov. Dette medfører at det er hele 8 prosjektutløsende behov og 20 andre behov.

I sitt svar til Notat 1 forklarer Jernbanedirektoratet at «prosjektutløsende behov» er behov som bidrar til målet om klimagassreduksjon.

Tabell 3.2 Behov i behovsanalysen

Normative behov	Prosjektutløsende behov	Jernbanesektoren etterlever og bidrar til å oppfylle de nasjonale forpliktelsene til å halvere klimagassutslippene innen 2030 og oppnå et lavutslippssamfunn innen 2050. Jernbanens attraktivitet opprettholdes for å unngå en økning i veitrafikken i de lange korridorene av hensyn til trafiksikkerhet og lokalmiljø. Jernbanen etterlever og bidrar til å oppfylle Norges forpliktelser til FNs bærekraftsmål.
	Andre behov	Jernbanen etterlever kravene i Jernbaneforskriften uansett driftsform. Jernbanen oppfyller de krav som lokale planmyndigheter og DSB stiller på den infrastruktur som kreves for den alternative energibæreren. Kjøretøyene oppfyller et akseptabelt nivå på sikkerhet i henhold til forskriftene. Jernbanen minimerer negativ påvirkning på arbeidsmiljø og lokalmiljø, for eksempel i form av luftforurensning og støy.
Etterspørselsbaserte behov	Prosjektutløsende behov	For at jernbanen skal opprettholde sin konkurranseevne, er det behov for at den imøtekommer kundenes krav og forventninger til null/reduerte utslipp av klimagasser. Kundene og operatørene har imidlertid behov for at dette ikke realiseres på bekostning av øvrige kvaliteter i togtilbudet, da transporttjenestene på jernbanen møter konkurranse fra andre transportmidler.
	Andre behov	Det er avdekket behov for økt kapasitet, spesielt på Nordlandsbanen. Endring i energibærer forventes ikke å alene kunne løse dette behovet, men kan bidra til dette i kombinasjon med andre virkemidler (lengre/flere kryssingsspor og andre kapasitetsøkende tiltak) Det er behov for løsninger som ivaretar operatørens mulighet til å opprettholde togtilbudet, med hensyn til avstander, framføringstid, trekkraft, nordisk klima og andre operative forhold Det er behov for løsninger som sikrer interoperabilitet med andre land. Det må være lov og praktisk mulig å benytte kjøretøy som benyttes i Norge også i Europa, særlig for godskjøretøy som gjerne kjører via Sverige. Det er behov for løsninger som er del av et velfungerende marked for kjøp, salg og vedlikehold av kjøretøyene. Dette påvirkes av hvor bredt de aktuelle tekniske løsningene benyttes i andre land, grad av standardisering og grad av interoperabilitet. Det er behov for å samkjøre endringer i kjøretøy- og arbeidsmaskinflåten med eventuelle endringer i infrastrukturen for kjøretøy som skal byttes ut på kort og mellomlang sikt. Kjøretøy eiere og leasere av kjøretøy/ arbeidsmaskiner har behov for tydelige og pålitelige føringer for endringer i energibærer i så god tid som mulig for å kunne omstille seg. Det er behov for å finne løsninger for kjøretøy og arbeidsmaskiner som vil ha en bruksverdi etter overgang til andre energibærere enn fossil diesel, slik at verdiene selskapene har investert i sitt materiell gir avkastning/verdien kan gjenvinnes og investeres i tilpasset materiell. Overgangen til nye kjøretøy er en krevende periode for eiere/leasere av kjøretøy og arbeidsmaskiner, spesielt for ikke-statlige eiere og brukere av kjøretøy. Det er behov for overgangsløsninger som sikrer at disse selskapene kan bli med på overgangen til løsninger med reduserte/null utslipp.
Interessentbaserte behov	Prosjektutløsende behov	Kostnader for transporttjenesten som er akseptable for kundene
		Et pålitelig og driftssikkert togtilbud med tilstrekkelig punktlighet og lav grad av innstillinger
		Markedsrelevant framføringstid
		Tilstrekkelig transportkapasitet og trafikkapasitet iht. Markedets behov
		Det er behov for å ivareta muligheten for interoperabilitet med naboland.

Andre behov	For å unngå ytterligere omstillinger i framtiden, er det behov for at løsningen(e) som velges vil fungere godt også på lang sikt
	Det er behov for bedre arbeidsmiljø (herunder mindre støy og lokale utslipp) for de som jobber med jernbanen og for de reisende, og for de som bor i nærheten av jernbanen
	Det er behov for løsninger som er energieffektive og som bidrar til at samfunnets energiresurser brukes på en hensiktsmessig måte
	Det er behov for tilrettelegging og tydelige føringer for anskaffelse av lav- /nullutslippskjøretøy og maskiner, og støtteordninger som hjelper aktørene over til eventuelle nye driftsformer/energibærere.
	Det er behov for at arbeidsmaskinene er kompatible med hele jernbanenettet.
	Det er behov for at nye energibærere sørger for at arbeidsmaskinene klarer oppgavene sine.
	Det er behov for å sikre kontinuerlig tilgjengelighet (anskaffelse og lovlig bruk) av nødvendige arbeidsmaskiner.
	Det er behov for å sikre at eventuelle krav som stilles til lav- /nullutslippsløsninger for arbeidsmaskiner i konkurranser om drift og vedlikehold faktisk kan imøtekommes av tilbydernes arbeidsmaskinflåter, og at entreprenørenes arbeidsmaskiner er relevante å tilby i flere markeder enn norsk jernbane
	For arbeidsmaskiner er det behov for løsninger som bidrar til kostnadseffektiv drift og vedlikehold av jernbanen, noe som bl.a. påvirkes av kapitalkostnad, energiprisen, vedlikeholdskostnad, utnyttelsesgraden av kjøretøyene og grad av standardisering.
Aktører i energibransjen har behov for tydelighet og langsiktighet, slik at usikkerhet knyttet til om jernbanen vil være en mulig kjøper, av deres teknologi og energi, blir så liten som mulig.	

Kilde: KVU Green Vedlegg 3 Behovsanalyse, s. 33-34

3.1.2 Det prosjektutløsende behovet

Til slutt er det prosjektutløsende behovet formulert som:

Samfunnet har behov for at jernbanesektoren bidrar til at Norges forpliktelser til å redusere klimagassutslipp nås.

(KVU Green Hovedrapport kapittel 3, s. 23)

I tillegg listes det opp «andre viktige behov», i alt ni stykker. Her inngår både arbeidsmiljø, lokalmiljø, regelverk, behov for forutsigbarhet, kompatibilitet av arbeidsmaskiner, mm.

Det prosjektutløsende behovet er noe annerledes formulert i Vedlegg 3 Behovsanalyse (side 35): «Jernbanen har behov for å bidra til at Norges forpliktelser til å redusere klimagassutslipp nås.»

3.1.3 Interessekonflikter

KVU-en påpeker mulige interessekonflikter.

Godstrafikk på jernbanen er konkurranseutsatt, med konkurranseflate mot andre transportformer, mens persontrafikken er statlig støttet (subsidiert). Godstransport er dermed mer følsom for endringer i driftskostnader og kundegrunnlaget. Dette gir en interessekonflikt med hensyn til økonomisk risiko assosiert med valg av energibærere.

Videre kan det bli en interessekonflikt som følge av ulike behov for fleksibilitet. Mens persontogtrafikken følger et forutsigbart driftsopplegg, har godstrafikken behov for en løsning som gir fleksibilitet, f.eks. kan lokomotivene bli brukt til ulike driftsoppgaver til ulike tider. Dette kan medføre at ulike typer energibærere egner seg best for de to typene av trafikk.

Godstrafikken blir utelukkende utført av lokomotiver, mens både motorvogner og lokomotiver brukes i persontrafikken. Dette kan innebære en interessekonflikt dersom teknologiutviklingen for ulike typer maskiner ikke har kommet like langt.

Det er også en potensiell interessekonflikt mellom eiere av infrastruktur, togmateriell og operatører fordi ulike løsninger/energibærere gir ulike kostnadsfordelinger mellom infrastruktur, togmateriell og drift. Det kan også være en interessekonflikt mellom leverandører av teknologiske løsninger for alternative energibærere og mellom leverandører av ulike energibærere.

3.2 Innholdet i supplerende dokumenter

Jernbanedirektoratet utdyper i sitt tilsvar til Notat 1 (Kommentarer til Notat 1 – KS1 av KVV Green, datert 7.11.2023): «Behovene er kategorisert ut fra om de er prosjektutløsende – altså om de bidrar til klimagassreduksjoner, eller om de reflekterer andre behov. En ytterligere finmasket styrkegradering var det ikke rom for å analysere i prosjektet».

3.3 Vår vurdering av behovsanalysen i KVV-en

Behovsanalysen er svært omfattende og beskriver mange ulike behov på ulike nivåer. Den inneholder en kartlegging av relevante interessenter/aktører, og får frem hvem som berøres av tiltaket. Utredningen beskriver både bredden i aktuelle behov og vurderer elementer som kan gi interessekonflikter.

Altfor mange behov – og flere prosjektutløsende behov

Det er listet opp flere prosjektutløsende behov, både under normative, etterspørselsbaserte og interessentbaserte behov. I tillegg inneholder listen «andre behov». Dette medfører at det er hele 8 prosjektutløsende behov og 20 andre behov.

Til slutt er det formulert ett prosjektutløsende behov, som er konsistent mot problembeskrivelsen. I tillegg er det formulert ni «andre viktige behov». Det fremkommer dermed ikke tydelig hvilket behov som skal legges til grunn for den videre utredningen.

I sitt svar til Notat 1 forklarer Jernbanedirektoratet at «prosjektutløsende behov» er behov som bidrar til målet om klimagassreduksjon. Imidlertid handler ingen av de fire prosjektutløsende behovene, som er nevnt under interessentbaserte behov, om reduksjon av klimagassutslipp, men for eksempel om lave kostnader eller kvaliteten ved togtilbudet («Kostnader for transporttjenesten som er akseptable for kundene»; «Markedsrelevant framføringstid»), se Tabell 3.2 ovenfor.

Jernbanedirektoratets svar på Notat 1 kan tolkes dithen at behovene som er kategorisert som prosjektutløsende behov under normative og etterspørselsbaserte behov (jf. Tabell 3.2) og som bidrar til klimareduksjoner, også er de behovene det skal legges til grunn for den videre utredningen. Selv med denne presiseringen blir det fremdeles ikke tydelig om det er behov for klimagassreduksjoner eller behov for å opprettholde jernbanens attraktivitet og konkurransevne som danner det viktigste premisset for den videre utredningen.

Flere av behovene er interessentenes ønsker, ikke samfunnets behov

KVV-en beskriver mange ulike behov på ulike nivåer, fra globale utslippsreduksjon og FNs bærekraftsmål til konkrete og selvsagte behov som «Jernbanen etterlever kravene i Jernbaneforskriften uansett driftsform» og «nye energibærere sørger for at arbeidsmaskinene klarer oppgavene sine». Noen behov er fornuftige ønsker som sikrer optimal drift («Det er behov for å ivareta muligheten for interoperabilitet med naboland»), andre fremstår som ønsker om lave priser («Kostnader for transporttjenesten som er akseptable for kundene») eller om subsidier («Det er behov for tilrettelegging og tydelige føringer for anskaffelse av lav- /nullutslippskjøretøy og maskiner, og støtteordninger som hjelper aktørene over til eventuelle nye driftsformer/energibærere») og «Det er behov for overgangsløsninger som sikrer at disse selskapene kan bli med på overgangen til løsninger med reduserte/null utslipp.»). Behovsanalysen fremstår til tider som ulike aktørers ønskeliste heller enn en analyse av samfunnets behov. Noen behov er også formulert som «behov for løsninger for ...».

Styrken og relevansen i behovene er ikke vurdert

Styrken og relevansen i de identifiserte behovene er heller ikke vurdert. I sitt svar til Notat 1 skriver Jernbanedirektoratet at tidsrammen for KVV-prosessen ikke ga rom for en «ytterligere finmasket styrkegradering» av behovene. Vi etterlyser det motsatte: en tydeligere prioritering og vurdering av relevansen av behovene.

Behov for nye kjøretøy?

Behov for å anskaffe nye kjøretøy ble nevnt på oppstartsmøtet, og ser ut til å danne en viktig føring senere i analysen.

Behovet for å anskaffe nye kjøretøy er nevnt i behovsanalysen, der det oppgis at regiontog Type 93 vil nå sin forventede levealder i 2032 (jf. Vedlegg 3, s. 21). Norske tog har derfor behov for å vite hvilken energibærer som skal benyttes i framtiden for å unngå midlertidige løsninger. Det tar omtrent fem år å anskaffe nye togsett utenom allerede inngåtte rammeavtaler. Tilsvarende har godsoperatørene behov for å planlegge en ev. Overgang til nye energibærere.

Dette behovet nevnes imidlertid ikke som et prosjektutløsende behov eller fremmes som et sterkt behov som skal imøtekommes i den skriftlige dokumentasjonen av KVV-en ellers. Det er bl.a. ikke nevnt som ett av de 28 behovene i Tabell 3.2. Det er derfor uklart hvor viktig dette behovet har vært eller hvilke føringer det har gitt for resten av analysen.

3.4 Våre innspill

Prosjektutløsende behov må være knyttet til behovet for å redusere utslipp slik at Norge skal overholde sine forpliktelser innenfor klimapolitikken.

Kostnadseffektivitet er en viktig føring i norsk klimapolitikk, sammen med prinsippet om at forurenseren skal betale. Siden skaden av klimagasser er uavhengig av hvor utslippene kommer fra, er det heller ikke viktig hvilken sektor som reduserer utslippene. På denne måten kan klimamålene oppnås mest mulig effektivt, og samfunnets ressurser brukes effektivt. I tråd med dette foreslår vi å endre det prosjektutløsende behovet til:

Samfunnet har behov for at jernbanesektoren bidrar til at Norges forpliktelser til å redusere klimagassutslipp nås på en kostnadseffektiv måte.

Vi har med andre ord føyd til «på en kostnadseffektiv måte» til den opprinnelige formuleringen av behovet fra KVV.

Omformuleringen er i tråd med føringer gitt i tildelingsbrev til Statsbudsjettet 2022, nr. 3 fra Samferdselsdepartementet til Jernbanedirektoratet av 4. april 2022, der det blant annet framgår at det skal gis en «*vurdering av rekkefølgen av tiltak basert på samfunnsøkonomisk kostnad per tonn CO₂.*»

Vi legger dette prosjektutløsende behovet til grunn for vår videre analyse.

4 Strategiske mål

Samfunnsmålet skal gi en overordnet begrunnelse for tiltaket som er i tråd med samfunnets mål og prioriteringer. Vi mener at samfunnsmålet for dette tiltaket burde inneholde kostnadseffektivitet også eksplisitt. Det at klimamålene skal oppnås mest mulig kostnadseffektivt er et viktig prinsipp i norsk klimapolitikk, og bør derfor komme tydelig fram i enhver vurdering av utslippsreducerende tiltak.

Det er altfor mange og altfor sprikende effektmål. Effektmålene er oppgitt i prioritert rekkefølge, slik at utslippsreduksjoner på kort sikt (2030) er viktigere enn på lang sikt (2050), men prioriteringen mellom dem er ikke begrunnet. Denne prioriteringen virker førende for den videre analysen, i og med at man ser bort fra utsettelsesalternativet. Prioriteringen av kortsiktige utslippsreduksjoner virker inkonsistent mot den senere analysen, siden ingen av konseptene som er utredet i alternativanalysen blir klare til 2030.

Noen av effektmålene (særlig E3) virker vilkårlige, mens andre (E4) bærer preg av å være interessentenes ønskeliste. Dette er problematisk, siden effektmålene gir sterke føringer for utsiling av konseptene senere i analysen (i mulighetsstudien og i alternativanalysen).

Vi foreslår ny formulering av samfunnsmål og effektmål, som begge inneholder prinsippet om kostnadseffektivitet.

Tabell 4.1 Vår vurdering av strategiske mål i KVV-en

	Vurdering
Samfunnsmålet	🟡
Effektmålene	🔴
Prioriteringen mellom effektmålene er tydelig	🟡
Målene er konsistente mot problembeskrivelsen og behovsanalysen	🟡
Målkonflikter	🔴
Samlet vurdering	🔴

4.1 Innholdet i KVV-en

Strategiske mål er beskrevet i kapittel 4 i Hovedrapporten og Vedlegg 4 Strategiske mål og rammebetingelser. Med utgangspunkt i problembeskrivelsen og behovsanalysen defineres det strategiske mål for virkningene av tiltaket.

4.1.1 Samfunnsmål

Samfunnsmålet skal beskrive den positive tilstanden eller utviklingen som prosjektet skal bygge opp under og gi den overordnede begrunnelsen for tiltaket. Samfunnsmålet i KVV er:

«Reduserte klimagassutslipp fra jernbanen.»

Kilde: KVV Green, Hovedrapport kapittel 4, s. 24

Samfunnsmålet følger av det prosjektutløsende behovet om å redusere klimagassutslipp.

KVV-en nevner at selv om utslippene fra jernbanesektoren utgjør en liten andel av totale utslipp, er det likevel en ikke ubetydelig mengde utslipp. Jernbanens andel av utslippene vil imidlertid kunne øke når andre sektorer gjennomfører tiltak for å redusere sine utslipp.

KVV-en peker også på løsninger og nevner, med henvisning til Klimakur 2030, at det finnes godt utprøvde og relativt billige utslippsfrie teknologier i jernbanesektoren, noe som gjør at jernbanen kan bidra til utslippsreduksjon raskt. Videre fremholder KVV-en at det er viktig å beholde jernbanens attraktivitet og relevans som transportmiddel.

4.1.2 Effektmål

Effektmålene skal beskrive hvilke prosjektspesifikke virkninger som søkes oppnådd for ulike interesser.

Effektmålene er angitt i prioritert rekkefølge med tilhørende vurderingsmetode (indikator) og måleenhet, se Tabell 4.2 nedenfor.

Tabell 4.2 Effektmålene

Effektmål	Vurderingsmetode KVV/Indikator	Måleenhet
1. Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres med minst 55 % innen 2030	Beregning av endring i transportsektorens utslipp av CO ₂ -ekv., inkludert økt trafikk, i 2030.	Beregning av endring utslipp tonn CO ₂ e per år fra jernbanesektoren, byggefase, iht. vanlig praksis.
2. Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres med 90-95 % innen 2050	Beregning av endring i transportsektorens utslipp av CO ₂ -ekv., inkludert økt trafikk, i 2050.	Beregning av endring utslipp tonn CO ₂ e per år fra jernbanesektoren, byggefase, iht. vanlig praksis.
3. Energiøsninger for jernbanen gir mer effektiv bruk av samfunnets samlede energiresurser	Energieffektivitet Well-to-wheel brukes for å måle energieffektiviteten og hvor mye energitap det er gjennom energikjeden.	Well-to-wheel i prosent. Well-to-tank og tank-to-wheel kan også bli brukt for å dele opp de forskjellige delene av energiprosessen der det anses som nødvendig.
	Gradering av om jernbanen bruker en uforholdsmessig stor andel av en knapp energiresurs, som kunne vært benyttet i sektorer som ikke har andre gode alternativer for å redusere sine utslipp.	Kvalitativ vurdering med score.
4. Togtilbudets attraktivitet ivaretas uavhengig av valgte klimavennlige løsninger	Egenskaper ved alternativet som påvirker <ul style="list-style-type: none"> • punktlighet, • transportkapasitet per avgang, • trafikkapasitet • togframføringstid • driftskostnader og pris per kjøretøy 	Kvalitativ score: <ul style="list-style-type: none"> • Akselerasjonsevne • Trekkraft • Ulemper for togtilbudet som følge av lade-og-tankestopp • Konsekvenser for effektiv tog-lengde • Aksellast

Kilde: KVV Green Hovedrapport, s. 24

Effektmål 1 og 2 – jernbanen skal bidra til at transportsektorens utslipp reduseres med minst 55 % innen 2030 og 90–95 % innen 2050 – begrunnes med utgangspunkt i Norges forpliktelser under Parisavtalen og politiske mål. Utslippsreduksjoner settes i sammenheng med resten av transportsektoren: det er utslippene fra hele transportsektoren som skal reduseres. KVV-en argumenter samtidig for at også totale (globale) klimagassutslipp skal beregnes; «KVV Green vil likevel forsøke

å beregne totale klimagassutslipp for å få frem den totale klimaeffekten» (Vedlegg 4 Strategiske mål og rammebetingelser, s. 6).

Effektmål 3 – mer effektiv bruk av samfunnets samlede energiresurser – begrunnes bl.a. med energikrisen i Europa, og at det er viktig at jernbanen ikke bruker en uforholdsmessig stor andel av knappe energikilder som kan være nødvendig for omstilling i andre sektorer.

Effektmål 4 – ivareta togtilbudets attraktivitet – har sitt utgangspunkt i at kunder ikke nødvendigvis vil belønne økt klimavennlighet, hvis det medfører økte kostnader. Det er antatt at økt klimavennlighet vil bidra til å øke jernbanens attraktivitet, siden mange kunder ønsker lav- eller nullutslippstransport. Samtidig er klimavennlighet alene ikke nødvendigvis nok til å gjøre jernbanetransporten konkurransedyktig. Effektmål 4 er dermed formulert for å sikre at jernbanen ikke taper markedsandeler. Det er definert fem kvaliteter/egenskaper som er viktige for et godt togtilbud; av disse avledes det fem indikatorer som vist i Tabell 4.2.

4.1.3 Resultatmål

Kapittelet om strategiske mål omtaler også resultatmål. Det er valgt én målprioritering for prosessen frem til og med forprosjektet, og en annen for den videre detaljplanlegging.

Målprioritering i forprosjekt for investeringsbeslutning er (1) tid, (2) ytelse, (3) kostnad. Begrunnelsen for denne prioriteringen er at det haster å ta et valg av konsept, slik at aktørene snarest mulig kan innrette seg etter det valgte konseptet. Dernest er det viktig at konseptet gir god ytelse (uttrykt ved reduserte klimagassutslipp, energieffektivitet og attraktivitet).

Etter at konseptet er vedtatt, vil ytelse og kostnad vektas høyere enn tid i detaljprosjektering/gjennomføring for ferdigstillelse av tiltak. Begrunnelsen for dette er at det da vil være viktig at det valgte konseptet baseres på modnet teknologi som gir mest mulig ytelse for pengene – og at aktørene får tid til å tilpasse seg det valgte konseptet. Utredningen påpeker også at tid ikke er uvesentlig i denne fasen heller, da størst mulig klimaeffekt skal akkumuleres innen 2050.

4.1.4 Målkonflikter

KVV-en nevner kort målkonflikt mellom tiltak for reduksjon av jernbanens klimagassutslipp og andre tiltak for å øke jernbanens attraktivitet.

4.2 Innholdet i supplerende dokumenter

Som tilsvar til Notat 1 har Jernbanedirektoratet utarbeidet et notat, Kommentarer til Notat 1 – KS1 av KVV Green, datert 7.11.2023. Notatet inneholder også utfyllende informasjon om mål.

4.3 Vår vurdering av strategiske mål i KVV-en

Vår overordnede vurdering av strategiske mål er at selv om målene følger av problembeskrivelsen og behovene, er det for mange og sprikende mål, og de legger unødvendige føringer for den senere analysen.

Både samfunnsmålet og effektmålet burde inneholde *kostnadseffektivitet* for å være konsistent med problembeskrivelsen og behovsanalysen.

Effektmålene er ikke godt nok begrunnet, og ser ut til å gi sterke føringer for utsiling av konseptene.

4.3.1 Vår vurdering av samfunnsmålet

Samfunnsmålet gir en overordnet begrunnelse for tiltaket som er i tråd med samfunnets mål og prioriteringer.

Samfunnsmålet er tett knyttet til problembeskrivelsen, ved å vise til at det er betydelige klimagassutslipp fra de ikke-elektrifiserte banene, og klimagassreduksjoner i andre sektorer vil kunne medføre at jernbanens andel av utslippene vil kunne øke i framtiden. Samfunnsmålet tar også utgangspunkt i behovsanalysen. Til tross for dette får man inntrykk av at det legges til grunn en strengere tolkning av behovene enn i behovsanalysen: «det er behov for å redusere klimagassutslippene fra jernbanesektoren» (KVV Vedlegg 4 Strategiske mål og rammebetingelser, s. 4). Her er det snevret inn fra samfunnet som helhet til jernbanesektoren. Dette kan gi føringer til analysen senere.

Samfunnsmålet burde inneholde kostnadseffektivitet

Vi mener at samfunnsmålet også burde inneholde *kostnadseffektivitet*, f.eks. «Jernbanen skal bidra til å redusere klimagassutslipp på en kostnadseffektiv måte» eller «Jernbanen skal støtte opp under en kostnadseffektiv klimapolitikk». Dette ville fremdeles vært konsistent med problembeskrivelsen og mandatet for KVV⁴, samtidig som det følger viktige prinsipper i norsk klimapolitikk. Det ville også gitt en tydeligere retning til mulighetsstudien.

Kostnadseffektivitet vil fremkomme i alternativanalysen, gjennom beregning av tiltakskostnader. Hvis noen relevante alternativ derimot er silt vekk før de kommer til alternativanalysen, får man ikke foretatt den fullstendige vurderingen av disse alternativene.

I tilsvar til Notat 1 fastholder Jernbanedirektoratet at alle sektorer må bidra til nullutslippsløsninger, med henvisning til rapporten fra Klimautvalget 2050 (NOU 2023:25) som skriver at «så godt som alle klimagassutslipp må være fjernet for godt innen 2050». Vi er enige i at i lavutslippssamfunnet må så godt som alle utslipp være fjernet. Det utelukker likevel ikke at arbeidet med utslippsreduksjoner *på veien til lavutslippssamfunnet* må baseres på kostnadseffektivitet. Også rekkefølgen i utslippsreduksjoner bør skje kostnadseffektivt. På mellomlang og lang sikt (2040–2050 og utover) kan det komme betydelig teknologiutvikling som kan gi muligheter til å redusere utslippene til lavere kostnad enn med dagens teknologi. Det vil også være svært dyrt å redusere de siste utslippene, så noe utslipp vil gjenstå i 2050.

Mangler drøfting av samfunnets mål og prioriteringer på andre områder

Retningslinjene til Statens prosjektmodell krever også at det drøftes hvorvidt prosjektet er i tråd med samfunnets mål og prioriteringer på andre områder (Finansdepartementet, 2023). Selv om

⁴ Tildelingsbrev til Statsbudsjettet 2022, nr. 3 fra Samferdselsdepartementet til Jernbanedirektoratet av 4. april 2022

KVU-en setter utslippene fra jernbanen i en sammenheng med resten av samferdselssektoren (det er utslipp fra transport totalt som skal reduseres, og man skal unngå å overføre transport fra tog til vei), drøftes ikke muligheter til *kostnadseffektive utslippsreduksjoner* fra samferdselssektoren eller fra samfunnet som helhet. Dette er relevant, i lys av at utslipp fra jernbanen er beskjedne allerede i dag, og det samtidig foregår en utvikling av lav- og nullutslippsteknologier i hele samfunnet, inkludert veitransport.

KVU-en viser riktignok til at en overgang til nullutslippsløsninger for jernbane var i den rimeligste kategorien med tiltak i Norge i Klimakur 2030 (Miljødirektoratet, Enova, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet og NVE, 2020). Dette er imidlertid en sirkelreferanse til eget tidligere arbeid, som viser til beregninger av Nordlandsbanen som case.⁵ Som vi viser i vår alternativanalyse senere, er det enkelte strekninger på Nordlandsbanen blant de aller billigste tiltakene, mens andre strekninger har mye høyere tiltakskostander. Det er for øvrig uklart hvorvidt denne tiltakskostanden i Klimakur 2030 inneholder den samme feilen som beregninger av tiltakskostnaden som i versjon 1 av denne KVU-en. Hvorvidt og hvilke nullutslippsløsninger på jernbanen som eventuelt er kostnadseffektive skal beregnes i den samfunnsøkonomiske analysen senere i KVU-en. Da er det viktig at ingen relevante alternativer er silt ut på forhånd, noe vi kommer tilbake til under drøftingen av effektmålene nedenfor.

Jernbanetransportens attraktivitet er ikke et klimamål

KVU-en trekker også fram at det er viktig å beholde jernbanetransportens relevans som transportmiddel. I klimasammenheng er det ikke viktig å beholde jernbanens andel av den totale transporten, hvis andre transportmidlene går over til lav- eller nullutslippsteknologier. Målet om å overføre gods fra vei og sjø til jernbane har blant annet vært begrunnet i at jernbanen har hatt lavere utslipp. Det kan riktignok være andre problemer med økt veitransport, som f.eks. økt kø og trengsel, flere ulykker, mm.

Oppsummert har samfunnet behov for at klimaforpliktelsene innfris til lavest mulig kostnader, slik at det ikke går uhensiktsmessig på bekostning av andre viktige saker (skole, helse og velferd). Det er ikke et selvstendig behov for samfunnet at jernbanesektoren kutter egne direkte utslipp, med mindre de har muligheter til å redusere utslipp til en lavere kostnad enn andre sektorer.

Drøftingen av samfunnsmålet peker på mulige løsninger

Videre pekes det på mulige løsninger, ved at det nevnes at godt utprøvde utslippsfrie teknologier er tilgjengelig i jernbanesektoren. Dette gjentas og fremheves også i Jernbanedirektoratets tilsvarende Notat 1. Vi forstår det slik at her pekes det på elektrifisering (kontaktledning), som er den eneste velprøvde teknologien utenom biodiesel. Det skjer en stor utvikling av andre mulige teknologier, f.eks. batterier og hydrogen, og vi kan forvente store teknologiske endringer i løpet av analyseperioden på 75 år. Også mandatet til KVU etterspør en vurdering av andre energibærere:

⁵ KVU-ens Vedlegg 4 Strategiske mål og rammebetingelser (s. 4): «Klimakur 2030 viser at overgang til nullutslippsløsninger for jernbane er i den rimeligste kategorien med tiltak (< 500 kr/tonn) blant kartlagte tiltak for reduserte utslipp av klimagasser i Norge.» I Klimakur 2030 s. 147 står det: «Jernbanedirektoratet har utredet muligheter for nullutslippsløsninger på jernbanestrekningene hvor det fremdeles benyttes diesel. Her er flere alternativer til dieseldrift vurdert. Basert på foreløpige samfunnsøkonomiske beregninger med Nordlandsbanen som case er det inkludert et tiltak som går ut på at dieseltogene erstattes med batterielektriske tog i kombinasjon med deelektrifisering av jernbanestrekningen. Dette er beregnet til å ha en tiltakskostnad på under 500 kr/tonn CO₂-ekvivalent.»

«Utredningene har vist at det er flere løsninger som kan gi reduserte utslipp og kostnadsbesparelser sammenlignet med full elektrifisering.»

4.3.2 Vår vurdering av effektmålene

Effektmålene beskriver hvilke virkninger som ønskes oppnådd, for samfunnet og for interessenter. Effektmålene er prosjektspesifikke og beskriver egenskaper ved tiltaket. Til hvert effektmål er det knyttet en indikator som gir grunnlag for å sammenligne måloppnåelse mellom ulike konsepter, og som gir mulighet til å verifisere måloppnåelse i ettertid.

Det er imidlertid altfor mange og altfor sprikende effektmål. Prioriteringen mellom dem er ikke begrunnet. Noen av effektmålene (særlig E3) virker vilkårlig, mens andre (E4) bærer preg av å være en ønskeliste. Noen av effektmålene er delvis overlappende. Effektmålene burde også inneholdt prinsippet om kostnadseffektivitet (se drøfting under samfunns målet ovenfor).

Effektmål 1 og 2

Effektmål 1 og 2 begrunnes med utgangspunkt i klimapolitiske mål. Utslippsreduksjonene settes i sammenheng med resten av transportsektoren, og samtidig legges det til grunn at transportsektoren bør ha samme utslippsreduksjonsmål som de norske klimaforpliktelsene, uten å drøfte hva som er kostnadseffektiv reduksjon i et samfunnsperspektiv. I Klimameldingen (Klima- og Miljødepartementet, 2021) er det et mål at utslippene i transportsektoren skal reduseres med 50 % innen 2030, men Norge har ingen sektorspesifikke klimaforpliktelser for transportsektoren. Det er med andre ord ikke gitt at alle sektorer, herunder transportsektoren, skal redusere sine utslipp med 55 % innen 2030 og 90-95 % innen 2050 – og i alle fall ikke gitt at jernbanen skal det. Måleenheten som benyttes for effektmål 1 og 2 er også strammere enn selve effektmålene, ettersom de dreies rundt utslippsreduksjoner fra jernbanen selv og ikke fra transportsektoren som helhet. Dette er for øvrig inkonsistent i KVV-en: i teksten står det at måleenheten er satt til *utslipp fra transportsektoren som helhet* (Hovedrapport, s. 26), mens i tabellen er *utslipp fra jernbanen* angitt som måleenhet (Hovedrapport, s. 25, gjengitt som Tabell 4.2 her).

Det nevnes også at siden jernbanesektoren i dag slipper ut svært lite klimagasser, sammenlignet med resten av transportsektoren, er det viktig at ev. tiltak ikke flytter trafikk over til transportformer som gir høyere totale utslipp. Dette er riktig, men argumentet ser bort fra at det skjer utvikling i lavutslippsteknologier også i andre transportformer, som nevnt ovenfor. I mandatet for KVV framgår det at rekkefølgen av tiltak skal basere seg på samfunnsøkonomisk kostnad per tonn CO₂. Det er dermed tiltakskostnaden sammenlignet med kostnadene for andre tiltak i samferdselsessektoren og andre sektorer som bør være førende for hvor store utslippskutt enkeltsektorer skal gjennomføre.

Effektmålene er angitt i prioritert rekkefølge, slik at utslippsreduksjoner på kort sikt (2030) er viktigere enn på lang sikt (2050). Det er imidlertid ingen drøfting av hvorfor utslippsreduksjoner på kort sikt er viktigere. Denne prioriteringen virker førende for den videre analysen, i og med at man ser bort fra utsettelsesalternativet. En utsettelse av beslutningen vil for det første kunne gi en mulighet for modning av teknologier og kostnadsreduksjon, for det andre en mulighet til å satse på teknologien som gir størst utslippsreduksjon totalt, mao. at man ikke låser seg inn en suboptimal teknologi som gir store utslippsreduksjoner på kort sikt, men mindre reduksjoner på lang sikt.

Prioriteringen av utslippsreduksjon på kort sikt er også inkonsistent mot den senere analysen, da det viser seg at ingen av konseptene vil være klare innen 2030.

Effektmål 3

Effektmål 3 – effektiv bruk av samfunnets samlede ressurser og ikke bruke en knapp ressurs – fremstår som et vilkårlig og normativt mål der utreder fastsetter hvem som skal få tilgang til og bruke de ulike ressursene. Prinsipielt er alle ressurser som har en (positiv) pris, knappe ressurser, og det er riktigst å anvende de knappe ressursene der hvor betalingsvilligheten er høyest.

Indikatoren for effektmål 3 er bl.a. kvalitativ vurdering (gradering) av «om jernbanen bruker en forholdsmessig stor andel av en knapp energiressurs, som kunne vært benyttet i sektorer som ikke har andre gode alternativer». Det virker veldig krevende å gjennomføre en slik kvalitativ vurdering – det vil kreve inngående kjennskap til mulighetene i alle andre sektorer, i tillegg til jernbanen. Tiltakskostnad vil imidlertid gi denne informasjonen på tvers av sektorer. Derfor er det viktig å ikke sile ut alternativer for tidlig.

Dette effektmålet er særlig problematisk, ettersom det brukes senere til å sile ut relevante alternativer som vi mener burde vært utredet (K1 Ikke-fossil diesel). Vi kommenterer dette, og Jernbanedirektoratets svar, nærmere i kapittel 7.

Effektmål 4

Effektmål 4 – ivareta togtilbudets attraktivitet – er en liste av egenskaper som gir et uttrykk for kvaliteten på tilbudet som leveres. Dette begrunnes med at det er viktig at jernbanen ikke taper markedsandeler. Som påpekt tidligere er markedsandelene i seg selv ikke viktige fra et klimaperspektiv. Hvis det er utslipp fra transportsektoren som helhet som er målet (som indikert i effektmål 1 og 2) er markedsandelene til de ulike segmentene i transportsektoren irrelevante.

Effektmål 4 er også problematisk fordi dette effektmålet brukes til å sile ut en variant av Konsept 3 (K3a Batteri med stillestående lading), jf. Tabell 11 i KVV Vedlegg 5 Mulighetsstudie. Siden batteri med punktlading vurderes å gi økte framføringskostnader på Nordlandsbanen, antas det at det vil svekke togtilbudets attraktivitet. K3a Batteri med stillestående lading vurderes derfor som urealistisk som fullverdig konsept på alle baner. Det påpekes imidlertid at konseptet kan kombineres med lading i bevegelse, s.a. 3a og 3b slås sammen til ett konsept. Dette illustrerer et annet problematisk trekk ved KVV: at konseptene utformes og siles i mulighetsstudien basert på hvorvidt de vil fungere for hele det ikke-elektrifiserte jernbanenettet samlet. K3a kunne, særlig for Raumabanen, vært et relevant alternativ, men er nå ikke utredet. Ifølge mandatet det vurderes hvilken energibærer passer for den enkelte bane, og om en differensiert løsning er hensiktsmessig.

4.3.3 Vår vurdering av resultatmålene

I og med at resultatmål ikke er et krav etter siste revisjon av R-108, foreslår vi å se bort fra denne delen av KVV-en. Vi vil likevel kort bemerke følgende:

Kostnad er ikke prioritert høyest, verken før investeringsbeslutningen tas eller i gjennomføringsfasen. Dette er ikke i tråd med kravene i R-108, som krever at når tid eller kvalitet er prioritert

over kostnad, skal det utarbeides en tilleggsanalyse av hvordan hvert alternativ bidrar til å nå det prioriterte resultatmålet. Det er ikke gjort. I nedprioriteringen av kostnad henvises det igjen til Klimakur 2030, der utslippsreduksjoner på jernbanen angivelig er blant de billigste tiltakene, og «dermed er det rom for å prioritere kostnader ned relativt til de andre kriteriene» (KVU Vedlegg 4 Strategiske mål og rammebetingelser, s. 10). Som nevnt ovenfor i kapittel 4.3.1 er dette en sirkelreferanse til eget arbeid.

Videre virker prioriteringen inkonsistent: først prioriteres tid høyt, under henvisning til at det haster å velge et konsept; deretter i gjennomføringsfasen prioriteres tid lavest, for at det valgte konseptet skal baseres på moden teknologi. Resultatmålene understreker at det haster å vedta tiltak, og det er presserende behov for lav- og nullutslippsløsninger. Det er imidlertid ikke drøftet at det å vente på modning av teknologier kan gi en større reduksjon av utslipp totalt.

4.3.4 Vår vurdering av målkonflikter

Målkonflikter har fått en veldig knapp omtale i rapporten. Det er nevnt en mulig konflikt mellom tiltak for reduserte klimagassutslipp og andre tiltak for å øke jernbanens attraktivitet, uten at det er særlig klart eller utfyllende drøftet. Det er ingen drøfting av for eksempel konflikten mellom utslippsreduksjoner på kort og lang sikt, tid vs. kostnad og/eller ytelse.

Prosjektets relevans og avhengighet mot andre tiltak er heller ikke drøftet.

4.4 Våre innspill

På grunn av svakhetene som omtalt ovenfor foreslår vi å avlede ny målstruktur fra problembeskrivelsen.

Vi vil også se bort fra resultatmål, siden dette ikke er et krav etter siste revisjon av R-108.

Nytt samfunnsmål

Vi foreslår følgende samfunnsmål (jf. kap. 4.3.1):

Jernbanen skal støtte opp under en kostnadseffektiv klimapolitikk.

Dette er fortsatt i tråd med mandatet til KVU, som etterlyser kunnskapsgrunnlag for å vurdere hvordan utslippene fra jernbanen kan reduseres, samtidig som det setter utslippsreduksjoner fra jernbane i sammenheng med utslippsreduksjoner i resten av samfunnet.

Nytt effektmål

Det fremstår som svært lite sannsynlig at noen av konseptene vil kunne redusere utslipp innen 2030, da de trolig ikke vil være operative innen da.

Videre vil en utsettelse av beslutningen kunne gi mer informasjon om hvilken energibærer som har størst effekt på lang sikt (2050). For det første kan det gi en mulighet for modning av teknologier og tilhørende kostnadsreduksjon, for det andre mer kunnskap og mulighet til å satse på teknologien som gir størst utslippsreduksjon totalt over hele perioden. Med andre ord vil man

dermed unngå å låse seg inn en suboptimal teknologi som gir store utslippsreduksjoner på kort sikt, men ikke på lang sikt.

Derfor bør det være tilstrekkelig med ett effektmål for denne utredningen. I lys av diskusjonen i 4.3.2, anbefaler vi å se bort fra effektmålene 1, 3 og 4. Det vil være hensiktsmessig med kun et omformulert effektmål 2:

Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres kostnadseffektivt innen 2050.

5 Rammebetingelser

Det er ni rammebetingelser. Vi mener at det er altfor mange rammebetingelser. Noen av dem er ikke i tråd med Statens prosjektmodell, og andre er til dels selvfølgeligheter. Til sammen kan dette begrense mulighetsrommet unødige.

Vi foreslår å fjerne de fleste rammebetingelsene, og kun beholde rammebetingelsen som krever en viss teknologisk modenhet av konseptene.

Tabell 5.1 Vår vurdering av rammebetingelser i KVV-en

	Vurdering
Rammebetingelsene er relevante	Red
Det er en prioritering av ulike typer rammebetingelser	Red
Rammebetingelsene begrenser ikke mulighetsrommet unødige	Yellow
Konsistens mellom rammebetingelser og problembeskrivelse, behovsanalyse og mål	Yellow
Samlet vurdering	Red

5.1 Innholdet i KVV-en

Rammebetingelser er beskrevet i kapittel 4 i Hovedrapport KVV Green og Vedlegg 4 Strategiske mål og rammebetingelser. Kapitlet om rammebetingelser i Vedlegg 4 er kort, kun én side.

Rammebetingelser skal vurderes som ufravikelige krav.

Det er til sammen ni rammebetingelser.⁶

5.1.1 Rammebetingelser med utgangspunkt i samfunns- og effektmålene

Med utgangspunkt i samfunnsmålene og effektmålene er det formulert følgende rammebetingelse:

1. Løsningen må ikke bidra til å øke de **globale klimagassutslippene**.

Selv om samfunnsmålet angir utslippsreduksjoner i Norge som mål, skal denne rammebetingelsen sørge for at man ikke velger suboptimale løsninger fra et globalt synspunkt. Med andre ord: klimagassutslippene, sett i et globalt livssyklusperspektiv, skal ikke øke.

5.1.2 Andre rammebetingelser

I tillegg til rammebetingelse 1, med utgangspunkt i samfunns- og effektmålene, lister KVV-en opp åtte andre rammebetingelser som må oppfylles for at et konsept skal være gjennomførbart og valgbart:

⁶ I Vedlegg 5 Mulighetsstudien er det formulert 11 rammebetingelser. Der er rammebetingelse 1 spesifisert både for norske og for globale klimagassutslipp hver for seg. I tillegg består rammebetingelsen for norske utslippsreduksjoner av to deler: a) utslippsreduksjoner i 2030 og b) utslippsreduksjoner i 2050. Det er med andre ord tre rammebetingelser som omhandler utslippsreduksjon.

1. **Realiserbarhet i drift:** Løsningen må ha et driftskonsept som muliggjør effektiv drift under forventede fremtidige myndighetskrav.
2. **Driftsstabilitet og regularitet:** En løsning kan ikke gi lavere nivå av driftsstabilitet eller regularitet enn referansealternativet.
3. **Teknologimodenhet:** Prosjektet skal kun vurdere tilgjengelige teknologiske løsninger som har høy grad av gjennomførbarhet for bruk på norsk jernbane (tilgang på kjøretøyteknikk og tilgang på infrastrukturteknikk).
4. **Interoperabilitet:** Løsningen må være vurdert mot behovet for interoperabilitet med Sverige for person- og godstoglinjer som går i den grenseoverskridende trafikken.
5. **Standardisering:** Løsningen må kunne standardiseres i den forstand at løsningen(e) som velges kan bli brukt av alle relevante kjøretøy, og at det legges opp til at fremtidige kjøretøy også kan bruke løsningen(e) uten at det krever særlige tilpasninger og spesialløsninger for hvert kjøretøy.
6. **Samfunnssikkerhet:** Sårbarheten i forhold til opprettholdelse av jernbanens samfunnsfunksjon må ikke få unødige eller uakseptable økninger. Vesentlig økt risiko for storulykke knyttet til jernbanen må ikke innføres.
7. **Tilfredsstillende lover, forskrifter og annet førende regelverk:** Løsningen må tilfredsstillende minimumskrav i gjeldende norsk og europeisk regelverk, og være akseptabel for de aktører som er ansvarlige for sikkerhet og risiko ved driften, herunder driftssikkerhet, arbeidsmiljø og ytre miljø.
8. **Kompatibilitet med dagens teknologi:** Løsninger basert på ny teknologi må kunne benyttes samtidig med dagens teknologiske løsning, slik at en smidig overgang til valgt konsept sikres.

5.2 Innholdet i supplerende dokumenter

Jernbanedirektoratets tilsvaret til Notat 1 inneholder også utfyllende informasjon om rammebetingelser, særlig rammebetingelse 1 (R1).

Tilsvaret til Notat 1 forklarer at R1 er ment som en «sikkerhetsventil», for å unngå løsninger som øker totale klimagassutslipp. Notatet forklarer også at det likevel ikke var tid til å fullføre en grundig analyse av livssyklusberegningene, for å kunne vurdere virkningen på globale utslipp, i mulighetsstudien. I stedet ble det benyttet en to-trinns-tilnærming: først en forenklet betraktning om utslippselementer, deretter ev. mer omfattende beregninger. R1 ble brukt til å sile ut noen muligheter: flytte transport fra jernbane til andre transportmidler (vei) og mulighet til å lease nye dieselskjøretøy i en overgangsfase.

Tilsvaret til Notat 1 begrunner også R2–R9 i mandatet til KVU-en. Disse rammebetingelsene følger ifølge notatet fra mandatets formulering: «Prosjektet skal kun vurdere tilgjengelige teknologiske løsninger som har høy grad av gjennomførbarhet for bruk på jernbane med gitt topografi og klima for de aktuelle strekningene». Ifølge notatet er momentene i rammebetingelsene 2–9 behandlet som risikofaktorer/virkninger under hvert konsept i alternativanalysen med tilhørende tiltak/kostnader som antas nødvendig for at alternativene skal realiseres.

5.3 Vår vurdering av rammebetingelser i KVV-en

Rammebetingelsene skal gi et samlet sett av betingelser som skal oppfylles for valg av konseptuell løsning og fremtidig drift. Rammebetingelsene må ikke settes slik at de avgrensner mulighetsrommet unødige. I KVV-en omtales rammebetingelsene som «ufravelige krav».

Omtalen av rammebetingelser er veldig knapp, på omtrent 1 side (gjengitt nesten i sin helhet i kap. 5.1 ovenfor). Det mangler en begrunnelse og drøfting av de enkelte rammebetingelsene. Jernbanedirektoratets tilsvaer til Notat 1 gir noe mer informasjon.

Vi mener at det er altfor mange rammebetingelser i KVV Green. Med så mange rammebetingelser blir det uklart hvordan de er brukt, og det gir en risiko for at muligheter og konsepter siles ut på feil grunnlag.

Det er heller ikke gitt noen prioritering av rammebetingelsene.

Rammebetingelse 1 handler om globale utslippsreduksjoner, og det trekkes inn betraktninger om livssyklusperspektiv. Det er ikke i tråd med R-108, som sier at man skal vurdere virkninger i Norge. I en KVV, som har som formål å redusere et globalt problem (klimagassutslipp), er det i og for seg fornuftig å ta hensyn til globale virkninger. Samtidig gjør det utredningen nærmest uhandterlig, noe som bekreftes av Jernbanedirektoratets tilsvaer til Notat 1.

Senere i mulighetsstudien viser det seg imidlertid at hele tre rammebetingelser handler om utslippsreduksjoner: både 1a) utslippsreduksjoner i Norge i 2030, 1b) utslippsreduksjoner i Norge i 2050, og 2) utslippsreduksjoner globalt handler om det.⁷

I tilleggsnotatet skriver Jernbanedirektoratet at Rammebetingelse 1 førte til at noen muligheter ble silt ut, primært gjelder dette å flytte transport fra jernbane til andre transportmidler (vei) og mulighet til å lease nye diesekjøretøy i en overgangsfase.

Rammebetingelser 2–9 er til dels selvfølgeligheter (f.eks. R2: Realiserbar i drift; R8: Tilfredsstillende), til dels virkninger som bedre kan behandles som risikofaktorer eller virkninger som del av den samfunnsøkonomiske analysen. Det bør være selvsagt at jernbanedriften tilfredsstiller lover og regelverk.

I tilleggsnotatet vises det til at momentene i rammebetingelse 2–9 er behandlet som risikofaktorer eller virkninger i alternativanalysen, og det hevdes at antallet rammebetingelser ikke har ført til at konsepter er silt ut, men at tvilstilfeller ble utredet så lenge som nødvendig. Biogass ble silt ut i mulighetsstudien, mens hydrogen ble utredet i alternativanalysen.

I praksis viser det seg at det er hovedsakelig to rammebetingelser som får utslag i silingen i mulighetsstudien og vurderingen i alternativanalysen: R1 om utslippsreduksjoner og R4 om teknologimodenhet. Dette bekrefter vår antakelse at de andre rammebetingelsene var unødvendige.

⁷ Som nevnt ovenfor (fotnote 6) brukes det flere rammebetingelser i mulighetsstudien.

5.4 Våre innspill

Fjern overflødige rammebetingelser

Vi foreslår å fjerne de fleste rammebetingelsene, men beholde R4, som omhandler teknologimodenhet. Dette sikrer at man kun utreder teknologier (både kjøretøy og infrastruktur) som er på tilstrekkelig høyt TRL-nivå. Samtidig er det viktig å åpne for at teknologisk utvikling kan frembringe nye løsninger i løpet av analyseperioden.

Vi legger følgende rammebetingelse til grunn i vår alternativanalyse:

Prosjektet skal kun vurdere tilgjengelige teknologiske løsninger som har høy grad av gjennomførbarhet for bruk på norsk jernbane.

Denne rammebetingelsen tilfredsstiller mandatets krav om teknologimodenhet.

6 Mulighetsstudie

Mulighetsstudien kartlegger bredt. Silingen av muligheter og konsepter er imidlertid uoversiktlig og skjer i flere omganger.

Som nevnt tidligere mener vi at det er for mange rammebetingelser og for mange effektmål. Følgelig er det fare for at mange relevante alternativer blir silt vekk. I praksis blir mange av mulighetene silt ut pga. to rammebetingelser: de gir ikke store nok utslippsreduksjoner eller manglende teknologimodenhet. Dette bekrefter vår antakelse om at de andre rammebetingelsene var unødvendige.

Silingen er heller ikke konsistent med rammebetingelsene presentert i tidligere kapitler, ved at rammebetingelsen om reduksjon av klimagassutslipp teller tre ganger. Mange av mulighetene blir silt ut pga. manglende oppnåelse av rammebetingelsen som krever betydelige utslippsreduksjoner i Norge innen 2050. På denne måten blir mange tiltak, som kunne vært gode tiltak på veien til 2050, forkastet. Dette gjelder ulike optimaliseringstiltak som kan gi raskere og/eller rimeligere utslippsreduksjoner. Det er bare alternativene som innebærer bytte av energibærer og store investeringer, som blir tatt videre til alternativanalysen.

Tabell 6.1 Vår vurdering av mulighetsstudien i KVV-en

	Vurdering
Prosess og anvendte metoder er tilpasset prosjektets omfang og kompleksitet	
Mulighetsstudien gir en bred tilnærming til mulige alternative løsninger	
Den fulle bredden i muligheter er ivaretatt	
Mulighetsrommets avgrensning er relevant og konsistent med foregående kapitler	
Grovsiling er tilstrekkelig dokumentert	
Samlet vurdering	

6.1 Innholdet i KVV-en

Mulighetsstudien er dokumentert i kapittel 5 i KVV Hovedrapport, Vedlegg 5 Mulighetsstudie, Vedlegg 5.1 Mulighetsrommet, Vedlegg 5.2 Arbeidsverksted 2 og Vedlegg 5.3 Arbeidsverksted om arbeidsmaskiner.

6.1.1 Mulighetsrommet

Det ble gjennomført flere aktiviteter for å kartlegge mulighetsrommet: flere arbeidsverksteder, fagmøter, deltakelse på InnoTrans 2022, Request of Information (RFI) fra produsenter, osv.

Mulighetsrommet ble kartlagt ved hjelp av firetrinnsmetodikken, der man identifiserte (i) tiltak som kunne redusere behovet; (ii) gi mer effektiv utnyttelse av eksisterende ressurser; (iii) mindre investeringer og (iv) større investeringer.

KVV-en identifiserte totalt 42 muligheter i mulighetsrommet. Underveis ble disse mulighetene samlet under fire kategorier, som delvis overlapper med trinnene i 4-trinnsmetodikken.

6.1.2 Silingen av muligheter i konseptvalgutredningen

Silingen skjer i flere steg i KVV-en:

- Grovsiling av mulighetene etter rammebetingelser. Deretter samles de gjenværende mulighetene sammen til konsepter og varianter.
- Siling av konsepter etter effektmåloppnåelse. 7 konsepter, inkl. Nullalternativet, går til alternativanalysen.
- Ytterligere siling av konsepter etter effektmåloppnåelse og rammebetingelser i alternativanalysen.

6.1.2.1 Grovsiling av muligheter etter rammebetingelser

Den første grovsilingen skjer på bakgrunn av rammebetingelsene. Alle mulighetene vurderes mot 10 rammebetingelser. På dette stadiet er det 10 (egentlig 11 siden R1 består av R1a og R1b) rammebetingelser, hvorav rammebetingelsen om utslippsreduksjoner teller tre ganger: R1a Redusere utslipp i Norge innen 2030; R1b Redusere utslipp i Norge betydelig innen 2050; R2 Redusere globale utslipp (KVV Vedlegg 5 Mulighetsstudie, s. 9).

Alle mulighetene får en score ('ja', 'nei', 'ukjent') for hver rammebetingelse. Hvis en mulighet får 'nei' på en eller flere rammebetingelser, har det ikke blitt innhentet ytterligere informasjon. På denne måten reduserer man antallet muligheter fra 42 til 28.

I praksis er det hovedsakelig to rammebetingelser som fører til utsiling: manglende teknologimodenhet eller ikke stor nok utslippsreduksjon (en av de tre variantene av denne rammebetingelsen, for det meste R1b Redusere utslipp i Norge betydelig innen 2050).

6.1.2.2 Samling av muligheter i konsepter

De gjenværende 28 mulighetene ble samlet i relativt rendyrkede konsepter. Til sammen 17 muligheter ble samlet i 3 konsepter som ikke innebærer skifte av energibærere, mens de resterende 11 mulighetene ble samlet i konsepter som innebærer nye energibærere, se Tabell 6.2 nedenfor.

Flere konsepter bedømmes til å være gode, men har likevel **for liten måloppnåelse** med hensyn til utslippsreduksjoner, ligger utenfor mandatet for KVV-en, eller ikke innebærer et reelt konseptvalg (KVV Vedlegg 5 Mulighetsstudie, s. 14). KVV-en konkluderer grovsilingen med at «ingen andre løsninger enn overgang til nye energibærere muliggjør betydelig reduksjon i klimagassutslipp, slik kravet for 2050 er» (KVV Vedlegg 5 Mulighetsstudie, s. 15).

Konseptene som innebærer **skifte av energibærere** til ikke-fossil diesel, hydrogen, batteri eller elektrifisering har alle med en a- og en b-variant (altså 8 konsepter). Videre blir variantene K3a og K3b (batteri) og K4a og K4b (elektrifisering) samlet under ett konsept hver:

- **K3a Batteri med stillestående lading og K3b Batteri med deelektrifisering.**
KVV-en konkluderer med at batteri med punktlading (3a) vil gi økte framføringstider på Nordlandsbanen, som svekker togtilbudets attraktivitet (altså effektmål 4). Det er derfor ikke realistisk som fullverdig konsept for alle baner. Begrunnelsen er at stillestående lading kan gi behov for hyppige stopp for lading og/eller store batteripakker for tunge tog over lengre strekninger. Utredningen påpeker riktignok at det kan være en aktuell løsning for

lettere tog og over kortere strekninger. Som følge av dette anbefales det at mulighetene som ligger i punktlading utredes i kombinasjon med mulighetene som ligger i lading i bevegelse, dvs. at konsept 3a og 3b samles i ett felles konsept for batteri, som kan inneholde elementer av begge.

- **K4a Hel-elektrifisering og K4b Elektrifisering uten kontaktledning i tunneler.**
KVU-en vurderer konsept 4 (både variant a og b) til å ha høy forventet oppnåelse av effektmål, men begge krever store kostnader i infrastruktur. I K4b forutsettes det at kjøretøyene kjører gjennom tunneler på energi fra et batteri og at det ikke benyttes standard kontaktledning for strømføringen gjennom tunnelen, men f.eks. kabel, blank line eller føring utenfor tunnel. Både variant 4a og 4b har til hensikt å begrense investeringskostnadene ved å redusere behovet for å utvide tunneler og heve broer. Utredningen vurderer derfor konseptene som svært like. De finner det derfor hensiktsmessig å samle elektrifisering til ett konsept, der den mest egnede løsningen vil legges til grunn for kostnadsestimatet i konseptet.

6.1.2.3 Siling av konsepter etter effektmålene

Deretter siles konseptene på bakgrunn av antatt **effektmåloppnåelse**.

De tre konseptene som ikke innebærer skifte av energibærer ble silt ut på grunnlag av manglende effektmåloppnåelse (se Vedlegg 5, s 23):

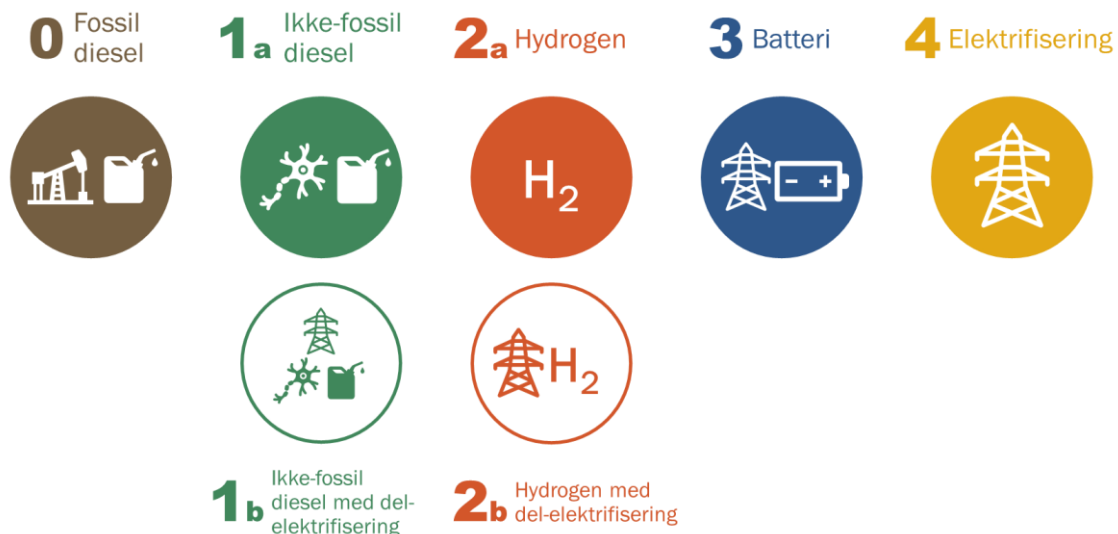
- **Konsept for endret samfunnsstruktur og redusert behov for transport.**
 - Begrunnelse: «Ikke relevant for denne konseptvalgutredningens effektmål. Hører hjemme på overordnet samfunnsnivå, men kan ikke løses av jernbanesektoren alene.»
- **Konsept for endret fordeling mellom transportmidler: Optimalisering av togtilbudet for energieffektiv godstransport.**
 - Begrunnelse: «Effekt på klimagassutslipp fra jernbanen vil avhenge av energibærer på jernbanen. Gir reduserte utslipp fra transportsystemet som helhet.»
- **Konsepter som optimaliserer energiforbruk.**
 - Begrunnelse: «Vil alene ikke gi store nok reduksjoner i klimagassutslipp. Kan implementeres uavhengig av hovedkonsept. Anbefalt vurdert videre som tiltak uavhengig av KVU.»

KVV-en anbefaler at noen av disse konseptene følges opp separat eller supplerer løsninger for overgangen til nye energibærere.

Til slutt sitter man igjen med at overgang til en eller flere nye energibærere er hovedgrepet i alle konseptene som anbefales til nærmere vurdering i alternativanalysen. Følgende 7 konsepter anbefales videre til alternativanalysen, se Tabell 6.2.

- K0 Fossil diesel (referansekonseptet)
- K1 Ikke-fossil diesel (uten og med deelektrifiserte strekninger – både variant a og b)
- K2 Hydrogen (uten og med deelektrifiserte strekninger – både variant a og b)
- K3 Batteri (som kombinert konsept av variant a og b)
- K4 Elektrifisering (som kombinert konsept av variant a og b)

Figur 6.1 Konsepter til alternativanalysen i KVV



Kilde: Vedlegg 5 Mulighetsstudien, side 24

Tabell 6.2 Samling av muligheter i konsepter og resultat av silingen

Konsepter og muligheter	Vurdering
0 Fossil diesel	Nullalternativet
Konsepter som innebærer skifte av energibærere:	
1a Ikke-fossil diesel	Til alternativanalysen
1b Ikke-fossil diesel med deelektrifisering	Til alternativanalysen
2a Hydrogen	Til alternativanalysen
2b Hydrogen med deelektrifisering	Til alternativanalysen
3a Batteri med stillestående lading	Til alternativanalysen, 3a+3b
3b Batteri med deelektrifisering	Til alternativanalysen, 3a+3b
4a Hel-elektrifisering	Til alternativanalysen, 4a+4b
4b Elektrifisering uten KL i tunneler	Til alternativanalysen, 4a+4b
Hybrid batteri-biodiesel	Supplerer andre konsepter
Tribrid KL-batteri-biodiesel	Supplerer andre konsepter
Flerdrivstoffmotor	Supplerer andre konsepter
Endret samfunnsstruktur og redusert behov for transport:	
- Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres	
- Økt lokal produksjon	
Endret fordeling mellom transportmidler:	
- Permanent buss for tog for å prioritere godstrafikk i stedet	
- Optimalisering av rutemodellen for energieffektivitet	
- Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog	
Optimalisering	
- Effektivisering av vekt og aerodynamikk	

Konsepter og muligheter	Vurdering
- Redusere vekten på kjøretøy	
- Redusere tomgangskjøring	
- Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres	
- Smart vedlikehold av infrastrukturen	
- Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold	
- Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk	
- Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet	
- Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp	
- Økt automatisering av togtrafikken	
- Optimalisering av kjøremønster-/adferd per linje	
- Driver advisory system (DAS/C-DAS)	

Kilde: Vedlegg 5 Mulighetsstudien, tabell 8 og tabell 11

6.1.2.4 Ytterligere siling: Konsept K1 Ikke-fossil diesel blir silt ut etter mulighetsstudien

Selv om de 7 konseptene, vist på Figur 6.1, ble tatt videre til alternativanalyse, gjennomfører KVU-en en ytterligere siling etter mulighetsstudien, i starten av alternativanalysen. Her vurderes konseptene nok en gang etter effektmåloppnåelse. I denne vurderingen siles K1 Ikke-fossil diesel (både variant K1a og K1b) ut. Vi drøfter denne utsilingen videre i kapittel 7 under vår beskrivelse og vurdering av alternativanalysen i KVU.

6.2 Innholdet i supplerende dokumenter

I sitt tilsvar til Notat 1 skriver Jernbanedirektoratet at «EKS hevder at optimaliseringstiltak ble silt ut. Dette er ikke korrekt. Optimalisering ble ikke definert som et eget, separat konsept, slik EKS skriver, og heller ikke silt ut, men "videreføres derfor til anbefalte tiltak, uavhengig av anbefalt konsept i KVU Green".»

Dette illustrerer i så fall at mulighetsstudien er veldig uoversiktlig eller innbyrdes inkonsistent. Siden kapittel 1.5.3 i KVU Vedlegg 5 Mulighetsstudie heter «Konsepter som optimaliserer energiforbruk, og tabell 11 i KVU Vedlegg 5 Mulighetsstudie inneholder konseptet «Optimalisering av energiforbruk», er det naturlig å tolke dette som et konsept som har blitt vurdert.

6.3 Vår vurdering av mulighetsstudien i KVU-en

Vår overordnet vurdering er at mulighetsstudien er svært omfattende, men uoversiktlig. Altfor mange rammebetingelser og altfor mange effektmål (som påpekt i tidligere kapitler) gjør det vanskelig å følge silingen.

6.3.1 Hva er egentlig et konsept?

Mulighetsstudien kartlegger mulighetsrommet bredt og identifiserer mange tiltak. Prosessen i utarbeidelsen av konseptene, med intern prosess kombinert med verksted med ekstern deltakelse, virker hensiktsmessig.

Mulighetene kartlegges vha. firetrinnsmetodikken. Den første kartleggingen gir et bredt sett av muligheter. I grovsilingen blir imidlertid alle mulighetene på de første trinnene silt bort – kun de som innebærer skifte av energibærer tas videre til alternativanalysen. Blant annet hevdes det at optimaliseringstiltak ikke innebærer et reelt konseptvalg. Dette fremholdes også i Jernbanedirektoratets tilsvar til Notat 1: «Det er viktig også å påpeke at mandatet inneholdt en tydelig anmodning om å evaluere energibærer, samt at R-108 ber om at alternativanalysen vurderer «konseptuelt ulike alternativer.» Vår vurdering er at optimaliseringstiltak er nettopp konseptuelt ulike fra skiftet av energibærer.

Mange tiltak under konseptet Optimalisering ville kunne være interessante muligheter på veien til lavutslippssamfunnet i 2050. Det er også grunn til å anta at det vil skje mye teknologiutvikling i løpet av de nærmeste årene. I lys av dette ville det vært nyttig å se hvilke utslippsreduksjoner optimaliseringstiltak kan levere og til hvilken pris, og vurdere dette mot nytten og kostnaden ved tiltak som innebærer investeringer (bytte av energibærer).

6.3.2 Silingen er uoversiktlig

Som nevnt tidligere (i kapittel 4 og 5) mener vi at det er altfor mange rammebetingelser og altfor mange effektmål. Det gjør silingen unødvendig omfattende og krevende, og det er fare for at relevante alternativer blir silt vekk. I praksis blir mange av mulighetene silt ut pga. to rammebetingelser: de gir ikke store nok utslippsreduksjoner eller manglende teknologimodenhet. Dette bekrefter vår antakelse om at de andre rammebetingelsene var unødvendige.

Silingen er heller ikke konsistent med rammebetingelsene presentert i tidligere kapitler i KVV (se kapittel 4 i KVV Hovedrapport, s. 26, og KVV Vedlegg 4 Strategiske mål og rammebetingelser). I mulighetsstudien er det hele tre rammebetingelser som handler om utslippsreduksjoner: 1a) utslippsreduksjoner i Norge i 2030, 1b) utslippsreduksjoner i Norge i 2050, og 2) utslippsreduksjoner globalt handler om det. Dette medfører at rammebetingelsen om reduksjon av klimagassutslipp teller tre ganger.

Det er mange muligheter som får 'rødt' på manglede oppnåelse av rammebetingelsen 1b, som krever betydelige utslippsreduksjoner i Norge innen 2050 (jf. oversikten i KVV Vedlegg 5.1 Mulighetsrommet, kap. 6). Dette kan medføre at tiltak, som kunne vært gode tiltak på veien til 2050, blir forkastet. For eksempel blir konseptet *Optimalisering av energiforbruk* silt ut på grunn av antatt lav måloppnåelse. Begrunnelsen er at «ingen andre løsninger enn overgangen til nye energibærere muliggjør en betydelig reduksjon i klimagassutslipp, slik kravet for 2050 er» (KVV Vedlegg 5 Mulighetsstudie, s. 15).

Hybride kjøretøy med batteri/biodiesel og bimodale kjøretøy med hybridløsning for intern energiforsyning (KL+batteri/biodiesel) pekes på som kjøretøy som har egenskaper som kan supplere og fylle hull i andre konsepter, spesielt K3 Batteri, men som også har egenskaper som gjør at de ikke er interessante som generelle løsninger for alle segmenter/strekninger (KVV Vedlegg 5 Mulighetsstudie, s. 22). Løsningene er ikke tatt med videre til alternativanalysen. Vi antar at det har

tilsvarende begrunnelse som for utsilingen av K1 Ikke-fossil diesel (jfr. neste avsnitt). Dette kan ha ført til unødvendig høye investeringskostnader, spesielt i K3 Batteri.

Dette illustrerer også at kostnadseffektivitet burde være en del av målformuleringen. Selv om optimaliseringstiltak ikke fører til store utslippsreduksjoner, kan de være «lavthengende frukter». De kan også ha lave tiltakskostnader, men i og med at disse tiltakene siles ut, blir ikke dette vurdert.

6.3.3 Vi er kritiske til utsilingen av K1 Ikke-fossil diesel etter mulighetsstudien

Til slutt er det kritikkverdig at K1 Ikke-fossil diesel siles ut *etter* mulighetsstudien, i starten av alternativanalysen.

Vi kommer tilbake til vår vurdering av utsilingen av K1 Ikke-fossil diesel i vurderingen av alternativanalysen i kapittel 7.2, men påpeker her at vi er kritiske til at utsiling ikke skjer samlet i mulighetsstudien og at det er inkonsistens mellom mulighetsstudien hvor KVU vurderer at ikke-fossil diesel kan gi store reduksjoner i klimagassutslipp» (KVU Vedlegg 5, s. 23) og alternativanalysen hvor KVU vurderer at K1 Ikke-fossil diesel har ingen eller negativ oppnåelse av effekt mål.

6.4 Våre innspill

K1 Ikke-fossil diesel burde blitt utredet full ut i alternativanalysen. Vi begrunner dette nærmere i kapittel 7.2.

Vi mener også at KVU med fordel kunne ha:

- Utredet optimaliseringstiltak, som kan være gode tiltak på kort sikt, mens vi venter på teknologiutvikling.
- Utredet enkelte strekninger for seg. Det er svært ulikt passasjergrunnlag, og det er sannsynlig at ulike tiltak passer for ulike strekninger. Dette viser seg i alternativanalysen, der utslippskutt på Raumabanen har mye høyere kostnad enn Nordlandsbanen.
- Utredet hybride kjøretøy med batteri/biodiesel og bimodale kjøretøy med hybridløsning for intern energiforsyning (KL+batteri/biodiesel).



Alternativanalysen i KVV-en

Oversikt over konseptene
Kostnads- og usikkerhetsanalyse
Samfunnsøkonomisk analyse
Vår vurdering

7 Alternativanalyse

Alternativanalysen i KVV-en utreder i hovedsak relevante alternativ som følger av mulighetsstudien og bidrar til å realisere målene. Det gjennomføres imidlertid nok en utsiling av konseptene i begynnelsen av alternativanalysen som fører til at man forkaster K1 Ikke-fossil diesel uten kostnadsestimering, usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomisk analyse av dette konseptet. Vi er kritiske til denne utsilingen og mener at dette konseptet burde vært utredet.

KVV-en beregner prissatte virkninger og drøfter relevante ikke-prissatte virkninger i 7 konsepter, som alle innebærer overgang til ny energibærer. Forutsetningene i analysen følger i stor grad retningslinjene i Finansdepartementets rundskriv R-109/2021. Vi har imidlertid noen merknader til metodebruk og til noen forutsetninger. Vi mener også at realopsjoner burde vært utredet siden teknologisk utvikling vil kunne gi betydelig kostnadsreduksjoner for noen av konseptene. KVV-en har imidlertid gjennomført sensitivitetsberegninger av teknologiutvikling.

Vi mener også at vurderingen av ikke-prissatte virkninger er unødvendig komplisert og ikke får frem viktige vurderinger.

Tabell 7.1 Vår vurdering av alternativanalysen i KVV-en

	Vurdering
De oppgitte alternativene fanger opp de konseptuelle aspekter som anses som mest interessante og realistiske innenfor det identifiserte mulighetsrommet	🟡
Relevante alternativer er ikke utelatt gjennom silingsprosessen	🔴
De oppgitte alternativene vil bidra til å realisere samfunns mål og effektmål	🟢
De oppgitte alternativene tilfredstiller rammebetingelsene	🟢
Nullalternativet er utformet i tråd med gjeldende krav	🟢
Nødvendig vedlikeholdsinfrastruktur og utstyr er medregnet og godt tilpasset prosjekts behov	🟢
Beregninger av prissatte virkninger og forutsetninger som inngår i den samfunnsøkonomiske analysen	🟡
Realopsjoner – vurdering av teknologisk utvikling	🟡
Ikke-prissatte virkninger	🟡
Samlet vurdering	🟡

Vi gir i dette kapitlet en kort, overordnet vurdering av alternativanalysen i KVV. Vi gjennomgår kostnadsestimeringen og usikkerhetsanalysen i KVV i kapittel 8, og den samfunnsøkonomiske analysen i kapittel 9. Arbeidsmaskiner er ikke behandlet som en del av den samlede alternativanalysen i KVV, men behandlet for seg selv. Vår omtale av dette, sammen med vår vurdering, er i kapittel 12.

7.1 Innholdet i KVV-en

Alternativanalysen er dokumentert i kapittel 6 i Hovedrapporten KVV Green, samt delrapporter /vedlegg som dokumenterer enkeltdelene av analysen:

- Vedlegg 6 – Alternativanalyse
- Vedlegg 6.1 – Samfunnsøkonomisk analyse

- Vedlegg 6.2 – Energisimulering
- Vedlegg 6.3 – Usikkerhetsanalyse investeringer (unntatt offentlighet)
- Vedlegg 6.4 – Usikkerhetsvurdering vedlikeholdskostnader (unntatt offentlighet)
- Vedlegg 6.5 – Grunnkalkyle (unntatt offentlighet)
- Vedlegg 6.6 – Infrastrukturforutsetninger
- Vedlegg 6.7 – Arealbeslag og kostnader for hydrogendepoter
- Vedlegg 6.8 – Klimagassberegninger
- Analyse av ikke-prissatte virkninger

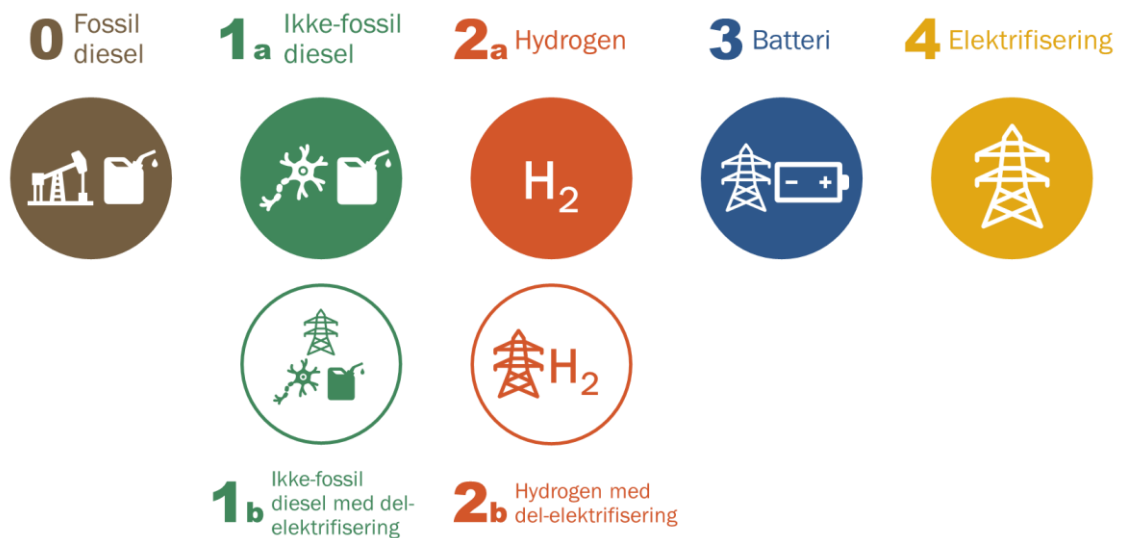
Vi har også fått regnearkene som er brukt i den samfunnsøkonomiske analysen.

7.1.1 Konseptene og konseptenes måloppnåelse

Det er 7 konsepter, inkludert Nullalternativet, som går videre fra mulighetsstudien til alternativanalysen, som vist i Figur 7.1.

Alternativanalysen inneholder en grundig oversikt over de ulike teknologiene og deres virkninger.

Figur 7.1 Konsepter til alternativanalysen i KVV



Kilde: KVV Green Vedlegg 5 Mulighetsstudien

7.1.1.1 Nullalternativet: K0 Fossil diesel

Nullalternativet er dagens løsning. I Nullalternativet brukes fossil diesel som energibærer for kjøretøy på de ikke-elektrifiserte strekningene og for andre jernbanekjøretøy som ikke kan benytte elektrisk drivkraft (dvs. skiftelokomotiver på noen godsterminaler og arbeidsmaskiner).

Det er ingen investeringer i infrastruktur i Nullalternativet.

I Nullalternativet er det forutsatt overgang til bimodale kjøretøy (diesel-kontaktledning). Disse bruker diesel på de ikke-elektrifiserte strekningene. I dag brukes både rene dieselskjøretøy og

bimodale kjøretøy på disse banene. Ved bruk av rene diesellokomotiver må godsoperatørene bytte lokomotiv på noen linjer (bl.a. bytter tømmerogene til Sverige lokomotiv i Kongsvinger og kombitogene til Åndalsnes bytter lokomotiv på Dombås). En overgang til bimodale kjøretøy, slik som forutsatt i Nullalternativet, vil gi en større grad av interoperabilitet enn ved dagens situasjon.

Nullalternativet inneholder også innblanding av biodrivstoff etter omsetningskravet: flytende drivstoff til ikke-veigående maskiner (inkl. jernbanekjøretøy) skal inneholde minst 10 % avansert biodrivstoff.⁸ Det er den som omsetter drivstoffet som står til ansvar for å oppfylle kravene. Avansert biodrivstoff har tilnærmet samme egenskaper som fossil diesel, og innblandingen vil ikke påvirke kvaliteten på produktene. Det er lagt til grunn at dagens ordning og nivå for innblanding (10 %) blir videreført i hele analyseperioden.⁹

Nullalternativet vurderes å ikke oppfylle rammebetingelsen om reduserte utslipp i transportsektoren. Det er også en bekymring knyttet til hvorvidt dagens løsning vil tilfredsstille framtidige krav til ytre miljø, klima og arbeidsmiljø, og om det er mulig å få tak i nye kjøretøy og reservedeler.

7.1.1.2 Ytterligere siling: K1 Ikke-fossil diesel siles ut

Alternativanalysen begynner med en ytterligere vurdering av konseptene etter effektmåloppnåelse og oppfyllelse av rammebetingelsene. Tabell 7.2 oppsummerer denne vurderingen av effektmåloppnåelsen.

Konseptene med ikke-fossil diesel (både K1a og K1b) siles ut som følge av denne silingen, og det gjennomføres ikke kostnadsestimering, usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomiske analyse for disse.

Begrunnelsen for utsilingen er ingen eller negativ måloppnåelse, i hovedsak pga. at avansert biodrivstoff er en begrenset eller «særlig knapp» ressurs og har en høy kostnad. Begrenset ressurs henger sammen med effektmål 3 (effektiv bruk av samfunnets energiresurser, der en delindikator var forbruk av knappe ressurser), hvor konseptet scorer «rødt» på delmål 3b.

Det er først og fremst manglende oppnåelse av effektmål 3 (energieffektivitet og forbruk av knappe ressurser) som fremstår som utslagsgivende for at KVU vurderer at «konseptet som helhet fremstår som dårligere enn 0-alternativet», jf. KVU Hovedrapport s. 44. I møter og i sitt tilsvarende til Notat 1 har Jernbanedirektoratet også fremholdt at ikke-fossil diesel ikke gir utslippsreduksjoner, mao. manglende oppnåelse av effektmål 1 og 2. Dette er derimot inkonsistent mot vurderingen i mulighetsstudien, der det fremholdes at «Ikke-fossil diesel kan gi store reduksjoner i klimagassutslipp, avhengig av drivstoffets opphav og innblandingsgrad» (KVU Vedlegg 5 Mulighetsstudie, s 23).

I alternativanalysen påpekes det riktignok at det av markedsmessige eller andre kommersielle grunner kan være aktuelt for noen togselskaper i en overgangsperiode å benytte ikke-fossil diesel. Det påpekes også at det er større usikkerhet på lengre sikt (2030 til 2050).

⁸ Avansert biodrivstoff kalles også HVO eller 2. generasjons biodiesel. Avansert biodrivstoff skiller seg fra konvensjonelt biodrivstoff ved at det produseres av rester og avfall fra næringsmiddelindustrien, landbruk eller skogbruk, og dermed ikke har sitt opphav i råstoff som ellers kan brukes til mat eller fôr.

⁹ Det viser seg imidlertid at innblanding av biodiesel er utelatt fra Nullalternativet i beregninger, noe vi kommer tilbake til i kapittel 9.

Det er med andre ord fire alternative konsepter i tillegg til Nullalternativet som blir utredet fullt ut.

Tabell 7.2 Vurdering av effektmåloppnåelse for konseptene i alternativanalysen

Effektmål	K0 Fossil diesel	K1 Ikke-fossil diesel	K2a Hydrogen	K2b Hydrogen med del elektrifisering	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
1. Kortsiktige utslipp (innen ca. 2030)	0	0	(+)	(+)	(+)	(+)
2. Langsiktige utslipp (innen ca. 2050)	0	0	+++	+++	+++	+++
3. Energieffektivitet	0	--	+	+ (+)	+++	+++
4. Attraktivitet	0	0	(-)	(+)	+ (+)	+++

Kilde: KVV Green Hovedrapport tabell 1, tabell 15

7.2 Vår overordnede vurdering av alternativanalysen

Vår overordnede vurdering av alternativanalysen er at den er konsistent med problembeskrivelsen og behovsanalysen, og den følger gjeldende retningslinjer og metoder. De analyserte konseptene vil bidra til å realisere samfunns mål og effektmål, og tilfredsstillere rammebetingelsene. Alle konseptene innebærer imidlertid overgang til en ny energibærer, noe som medfører store investeringer. Nullalternativet er utformet i tråd med gjeldende krav.

Vi gir en grundig vurdering av kostnads- og usikkerhetsanalysen og den samfunnsøkonomiske analysen i hhv. kapittel 8 og 9 nedenfor.

Vi er imidlertid kritiske til at K1 Ikke-fossil diesel siles ut og ikke er fullt utredet.

7.2.1 Begrunnelsen for å sile ut K1 Ikke-fossil diesel er uklar og mangelfull

Utsilingen av K1 Ikke-fossil diesel gjennomføres etter vurderingen av konseptets måloppnåelse. Konseptet får samme score «0» (gult) som Nullalternativet på effektmål 1 og 2 (som vist i Tabell 7.2), fordi konseptet ifølge KVV ikke gir utslippsreduksjoner utover Nullalternativet. Forklaringen er at merforbruk av ikke-fossil diesel hos en aktør motsvares av lavere forbruk av ikke-fossil diesel hos en annen aktør, slik omsetningskravet er utformet i dag. Konseptet får score «- -» (rødt) på effektmål 3 om effektiv bruk av samfunnets energiresurser (der en delindikator var forbruk av knappe ressurser), som vi også omtalte kritisk i kapittel 4 ovenfor.

Videre står det at «Konsept 1 (begge alternativer) siles ut som følge av ingen, eller negativ, effektmåloppnåelse. Vurderingen innebærer at konseptet som helhet fremstår dårligere enn 0-alternativet» (KVV Hovedrapport, s. 42). Begrunnelsen for å sile ut K1 Ikke-fossil diesel fra den

videre analysen fremstår derfor å være at avansert biodrivstoff er en begrenset eller «særlig knapp» ressurs.

Fra arbeidsprosessen med KS1 har det derimot fremkommet at den kanskje viktigste grunnen til å sile ut K1 Ikke-fossil diesel har vært at økt bruk av biodrivstoff i jernbanen ikke fører til utslippsreduksjoner slik omsetningskravet er utformet i dag, altså manglende måloppnåelse på effektmål 1 og 2, blant annet etter innspill fra Miljødirektoratet til KVV-prosjektgruppen.

Vi bemerker at dette ikke er konsistent med det som står i den skriftlige dokumentasjonen, hvor konseptet er vurdert å ha negativ måloppnåelse av effektmål 3 – og spesielt delmål om forbruk av knappe ressurser – og får rødt, mens effektmål 1 og 2 får samme måloppnåelse som Nullalternativet.

Vi er kritiske til denne ekstra utsilingen, og begrunner vårt syn nedenfor.

Vi er kritiske til utsilingen, uansett hvilken årsak som har vært utslagsgivende

Biodrivstoff er en del av den norske klimapolitikken, i og med at det er krav om innblanding av biodiesel i fossil diesel (omsetningskravet). Biodrivstoff kan være et godt alternativ for å gjennomføre raske utslippsreduksjoner, og vil dermed kunne score høyt på effektmål 1 (utslippsreduksjoner før 2030), der ingen av de øvrige konseptene vil ha noen måloppnåelse.

Ikke-fossil diesel representerer en nullutslippsløsning med høye driftskostnader, men ingen eller lave investeringskostnader. Dette kan være nyttig i en overgangsfase mens man venter på utvikling og modning av andre teknologier. En slik løsning svarer godt til flere punkter i problembeskrivelsen i KVV:

- Det er lang levetid for teknologi på jernbanen, pga. høye investeringskostnader og sterk avhengighet mellom kjøretøy og infrastruktur. Det er dermed viktig å ta veloverveide beslutninger. I en situasjon med forventning om betydelig teknologiutvikling kan utsettelse av investeringer være riktig strategi.
- Jernbanen er et lite marked, også internasjonalt, noe som gjør det til et lite attraktivt marked for teknologiutvikling. Norsk jernbanesektor bør ikke ta på seg rollen som teknologiutvikler.
- Klimagassutslippene fra jernbanen er ganske lave, sammenlignet med andre transportsegmenter.

Biodrivstoff kan også være viktig for å gjennomføre de siste og dyreste utslippsreduksjonene, f.eks. fra banestrekninger med lavt trafikkgrunnlag.

Biodiesel fører ikke til utslippsreduksjon?

Forbrenning av biodrivstoff (både konvensjonelt og avansert) til transport bokføres med null utslipp av CO₂ i det nasjonale klimagassregnskapet. Når fossil diesel erstattes med biodiesel vil det derfor redusere utslipp tonn for tonn.

Omsetningskravet er i dag utformet på en slik måte at overoppfyllelse av omsetningskravet av en aktør ikke fører til reduserte utslipp samlet.¹⁰ En konseptvalgutredning kan likevel legge til grunn endringer i dagens rammevilkår i enkelte konsepter for å beregne virkningene av dette dersom det fremstår hensiktsmessig.

Det er også sannsynlig at rammebetingelsene for bruk av avansert biodrivstoff vil endres over tid. I rapporten «Kraftbehov til transport» (Miljødirektoratet, 2022) anslås at mer enn 20 %, tilsvarende 12–16 TWh, av energibehovet i transportsektoren vil bli dekket av biodrivstoff og syntetiske drivstoff i 2050, mens bruk av fossil diesel forutsettes å være faset ut.

Miljødirektoratet utreder løsninger for hvordan bruk av avansert biodrivstoff utover omsetningskravet kan iverksettes uten at det påvirker omsetningskravet i andre sektorer. Vår vurdering er derfor at K1 Ikke-fossil diesel burde vært utredet på linje med øvrige konsepter.

Biodrivstoff en knapp ressurs?

Vi er også kritiske til vurderingen av hvorvidt jernbanen forbruker en uforholdsmessig stor andel av biodiesel som en knapp ressurs. Den nødvendige mengden biodiesel for alle de ikke-elektrifiserte strekningene beregnes i KVU til å utgjøre 4,4 % av samlet norsk forbruk av biodrivstoff. Dette fremstår ikke som særlig stor andel. Norge er en del av et internasjonalt marked for biodrivstoff, og nesten alt flytende biodrivstoff i Norge er importert i dag. Det er også forventet at produksjonen av biodrivstoff internasjonalt vil kunne øke.

Biodiesel kan også være et godt alternativ for de enkelte banestrekningene. I KVU er det lagt til grunn et totalt forbruk på 27,2 mill. liter diesel per år, hvorav 18,7 mill. liter på Nordlandsbanen, 7,7 mill. liter på Røros- og Solørbanen og kun 0,8 liter på Raumabanen. Til sammenligning ble det solgt 451 mill. liter avansert biodrivstoff og 30 mill. liter konvensjonelt biodrivstoff til veitrafikken, samt 3,2 mill. liter avansert biodrivstoff til luftfarten i Norge i 2022 (Miljødirektoratet, 2023a). Utenom transportsektoren er forbruket av flytende biodrivstoff svært liten i Norge.¹¹ I 2023 ble omsetningskravet innført for ikke-veigående maskiner, samtidig som omsetningskravet for veitrafikken økte fra 17 til 19 %, som gir grunn til å tro at forbruket av biodrivstoff økte.

Med KVUs forutsetninger tilsier dette at forbruket av biodrivstoff i K1 Ikke-fossil diesel tilsvarer omtrent 5 % av dagens forbruk av biodrivstoff i Norge, men kun 0,3 % av produksjonen av avansert biodrivstoff på verdensbasis. Forbruket på Røros- og Solørbanen tilsvarer omtrent 1,7 % og forbruket på Raumabanen mindre enn 0,2 % av dagens forbruk av avansert biodrivstoff i Norge. Til sammenligning var produksjonen av biodrivstoff basert på norske råstoffer, som i hovedsak er biprodukter fra skogbruk, på 6,9 mill. liter i 2021 (KVU Vedlegg 6 Alternativanalysen, s. 31). Dette er svært lite, men likevel nesten nok til å forsyne både Raumabanen og Røros- og Solørbanen i K1 Ikke-fossil diesel.

¹⁰ Når en aktør kjøper rent biodrivstoff fra omsetterne, kan omsetterne selge drivstoff med lavere innblanding til andre aktører som er omfattet av samme omsetningskrav (innblandingskrav), slik at den samlede andelen av biodrivstoff er den samme og utslippene er uendret (i praksis er det slik at innblandingen varierer, og omsetterne oppfyller kravet på totalen og ikke på hver liter). Ved betydelig overoppfyllelse av omsetningskravet kan man tenke seg at myndighetene justerer omsetningskravet for å delvis ta høyde for dette.

¹¹ Norsk forbruk av flytende biobrensel var totalt 422 ktonn i 2022, hvorav 412 ktonn til transportformål (SSB Statistikkbanken tabell 11562). Det tilsvarer henholdsvis omtrent 506 og 495 millioner liter. Denne statistikken skiller ikke mellom avansert og konvensjonelt biobrensel.

Biodrivstoff har bærekraftsutfordringer?

Avanserte biodrivstoff (andre generasjons biodrivstoff) fremstilles i hovedsak av rester og avfall fra industri, landbruk og skogbruk som ikke kan utnyttes som mat eller dyrefôr, til motsetning fra konvensjonelle biodrivstoff (første generasjons biodrivstoff), jf. (Miljødirektoratet, 2023a). Forbrenning av både konvensjonelt og avansert biodrivstoff er forbundet med null utslipp i klimagassregnskapet. Avansert biodrivstoff har også ofte lavere livsløpsutslipp enn konvensjonelt biodrivstoff, dvs. utslipp i produksjon direkte og indirekte gjennom arealbruksendringer.¹²

De globale utslippene fra produksjon og transport av biodrivstoff varierer mellom råstoffene, og er forbundet med høy usikkerhet, men finner eventuelt sted i opprinnelseslandet til produksjonen eller uttaket av råstoffet. Omtrent alt flytende biodrivstoff til transportsektoren i Norge er i dag importert (Miljødirektoratet, 2023a), dvs. at forbrenning av biodrivstoff i Norge er forbundet med null utslipp.

Den produksjonen som finnes i Norge i dag, er også forbundet med null utslipp. Det skyldes at produksjonen av biodrivstoff i Norge i all hovedsak er basert på biprodukter fra skogindustrien. Klimagassutslipp fra produksjon av biodrivstoff basert på råstoff fra skog behandles i skog- og arealbrukssektoren, og ettersom utslippene føres i forbindelse med uttak av råstoffet, vil ikke produksjon av denne typen biodrivstoff føre til økte utslipp da man kun utnytter et biprodukt/avfall og utslippene allerede er medregnet ved uttaket av råstoffet. Produksjon basert på ettårige vekster som mais, hvete og raps er heller ikke forbundet med økte utslipp.

I alternativanalysen er det virkninger innenfor Norges grenser som skal vurderes. Derfor har biodrivstoff null klimagassutslipp. K0 Nullalternativet vil derfor redusere klimagassutslippene med 10 prosent, og K1 Ikke-fossil diesel med 100 prosent dersom man legger til grunn at konseptet legger til rette for overoppfyllelse av omsetningskravet.

I oppfyllelsen av omsetningskravet for ikke-veigående maskiner kan det kun brukes avansert biodrivstoff, og i K1 Ikke fossilt-drivstoff er det også forutsatt bruk av kun avansert biodrivstoff. Bærekraftsutfordringene i begge konseptene er derfor mindre enn ved konvensjonelt biodrivstoff som tillattes i oppfyllelsen av omsetningskravet for veitrafikken. Til slutt er det myndighetenes ansvar å stille krav til opprinnelsen av biodrivstoff som selges i Norge, og vi mener derfor denne vurderingen bør holdes utenfor KVU.

Biodrivstoff forsinket omstillingen i transportsektoren?

Miljødirektoratet er bekymret for at bruk av biodrivstoff vil forsinke nødvendig omstilling og innføring av nullutslippsteknologi i transportsektoren (Miljødirektoratet, 2023b, s. 35). Vi kan være enige i denne bekymringen når det gjelder transportsektoren som helhet. Samtidig er det viktig å huske at utslippene fra jernbanen utgjør en forsvinnende liten del av utslippene fra transportsektoren. Dette, sammen med lang levetid av dyre infrastrukturinvesteringer og sterk avhengighet mellom kjøretøy og infrastruktur, gjør at jernbanen ikke bør være stedet for å prøve ut umoden teknologi. På veitransport har man mer rom til å prøve ut nye teknologier, i og med at levetiden til investeringer er mye kortere.

¹² EU stiller krav til biodrivstoffenes egenskaper hvor det må (1) «dokumenteres at biodrivstoffet gjennom livsløpet reduserer klimagassutslippene med minst 50 %, sammenlignet fossilt drivstoff», og (2) at råstoffene «ikke er dyrket på arealer som har høy biodiversitet eller et høyt karboninnhold» og det må kunne dokumenteres at det ikke har vært «hugget regnskog eller drenert myr for å skaffe areal til råstoffproduksjonen». (Miljødirektoratet, 2023a)

Biodrivstoff er dyrt?

Det har blitt hevdet at biodrivstoff er dyrt. Høy pris kan imidlertid ikke være et argument mot å utrede et alternativ. Det er resultatene av den samfunnsøkonomiske analysen som vil vise hvor dyrt konseptet med biodiesel er sammenlignet med andre konsepter, og hvorvidt det er verdt å betale prisen for biodrivstoff eller ikke. Samfunnsøkonomiske konsekvenser og kostnader per tonn redusert klimagassutslipp bør derfor synliggjøres på linje med andre alternative energiløsninger.

7.3 Våre innspill

På bakgrunn av våre vurderinger av alternativanalysen i KVV beskrevet ovenfor, utreder vi K1 Biodiesel og gjennomfører kostnadsberegninger, usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomisk analyse av konseptet på linje med de øvrige konseptene.

8 Kostnads- og usikkerhetsanalyse i KVV

8.1 Innholdet i KVV-en

Basisestimatet er dokumentert i KVV-ens Vedlegg 6.5 Grunnkalkyle og Vedlegg 6.4 Usikkerhetsanalyse drifts- og vedlikeholdskostnader. I tillegg finnes det et betydelig omfang av underlagsdokumentasjon, herunder svar fra leverandørmarkedet, Vedlegg 6.6 infrastrukturforutsetninger inkl. regneark for elektrifisering, Vedlegg 6.7 Arealbeslag og kostnader for hydrogendepot, inkl. regneark for hydrogen fyllestasjoner, Vedlegg 6.2 energiforbruk gjennom simulering og regneark inndata til samfunnsøkonomisk analyse.

Basisestimat og usikkerhetsanalyse er unntatt offentlighet grunnet konkurransesensitiv informasjon, og beskrives derfor kun overordnet her uten tallgrunnlag.

8.1.1 Basisestimat

Basisestimatet i KVV består av:

- Investeringskostnader for ulike typer kjøretøy (persontog og godslokomotiv)
- Investeringskostnader for infrastruktur
- Drifts- og vedlikeholdskostnader, samt reinvesteringskostnader
- Energikostnader

For investeringskostnader har KVV i hovedsak benyttet konseptuell estimeringsmetodikk i tråd med modenhetsnivået. Det er benyttet rund-summer eller stykk-priser. Hydrogen fyllestasjoner er estimert basert på bl.a. ekspertise fra Tyskland. Pris for batteri- og hydrogenkjøretøy er utledet av svar fra leverandørmarkedet, mens det er benyttet erfaringspriser fra Norske tog og Cargo NET for bimodale og elektriske kjøretøy.

Drifts- og vedlikeholdskostnader består av overordnede anslag beregnet ovenfra og ned. For batterikjøretøy er vedlikehold av batteri skilt ut som en egen sats. Batterikostnader er basert på svar fra leverandørmarkedet, og regnet om til norske kroner.

Energikostnader er beregnet basert på simulert energibruk per settkm og multiplisert med energikostnad for diesel, elektrisitet og hydrogen omgjort til kr/kWh.

Det er forutsatt samme antall og type kjøretøy i alle konsepter, men med ulike energibærere:

- Regiontog, ca. 110 meter lange motorvognsett. Omfatter også regiontog i distrikt, som sannsynligvis vil være kortere enn regiontog til bruk i byområdene.
- Fjerntog, 220 meter lange motorvognsett.
- Godslokomotiv, 6-akslet.

I Nullalternativet er det forutsatt overgang til bimodale kjøretøy (diesel-kontaktledning).

Forutsetninger om antall og type kjøretøy er vist i Tabell 8.1.

Tabell 8.1 Type og antall kjøretøy i KVV

Kjøretøytype	Nordlandsbanen	Raumabanen	Røros- og Solørbanen	Samlet
Regiontog diesel	18	3	8	29
Fjerntog diesel	4	0	0	4
Godstog diesel	12	2	14	28

Kilde: KVV Green Hovedrapport, tabell 13

8.1.2 Usikkerhetsanalyse

KVV har gjennomført to usikkerhetsanalyser for investeringskostnader og én usikkerhetsanalyse for drift- og vedlikeholdskostnader. Usikkerhetsanalysen for drift- og vedlikeholdskostnader ble gjennomført i mars 2023, mens den siste usikkerhetsanalysen for investeringskostnader ble gjennomført i juni 2023.

Det er ikke gjennomført usikkerhetsanalyse av K0 Nullalternativet.

8.2 Vår vurdering

Det er gjort et svært omfattende arbeid med estimering i KVV. Vår vurdering er at det er stor usikkerhet knyttet til basisestimatet i KVV, og at man gjennom usikkerhetsanalysen ikke i tilstrekkelig grad har tatt hensyn til hvordan den teknologiske utviklingen og modning av konseptene vil kunne påvirke kostnadsbildet. Vi mener også at omfanget av godslokomotiv i kalkylen er for høyt i forhold til tilbud som er forutsatt. Vi forklarer disse momentene nærmere nedenfor.

8.2.1 Stor usikkerhet knyttet til basisestimatet

Det er stor usikkerhet knyttet til basisestimatet i KVV. Dette skyldes at:

- Tiltaksområdet for denne KVV-en omfatter i underkant av 1 300 km jernbane, mer enn ¼ av all jernbane i Norge, og en betydelig kjøretøysflåte, totalt 61 tog/lokomotiv. Dette gjør at tiltaksomfanget i konseptene er stort, vurderinger gjøres på overordnet nivå og usikkerheten øker.
- Basisestimatet inneholder kostnadsposter for kjøretøy og infrastruktur som ikke eksisterer i dag, eller som det kun eksisterer et fåtall av på verdensbasis. Det er generelt estimert konservativt.
- Noen priser er basert på informasjon fra svært få leverandører, og løsningen leverandørene har gitt prisanslag på er ikke alltid den samme som er forutsatt i KVV.
- For reinvesteringer som skjer hvert 5., 10. og 15. år er det ikke hensyntatt teknologisk utvikling.

Det er gjennomført usikkerhetsanalyse med oppgitt forventet kostnad, P50 og P85 for tiltakskonseptene. Nullalternativet K0 burde vært inkludert i usikkerhetsanalysen. I tillegg vurderes usikkerhetsspennt, standardavviket, for lavt sett i sammenheng med de utfordringene de ulike konseptene innehar og i lys av hvordan teknologisk utvikling kan endre kostnadsbildet.

Usikkerhetsanalysen ble gjennomført ved en gruppeprosess, der man først vurderte estimatusikkerhet, deretter usikkerhetsdrivere. Erfaringsmessig vil en metodisk tilnærming der man først vurderer estimatusikkerhet, gi et lavere anslag på usikkerhet enn hva som bør være tilfelle. Vår vurdering er at man særlig for dette prosjektet burde startet analysen med å diskutere usikkerhetsdrivere, herunder teknologisk utvikling, for å hensynta den betydelige usikkerheten som ligger i konseptene.

8.2.2 Antall godslokomotiv er for høyt

Vi mener også at omfanget av godslokomotiv i kalkylen er for høyt i forhold til hvilket tilbud som er forutsatt. Omfanget av materiell som benyttes i godstrafikken påvirker kostnadsbildet i denne KVV-en i stor grad, og varierer mellom de ulike konseptene. Eksempelvis er et batteri-godslokomotiv priset 250 % dyrere enn et elektrisk godslokomotiv. Vi har derfor undersøkt grundig hvordan KVV har kommet frem til antall godslokomotiv i basisestimatet.

Jernbanedirektoratet har lagt til grunn totalt 28 godslokomotiv i sitt basisestimat. Det er et teoretisk beregnet antall basert på TGodsreferansen NTP 2025-2036, som beskriver materiellbehov, inkl. reservemateriell på 20 %, knyttet til godstrafikken i Norge. Det er oppgitt hvilke tilbud som kjøres med elektriske lokomotiv og hvilke som kjøres med diesellokomotiv.

I vår dialog med Jernbanedirektoratet kom det frem at endrede forutsetninger i NTP-arbeidet hadde bidratt til at det forelå et nytt beregnet antall for Nordlandsbanen. Vi ble derfor bedt om å legge til grunn 10 godslokomotiv på Nordlandsbanen, i stedet for 12 som i KVV. For de øvrige strekningene anbefalte Jernbanedirektoratet ingen endringer. Den nye totalen i henhold til revidert TGodsreferanse NTP 2025-2036 er dermed 26 godslokomotiv på dieseldrift. Dersom KVV-en hadde vært levert i dag, ville den altså prissatt totalt 26 godslokomotiv, der 10 dedikeres til Nordlandsbanen, 2 til Raumabanen og 14 til Røros- og Solørbanen.

Materiell for godstransport utenfor tiltaksområdet bør ikke inkluderes i basisestimatet

Revidert TGodsreferanse NTP 2025-2036 angir totalt 26 godslokomotiv som benytter diesel i Norge i dag, og omfatter godstogtilbud utenfor tiltaksområdet i denne KVV-en. Av disse 26 godslokomotivene er det oppgitt at 6 stykk (5 i drift + 20 % reserve) benyttes for å kjøre godstog andre steder:

- GSK21 Bjørntvedt-Brevik med totalt 2 godslokomotiv benyttes til kalktog i Brevik, og kjører på elektrifisert strekning.
- GST7b Flesberg-Charlottenberg-Sverige med totalt 1 godslokomotiv benyttes til tømmerstog fra Telemark til Sverige via Alnabru og Kongsvingerbanen.
- GV11b Oslo-Lillestrøm med totalt 1 lokomotiv benyttes til transport av biler til Møller
- GSA26 Djupvik-Sverige med totalt 1 lokomotiv benyttes til transport av avfall fra Narvik til Sverige

Vi mener at materiell som benyttes til tilbud utenfor tiltaksområdet, og i tillegg på enkelte strekninger som allerede er elektrifisert, ikke skal inngå i basisestimatet for denne KVV-en.

Antall godslokomotiv på Røros- og Solørbanen er overvurdert

I alternativanalysen i KVU er det oppgitt at godstogtilbudet som forutsettes på Røros- og Solørbanen er GST13X-tømmertog. I TGodsreferanse NTP 2025-2036 er det oppgitt at GST13x krever 5 godslokomotiv. Med 20 % reservemateriell gir dette et behov for 6 lokomotiv.

I dagens situasjon og som oppgitt i TGodsreferanse NTP 2025-2033 trafikkerer også andre linjer Røros- og Solørbanen; tømmertog GST14, GST18 og noe vognlasttog. Tilbudet er uregelmessig (én til to avganger i uken) og lokomotiver blir benyttet både på svensk og norsk side. I tillegg skjer det bytte av lokomotiv på Kongsvinger. Dette er også tilfelle for GST13x. I TGodsreferanse NTP 2025-2033 er det teoretisk beregnet behov for ett godslokomotiv til å drifte tilbud som kjøres kun én dag i uken. I virkeligheten vil ikke dette svare seg økonomisk for operatørene.

Omfang av materiell bør basere seg på det tilbudet man beregner nytte for, og som definert i KVU for Røros- og Solørbanen er dette GST13x med behov for 6 godslokomotiv. I og med godstrafikken på banen ellers (GST14, GST18 og noe vognlast) er svært liten og inkluderer tilbud som kun kjøres én dag i uken, er det rom for å også drifte totalen av dagens tilbud på Røros- og Solørbanen med disse 6 godslokomotivene.

Vi har lagt til grunn behov for 6 godslokomotiv på Røros- og Solørbanen i vårt basisestimat, i tråd med tilbudet slik det er definert i alternativanalysen.

Antall godslokomotiv på Raumabanen er overvurdert

I TGodsreferanse NTP 2025-2033 er det oppgitt at GK23, som benyttes til godstogtilbudet mellom Alnabru og Åndalsnes krever 1 godslokomotiv. Med 20 % reserve gir dette et behov for 1,2 godslokomotiv teoretisk sett. Fremføringstiden er oppgitt til 7 timer i KVU (Alternativanalyse). Det er altså mulig å kjøre en rundtur (laste på Alnabru, kjøre til Åndalsnes, losse og returnere til Alnabru) på under 24 timer. Vår vurdering er at tilbudet kan driftes med ett godslokomotiv.

9 Samfunnsøkonomisk analyse i KVV-en

Til grunn for den samlede samfunnsøkonomiske vurderingen i KVV ligger både de prissatte og ikke-prissatte vurderingene og en rangering av konseptene. Vi går først gjennom prissatte virkninger i KVV-en (kapittel 9.1), og deretter ikke-prissatte virkninger (kapittel 9.2).

9.1 Prissatte virkninger

Nedenfor gjengir vi de viktigste forutsetninger, beregninger og resultater fra de prissatte virkningene i KVV-en.

9.1.1 Sentrale forutsetninger

Tabell 9.1 oppsummerer forutsetninger brukt i analysen. De viktigste forutsetningene blir også omtalt nedenfor.

Tabell 9.1 Forutsetninger i KVV

	Forutsetninger i KVV
Analyseperiode	2023-2107 (75 år)
Planleggings- og investeringsperiode	2023-2032 (Investeringer fra 2029)
Åpningsår	2033
Diskonteringsår	2023
Beregningsår	2030 og 2060 (avvik fra NTP-forutsetningene)
Levetid infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • KL-anlegg: 75 år • Omformerstasjon: 60 år • Overbygg: 40 år • Fyllestasjon hydrogen: 20 år <p>Levetid på investeringer i øvrige infrastrukturelementer vurderes konkret i prosjektet for hver energiform.</p> <p>Prosjektets levetid følger levetid på investeringer i KL-anlegg, 75 år.</p>
Restverdier	Ingen
Kalkulasjonsrente	<p>4 % i 2033-2072</p> <p>3 % 2073-2107</p> <p>Nedtrappingen av kalkulasjonsrenten regnes fra åpningsår.</p>
Trafikkvekst	<p>Godstrafikk: Trafikkvekst i henhold til transportmodellberegninger legges til grunn frem til 2060, deretter avtar veksten mot 0 i år 2100, som for realprisene</p> <p>Persontrafikk: Nullvekst etter 2033.</p>

Forutsetninger i KVV	
Realprisjustering	Realprisjusteringen skjer i takt med veksten i BNP per innbygger fra Perspektivmeldingen (Finansdepartementet, 2021a): <ul style="list-style-type: none"> • 0,9 % per år i perioden 2023-2061; • veksten avtar gradvis mot 0 i 2061-2100; • ingen vekst etter 2100. Følgende kalkulasjonspriser blir realprisjustert: <ul style="list-style-type: none"> • Tidskostnader for personer • Ulempekostnader • Verdien av et statistisk liv og personskader • Støykostnader
Prisnivå	2023
Dieselpris	11,43 kr/liter anleggsgas levert på tog, inkl. grunnavgift og CO ₂ -avgift, ekskl. mva. Det er antatt CO ₂ -avgift på fossil diesel vil bli videreført på dagens nivå (2,53 kr/liter i 2023). Det er avgift bare på fossil diesel, men ikke på biodiesel. Med andre ord: bare 90 % av drivstoffet som skal betale avgift, tilsvarende 2,28 kr/l.
Biodieselpris	Tillegg på 1,27 kr/liter (utelatt fra dieselprisen i Nullalternativet)
Elektrisitetspris	55 øre/kWh for kraft levert pantograf, 0 øre/kWh nettleie
Hydrogenpris	55 øre/kWh levert til elektrolyse lokalt (179 øre/kWh levert på togets tank, tilsvarende ca. 59 kr/kg hydrogen)
CO₂-pris	Karbonprisbane for ikke-kvotepliktig sektor for 2023 (Finansdepartementet, 2022).
Investeringskostnader	Forventningsverdier benyttes

Kilde: KVV Green Vedlegg 6.1 v3

9.1.1.1 Åpningsår og diskonteringsår

KVV påpeker at enkelte forutsetninger avviker fra veileder til NTP 2025-2036. KVV vurderer at det er best å benytte et realistisk åpningsår og dagens priser og diskonteringsår 2023 fordi det er lettest å forholde seg til for tolking av resultat og for beslutningstakere. KVV vurderer at det antakelig ikke vil være store avvik for den samfunnsøkonomiske lønnsomheten sammenlignet med å følge NTP-forutsetningene konsekvent.

9.1.1.2 Innblanding av biodiesel i Nullalternativet

Ifølge den skriftlige dokumentasjonen er det antatt en videreføring av innblandingskravet på samme nivå som i dag: 10 % biodiesel for ikke-veigående maskiner. Dette medfører et tillegg på omtrent 1,27 kr/liter.¹³

¹³ I KVV er det vist til tillegg på 0,12 USD/liter, justert månedlig for utvikling i dollarkursen. Vi har omregnet til norske kroner basert på gjennomsnittlig valutakurs i 2023 ifølge Norges Bank.

Dette er imidlertid ikke inkludert i beregningene av Nullalternativet i den samfunnsøkonomiske analysen, verken på nyttesiden (utslippseffekten) eller kostnadssiden (dieselpriisen og CO₂-avgiften):

- I de samfunnsøkonomiske beregningene er det lagt til grunn et CO₂-utslipp på 0,265 kg/kWh, basert på utslippsfaktorer for fossil diesel fra tabell for omregning fra ulike energivarer til utslipp fra Miljødirektoratet (2020).
- I de samfunnsøkonomiske beregningene er det lagt til grunn en dieselpriis på 11,43 kr/liter inkl. CO₂-avgift, som er hentet fra pumpepris levert i Trondheim fra Anleggsdiesel AS i september 2022, før omsetningskravet trådte i kraft.

9.1.1.3 Utvikling av etterspørselen etter transport

KVV har benyttet referansealternativet fra arbeidet med ny NTP 2025-2036.

For **persontrafikken** er det antatt nullvekst fra 2030 til 2060.

For **godstrafikken** er det forutsatt følgende vekst i togkilometer fra 2030 til 2060, basert på anslag fra nasjonal godsmodell:

- Nordlandsbanen: 36 %
- Raumabanen: 38 %
- Røros- og Solørbanen: 41 %

For Nordlandsbanen er det i beregningene også inkludert en vekst på 50 % i perioden 2021-2030. Kilde/begrunnelse for dette er ikke oppgitt.

Forutsetningene som ligger til grunn for beregningene av prissatte virkninger i SAGA er ulike i forskjellige konsepter. Vi drøfter dette videre i kapittel 11.2.4.

9.1.1.4 Levetid for prosjektet og investeringer i infrastruktur

Det er ingen investeringer i infrastruktur i Nullalternativet.

Levetid i infrastrukturtiltak er vurdert for hver energibærer/konsept og er beskrevet i tekst og underlag til samfunnsøkonomiske beregninger. Tabell 9.2 sammenstiller fordelingen av investeringssummen på de ulike kostnadskomponentene i hvert konsept og banestrekning, og viser hvor mange år investeringene avskrives over samt hvilken levetid infrastrukturelementene har i hvert alternativ. Bakgrunnen for at verksted og beredskapstiltak har levetid 75 år er at kostnadsposten er en sum som inneholder udefinerte sikkerhet- og beredskapstiltak. Ved å sette 75 års levetid for disse unngår man reinvesteringer.

Tabell 9.2 Investeringsbeløp i infrastrukturtiltak og levetid, mill. kr

	Levetid (år)	Nordlandsbanen			Raumabanen			Røros- og Solørbanen		
		K2a	K3	K4	K2a	K3	K4	K2a	K3	K4
Infrastruktur i underbygning (fyllestasjon)	100	590	-	-	54	-	-	383	-	-
Kontakt- og høyspentledning		-	3 402	8 284	-	563	1 340	-	3 264	5 593
Ladestasjon m/infrastruktur	75	-	0	-	-	0	-	-	0	-
Verksted og beredskapstiltak		968	81	-	276	81	-	266	81	-
Tilrettelegging tunneler og broer		-	230	10 207	-	0	769	-	1 113	2 093
Omformerstasjoner	60	-	2 757	2 803	-	460	467	-	919	934
Infrastruktur i overbygning (fyllestasjon)	40	253	-	-	23	-	-	164	-	-
Fyllestasjon	20	984	-	-	83	-	-	667	-	-

9.1.2 Resultater av prissatte virkninger

Nedenfor oppsummerer vi resultatene av de prissatte virkningene i KVU per banestrekning. Mer detaljerte resultater er i vedlegg E.

Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten er negativ i alle konsepter på alle banestrekninger. K3 Batteri på Nordlandsbanen er det eneste alternativet som havner i tiltakskategori under 1 500 kr/tonn. Alle konsepter på Raumabanen og Røros- og Solørbanen har betydelig høyere tiltaks-kostnader enn dette.

Ettersom K2b Hydrogen med deelektrifisering konsekvent har høyere kostnader og lavere netto nytte enn K2a Hydrogen, gjennomgår vi ikke resultatene av dette konseptet.

9.2 Følsomhetsanalyser

Det er gjennomført ulike følsomhetsberegninger i KVU:

- **Høy og lav karbonprisbane** i henhold til karbonprisbaner til bruk i samfunnsøkonomiske analyser (Finansdepartementet, 2022). Med høy karbonprisbane blir K3 Batteri for Nordlandsbanen og K4 Elektrifisering på Røros- og Solørbanen samfunnsøkonomisk lønnsomme.
- **Lav og høy energipris**, halvering og dobling av alle energipriser. Med dobling av energiprisene blir K3 Batteri samfunnsøkonomisk lønnsomt på Nordlandsbanen. Alle andre alternativer på alle banestrekninger forblir samfunnsøkonomisk ulønnsomme i begge scenarier. Påvirker rangeringen på Røros- og Solørbanen, men ikke Nordlandsbanen eller Raumabanen.

- **Optimistisk teknologiutvikling** med billigere batterier (50 %), færre omformerstasjoner og mindre kontaktledning (25 %) i K3 Batteri, samt billigere batterier (50 %), reduserte investeringskostnader i fyllestasjoner og hydrogentanker (25 %) og økt effektivitet i brenselceller og elektrolyse i K2 Hydrogen. Med disse forutsetningene blir alle konsepter utenom K4 Elektrifisering samfunnsøkonomisk lønnsomme på Nordlandsbanen. Rangeringen etter netto nåverdi endres ikke. For Raumabanen er alle konsepter fremdeles samfunnsøkonomisk ulønnsomme med disse forutsetningene. Det teknologioptimistiske scenariet endrer heller ikke på rangeringen av konseptene. For Røros- og Solørbanen blir K2a Hydrogen samfunnsøkonomisk lønnsomt med de teknologioptimistiske forutsetningene. Rangeringen av konseptene endres ikke. De teknologioptimistiske forutsetningene reduserer driftskostnadene, og det er konseptene med hydrogen som har høyest driftskostnader. Batteri er i utgangspunktet mer kostnadseffektivt enn hydrogen, men med de teknologioptimistiske forutsetningene som er lagt til grunn i denne følsomhetsanalysen tettes noe av dette gapet og den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i K2a Hydrogen og K2b Hydrogen med delelektrifisering kommer nærmere K3 Batteri.
- **Vekst i persontrafikken.** Med 30 % høyere vekst i persontrafikken forblir alle alternativer samfunnsøkonomisk ulønnsomme, og rangeringen av konseptene er uendret på alle tre banestrekninger.

9.3 Ikke-prissatte virkninger

Ikke-prissatte virkninger er beskrevet i kapittel 6.9.6 i Hovedrapporten og i vedlegg *Analyse av ikke-prissatte konsekvenser*.

9.3.1 Metoden for ikke-prissatte virkninger

Metoden som brukes for å vurdere ikke-prissatte virkninger bygger på prinsippet om at ikke-prissatte skal vurderes på samme måte som prissatte virkninger. Tilnærmingen i KVU er basert på en videreutvikling av metoden for vurdering av ikke-prissatte virkninger (Jernbanedirektoratet, 2022) beskrevet i Statens vegvesens Håndbok V712.¹⁴ Virkninger skal kvantifiseres så langt det lar seg gjøre, og det skal anvendes standardiserte indikatorer for å vurdere konsekvens.

I KVU Green vurderes det ikke-prissatte virkninger for:

- Natur og miljø: friluftsliv/rekreasjon, naturressurser, landskapsbilde, naturmangfold og kulturarv
- Sikkerhet: robusthet, redundans, restitusjon
- Pålitelighet: driftsstabilitet, færre forsinkelser

For hver indikator som inngår i de ikke-prissatte virkningene har KVU-en også evaluert usikkerhetsspennet i omfanget av de ulike virkningene, i form av forventningsskjevhet og grad av variasjon i usikkerhet. Disse vurderingene brukes i rangeringen av konseptene.

Ikke-prissatte virkninger og klimagassutslipp fra bygging av kjøretøy holdes utenfor analysen, men inkluderes for infrastruktur, herunder anleggsutslipp, massetransport og eventuelle naturinngrep.

¹⁴ Metoden i (Jernbanedirektoratet, 2022) har blitt brukt i KVU Green, som ett av flere pilotprosjekter.

For å unngå dobbelttelling er det kartlagt årsaks-virkningskjeder. Virkningene er gruppert etter hvilken gruppe som blir berørt.

9.3.1.1 Virkninger for natur og miljø

Virkninger for natur og miljø er kartlagt og vurdert ved indikatorer som vist i Tabell 9.3. Antall berørte multipliseres med påvirkning for å gi kvantum (omfanget) av virkningen. Dette multipliseres så igjen med enhetsverdi for å gi en samlet indikator over den samfunnsøkonomiske verdien av den ikke-prissatte virkningen.

Tabell 9.3 Indikatorer for ikke-prissatte virkninger for natur og miljø

Virkning	Antall berørte	Påvirkning	Enhetsverdi	Samlet indikator
Natur og miljø (friluftsliv/rekreasjon)	Antall innbyggere innenfor 1000 m av de friluftsområdene som faller innenfor beslags- og influenssonen. Nasjonale brukeres basert på antall hytter og hoteller i nærområdet, vektet med antatt bruksfrekvens.	Hvor stor andel av de kartlagte friluftsområdene innenfor 1000 m av de berørte husstandene som faller innenfor beslags- og influenssonen. Ganges med gjennomsnittlig antall rekreasjonsdager i friluftsliv for å omsette i tapte rekreasjonsdager per berørt.	Ikke kartlagt/manglende kunnskap.	Forventet antall reduserte rekreasjonsdager.
Natur og miljø (naturressurser)	Benytt AR5/AR50 og «utmark for beite» fra Kilden (NIBIO). Reinbeiteområder fra landbruksdirektoratet og mineralforekomster fra NGU.	Antall kvadratmeter/kvadratkilometer med fulldyrket og overflatedyrket jord, reinbeiteområder, utmark for beite og mineralressurser. Tell kun påvirkning fra fysisk arealbeslag, ikke influenssonen.	Ikke kartlagt/manglende kunnskap	Summerte påvirkede arealer målt i antall kvadratkilometer.
Natur og miljø (landskapsbilde)	Antall fastboende og hytter som får endret utsyn iht. befolkningsstatistikk på 250x250 rutenett. Avgrenset til 1 km fra tiltaket.	Hvor mye mer jernbane (målt i lengde) hver berørt kan se. Vurderer kun utsyn til senterlinje, hytter og boliger vektet likt.	Ikke kartlagt/manglende kunnskap.	Husstandskilometer økt baneutsyn; produktet av antall husstander og antall km økt utsyn til jernbane.

Virkning	Antall berørte	Påvirkning	Enhetsverdi	Samlet indikator
Natur og miljø (naturmangfold)	Ikke kartlagt/manglende kunnskap.	Signaliser konflikt-potensial på ulike verneområder og berørte naturtyper iht. Rundskriv T-2/16. Arealet telles i absolutte størrelser (kvadratmeter/kvadratkilometer), og telles én gang selv om det opptrer i flere kartlag.	Ikke kartlagt/manglende kunnskap.	Totalt vernet areal og areal med berørte naturtyper som påvirkes av tiltaket.
Natur og miljø (kulturarv)	Ikke kartlagt/manglende kunnskap.	Antall kartlagte kulturminner i beslags- og influenssonen som vil bli berørt av tiltaket.	Ikke kartlagt/manglende kunnskap.	Antall kulturminner som påvirkes av tiltaket. Berørte kulturmiljøer omtales separat.

Kilde: KVV Green Vedlegg: Analyse av ikke-prissatte virkninger

9.3.1.2 Virkninger for pålitelighet

Pålitelighet uttrykker hvor stabil trafikken (driftsstabilitet) er i en *normalsituasjon*. KVV-en argumenterer for at det for noen av konseptene vil være forbedringer i pålitelighet som det ikke er mulig å måle som prissatte virkninger med tilgjengelige metoder. Ettersom det heller ikke eksisterer noen etablert metodikk for å kvantifisere dette som ikke-prissatte virkninger, benytter KVV-en en ordinal skala for å beskrive endringer i pålitelighet for de ulike konseptene, basert på en samlet vurdering. For konseptene med elektrifisering og batteridrevne tog vurderer KVV-en at det er en forbedring i pålitelighet som ikke fanges opp i de prissatte virkningene. Dette er i hovedsak knyttet til at togene i disse konseptene vil ha bedre akselerasjon enn i referansealternativet, noe som bidrar til økt evne til å holde ruten og hente inn eventuelle forsinkelser. Som en forenkling antas det at de ulike konseptene har lik virkning på indikatoren uavhengig av banestrekning.

9.3.1.3 Virkninger for sikkerhet

Sikkerhet uttrykker infrastrukturens evne til å være åpen for transport (driftsstabilitet) *under ekstreme forhold*. KVV-en bruker driftsstabilitet synonymt med «oppetid». KVV-en vurderer at tiltak/drivere som påvirker samfunnssikkerheten positivt, også påvirke påliteligheten positivt. Samtidig påpekes det i KVV-en at tiltak/drivere som påvirker påliteligheten positivt, ikke nødvendigvis er tilstrekkelige for å påvirke samfunnssikkerheten positivt

På tilsvarende måte som for pålitelighet er ikke-prissatte virkninger knyttet til sikkerhet evaluert på en ordinal skala i KVV-en. Her vurderes sikkerhet ut ifra kriteriene robusthet, redundans og restitusjon. Avhengig av konsept relaterer KVV dette blant annet til risiko for brann i batteriene om bord på togene og hendelser knyttet til fyllestasjoner for hydrogen. For konseptet med elektrifisering peker KVV-en på konsekvenser for robusthet og restitusjon i tilfeller der

omformerstasjoner av en eller annen årsak settes ut av drift. Vurderingene gjøres for hver banestrekning enkeltvis.

9.3.2 Resultater av ikke-prissatte virkninger i KVV

KVV-en omfatter ikke bygging av ny jernbane. De ikke-prissatte virkningene vil av den grunn være av mindre omfang sammenlignet med bygging av ny jernbane.

Nullalternativet (K0 Fossil diesel) fører ikke til ytterligere beslag eller forbruk av areal. Det innebærer at alle konsepter som fører til beslag av areal, vil slå negativt ut for alle virkningene under natur og miljø sammenlignet med referansealternativet. Tabell 9.4 viser hvordan KVV-en rangerer konseptene for de ulike banestrekningene med bakgrunn i de ikke-prissatte virkningene samlet sett.

Tabell 9.4 Rangering av konseptene i KVV etter ikke-prissatte virkninger

Rangering	Nordlandsbanen	Røros- og Solørbanen	Raumabanen
1	3 Batteri	3 Batteri	2a Hydrogen
2	4 Elektrifisering	4 Elektrifisering	3 Batteri
3	2a Hydrogen	2a Hydrogen	2b Hydrogen med delelektrifisering
4	2b Hydrogen med delelektrifisering	2b Hydrogen med delelektrifisering	4 Elektrifisering

Kilde: KVV Green Hovedrapport, tabell 24, tabell 25 og tabell 26

Vi gir i det følgende en oppsummering av vurderingene KVV-en har gjort av ikke-prissatte virkninger.

9.3.2.1 Nordlandsbanen

Tabell 9.4 viser at K3 Batteri er vurdert til å ha lavest omfang av negative ikke-prissatte virkninger på Nordlandsbanen, etterfulgt av K4 Elektrifisering. Begge disse konseptene bidrar, ifølge KVV-en til bedre pålitelighet enn Nullalternativet. Selv om hydrogenkonseptene innebærer lavere beslag av naturressurser og påvirkning av landskapsbildet, argumenterer KVV-en for at den betydelige usikkerheten knyttet til plasseringen av fyllestasjoner gjør at disse faktorene ikke er tilstrekkelige for å veie opp for den negative virkningen på sikkerhet. Den negative virkningen på sikkerhet skyldes plasseringen av fyllestasjoner i sentrumsnære områder i henholdsvis Bodø og Trondheim.

9.3.2.2 Røros- og Solørbanen

Tabell 9.4 viser at også på Rørosbanen er K3 Batteri vurdert som best, etterfulgt av K4 Elektrifisering. K3 Batteri har færre negative virkninger for friluftsliv og kulturarv enn de andre konseptene, og er vurdert til å ha en positiv virkning på pålitelighet. Samtidig beslaglegger konseptet ti ganger mer areal til jordbruk og reindrift enn K2a. Hydrogenkonseptene K2a og K2b er likevel lavest rangert som følge av arealbeslag av friluftsliv, kulturarv og naturmangfold. Av disse er virkningen på

naturmangfold vurdert å ha størst negativ betydning, ettersom fyllestasjonen på Støren er lagt til et naturområde hvor andre utredninger konkluderer med at området bør spares for inngrep.

På Solørbanen er henholdsvis K3 Batteri og K4 Elektrifisering, og konsept 2a Hydrogen og 2b Hydrogen med delelektrifisering like. I både K3 Batteri og K4 elektrifisering skal banen hel-elektrifiseres, og K2a og K2b er det ingen del-elektrifiserte strekninger langs banen eller forskjell i utbygging av omformerstasjoner. KVU-en argumenterer for at K3 Batteri og K4 Elektrifisering trolig vil ha færrest negative ikke-prissatte virkninger, til tross for at disse konseptene har høyest påvirkning på landskapsbildet. Da det vil være hensiktsmessig å benytte samme, eller kompatible, energibærere på Røros- og Solørbanen vurderer KVU-en K3 Batteri til å være det mest egnede konseptet på banen. K2a Hydrogen og K2b Hydrogen med delelektrifisering vurderes like i rangeringen.

9.3.2.3 Raumabanen

For Raumabanen rangerer KVU-en K2a Hydrogen høyest, etterfulgt av K3 Batteri, K2b Hydrogen med delelektrifisering og K4 Elektrifisering (se Tabell 9.4). Det er særlig vurderinger knyttet til forskjeller i pålitelighet, landskapsbilde, og kulturarv som påvirker rangeringen. Vurderingene knyttet til usikkerhet til effekten på naturmangfold understøtter denne rangeringen. Som for de øvrige banestrekningene legger KVU-en til grunn at K3 og K4 bidrar til positive marginale virkninger på pålitelighet, i motsetning til K2a og K2b hvor påliteligheten er antatt lik som i referansealternativet. På den andre siden viser beregningene i KVU-en at K3 og K4 vil ha en betydelig større negativ effekt på landskapsbilde, målt i antall boliger i influenssonen, sammenlignet med K2a og K2b. I K2b faller samtidig betydelig flere kulturminner innenfor influenssonen til tiltakene, enn for de andre konseptene. Dette, i kombinasjon med forskjellen i pålitelighet, er utslagsgivende for vurderingen om at K3 Batteri rangeres høyere enn K2b Hydrogen med delelektrifisering.

9.4 Samlet vurdering av prissatte og ikke-prissatte virkninger og rangering i KVU

Den samlede vurderingen av prissatte og ikke-prissatte virkninger er vist i Tabell 9.5.

Den samlede rangeringen av konseptene er i stor grad lik rangeringen av de prissatte virkningene.

For **Nordlandsbanen** er K3 Batteri rangert høyest iht. både prissatte og ikke-prissatte virkninger. For de ikke-prissatte virkningene rangeres K4 Elektrifisering over hydrogenkonseptene K2a og K2b. Samtidig har K2a omtrent 1 mrd. kroner høyere netto nåverdi enn K4. KVU-en vurderer med bakgrunn i dette at K2a samlet sett kommer bedre ut enn K4. Dette tilsier at KVU-en vurderer forskjellen i de ikke-prissatte virkningene mellom disse konseptene til å være for liten til å endre den samlede vurderingen. KVU-en anser derimot at forskjellen i netto nåverdi på 369 mill. kroner mellom K2b og K4 har mindre betydning enn forskjellen i de ikke-prissatte virkningene mellom disse konseptene. KVU-en rangerer derfor K4 Elektrifisering over K2b Hydrogen med delelektrifisering samlet sett.

For **Røros- og Solørbanen** er K4 Elektrifisering marginalt bedre enn K2a Hydrogen, vurdert etter de prissatte virkningene. Det samme er K2b Hydrogen med delelektrifisering sammenlignet med K3 Batteri. K2a og K2b skårer dårligst på de ikke-prissatte virkningene. Dette skyldes hovedsakelig

at fyllestasjonen på Støren er lagt til et viktig naturområde. Når det gjelder den samlede vurderingen anser KVU-en at forskjellen i de prissatte virkningene mellom K3 Batteri og K4 Elektrifisering er for stor til å endre den samlede rangeringen. På tross av usikkerheten knyttet til plassering av fyllestasjon for hydrogen gjør ulikheten i netto nytte at K2a Hydrogen rangeres foran K3 Batteri. Forskjellen mellom K3 og K2b er mindre, og de negative virkningene på naturmangfold gjør at K2b Hydrogen med deelektrifisering kommer dårligst ut i den samlede vurderingen.

For **Raumabanen** har de ikke-prissatte virkningene samme rangering som de prissatte, og endrer derfor ikke rangeringen etter den samlede vurderingen av konseptene.

Tabell 9.5 Rangering av konseptene etter prissatte og ikke-prissatte virkninger

Rang- ering	Nordlandsbanen			Røros og Solørbanen			Raumabanen		
	Pris- satte	Ikke- pris- satte	Samlet	Pris- satte	Ikke- pris- satte	Samlet	Pris- satte	Ikke- pris- satte	Samlet
1	3	3	3 Batteri	4	3	4 Elektrifisering	2a	2a	2a Hydrogen
2	2a	4	2a Hydrogen	2a	4	2a Hydrogen	3	3	3 Batteri
3	2b	2a	4 Elektrifisering	2b	2a	3 Batteri	2b	2b	2b Hydrogen med deelektrifisering
4	4	2b	2b Hydrogen med deelektrifisering	3	2b	2b Hydrogen med deelektrifisering	4	4	4 Elektrifisering

Kilde: KVU Green Hovedrapport, tabell 24, tabell 25, tabell 26

9.5 Fordelingsvirkninger

KVU-en har en knapp omtale av fordelingsvirkninger, og henviser til at i de prissatte virkningene (SAGA-arkene) fremkommer også detaljert informasjon om fordelingen av virkningene på aktørene: trafikanter, operatører, det offentlige og samfunnet for øvrig. KVU-en nevner som et eksempel at elektrifisering medfører høyere utgifter ved investering i infrastruktur, og positive virkninger for godskunder/næringsliv, operatører og det offentlige gjennom lavere driftskostnader og nullutslipp. KVU-en antar at det ikke er større prissatte regionale fordelingsvirkninger.

KVU-en peker på at de ikke-prissatte virkningene utgjør en fordelingsvirkning ved at folk som bor i nærheten og/eller bruker de berørte områdene til rekreasjon kan bli påvirket negativt av tiltak.

Fordelingsvirkninger er også behandlet under interessekonflikter i Hovedrapporten. KVU-en peker på interessekonflikter mellom gods- og persontrafikk. Godstrafikken på jernbanen er utsatt for konkurranse fra veitrafikken, som presser operatørene på pris. Persontrafikken er statlig støttet og i mindre grad styres av inntekter fra passasjerer, er mindre følsomme for endringer i trafikkgrunnlaget og kostnadsnivået enn godsoperatørene. Det kan derfor være en interessekonflikt i aksept for risiko knyttet til disse faktorene, og at de alternative konseptene påvirker disse faktorene ulikt. KVU peker også på at konseptene vil gi ulik fordeling av kostnadene mellom infrastrukturforvalter og eiere/brukere av kjøretøy. Det er også interessekonflikt mellom leverandører av

ulike teknologiske løsninger for alternative energibærere og mellom leverandører av ulike energibærere.

9.6 Konklusjoner og anbefalinger i KVV

KVV-ens konklusjoner og anbefalinger gis med bakgrunn i en samlet vurdering av samfunnsøkonomisk analyse, effektmåloppnåelse, realopsjoner og vurdering av risiko og usikkerhet. Selv om KVV-en analyserte konseptene for alle strekningene samlet, gis anbefalinger for de ulike banestrekningene for seg. Tabell 9.6 oppsummerer hovedresultater fra prissatte virkninger, konklusjoner og anbefalinger fra KVV.

Tabell 9.6 Oppsummering av konklusjoner og anbefalinger i KVV

	Nordlandsbanen	Røros- og Solørbanen	Raumabanen
Beste rangerte konsept	K3 Batteri	K4 Elektrifisering	K2a Hydrogen
Anbefaling	K3 Batteri	K4 Elektrifisering	Ingen tiltak pga. høy tiltakskostnad
NNV	-2 849 mill. kr	- 5 065 mill. kr	-1 000 mill. kr
Tiltakskostnad	1 329 kr/tonn	3 057 kr/tonn	5 084 kr/tonn
Utslipsreduksjon	47 664 tonn/år	19 626 tonn/år	2 103 tonn/år

KVV anbefaler K3 Batteri for **Nordlandsbanen**. KVV vurderer at anbefalingen er robust for endringer i forutsetninger, og den teknologiske modenheten er vurdert til å være høy for både person- og godskjøretøy innen 2030. Basert på at tiltaket har lavest tiltakskostnad i KVV-en og ligger på nivå med de andre tiltakene i tiltakskategori 2 (1 000-1 500kr/tonn) i Klimakur 2030 anbefaler KVV at tiltaket «prioriteres høyt sammenlignet med andre mindre effektive klimatiltak og andre tiltak i samferdselssektoren» (KVV Hovedrapport, s. 8).

For **Røros- og Solørbanen** anbefaler KVV K4 Elektrifisering. Anbefalingen tar også hensyn til at lønnsomheten i konseptet er mer robust med hensyn til trafikkvekst og kapasitet enn alternativene. KVV anbefaler at det gjennomføres en videre optimalisering av konseptet hvor hensikten er å se om det er mulig å redusere kostnader og øke klimagevinsten ytterligere og deretter vurdere nærmere hvordan tiltaket bør prioriteres opp mot andre tiltak. KVV anbefaler at tiltak på Røros- og Solørbanen prioriteres lavere enn Nordlandsbanen pga. høyere tiltakskostnad og lavere samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

For **Raumabanen** anbefales det at samfunnet prioriterer andre tiltak før bytte av energibærer på Raumabanen, herunder skifte av energibærer på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen. Årsaken er at tiltakskostnadene er høye og trafikkgrunnlaget lavt. Det påpekes også at tiltakshaver ser høy risiko ved K2a Hydrogen som er rangert best. KVV anbefaler at en ny vurdering av konsept for reduksjon av klimagassutslipp på Raumabanen gjennomføres i forbindelse med neste NTP-periode, dvs. Jernbanedirektoratets grunnlag for NTP 2029-2041 som anslagsvis skal leveres våren 2027.

9.7 Vår vurdering av den samfunnsøkonomiske analysen i KVV-en

9.7.1 Ekstra siling av konseptene

Vi er kritiske til at konseptene med ikke-fossil diesel (K1a og K1b) siles ut før den samfunnsøkonomiske analysen, på grunnlag av antatt effektmåloppnåelse. Det ville vært nyttig å beregne nytten og kostnaden også av dette konseptet. Ikke minst er dette konseptet relevant som et utsettesalternativ. Se kapittel 7 for en nærmere begrunnelse for vår vurdering av utsilingen av K1 Ikke-fossil diesel.

9.7.2 Vår vurdering av de prissatte virkningene i KVV-en

Vår overordnede vurdering er at analysen av de prissatte virkningene er gjennomført i henhold til gjeldende retningslinjer. Vi har likevel merknader til enkelte forutsetninger og unøyaktigheter som påvirker resultatene.

9.7.2.1 Analyseperioden er 75 år

Det er brukt analyseperiode på 75 år i beregninger. Retningslinjene i R-109 (Finansdepartementet, 2021b) krever at som hovedregel skal analyseperioden for infrastrukturtiltak i samferdselssektoren settes til 40 år. Samtidig skal analyseperioden være så nær levetiden som praktisk mulig.

I KVV-en er det brukt analyseperiode på 75 år, lik levetiden til den lengstlevende teknologien (som antas å være standard kontaktledning). I dette prosjektet sammenliknes virkninger av tiltak med investeringer med ulik levetid, noen med adskillig kortere levetid enn 75 år. Lang analyseperiode medfører blant annet reinvesteringer i noen teknologier med kort levetid (f.eks. batterier). Det er forutsatt at disse reinvesteringene skjer i samme teknologi. Med andre ord tar reinvesteringer ikke hensyn til mulig utvikling i batteriteknologi – i stedet investeres det i dagens batteriteknologi fem ganger (5x15 år). Lang levetid på infrastrukturelementer kan hensyntas i restverdier.

9.7.2.2 Antall godslokomotiv som legges til grunn er for høyt

KVV legger til grunn et altfor høyt antall godslokomotiver (jf. kapittel 8). Blant annet legger KVV til grunn godslokomotiv som ikke kjører på de fire banestrekningene som er omfattet av KVV, og som det derfor ikke regnes nytte av å bytte energibærer for.

Dette er en viktig forutsetning, som også potensielt har betydning for rangeringen av konseptene, ettersom kostnadene per lokomotiv varierer mellom konseptene.

9.7.2.3 Godsvolumer på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen er overvurdert

Etterspørsel etter godstransport med jernbane på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen er overvurdert. I tillegg er vareverdien på Nordlandsbanen overvurdert.

Vi drøfter dette nærmere i forbindelse med vår samfunnsøkonomisk analyse i kapittel 11.2.4

9.7.2.4 Klimagassutslipp er overvurdert

Utslippene av klimagasser er i KVV beregnet med standardsatser for utslipp per kilometer i Jernbanedirektoratets metodeverktøy (SAGA). I KVV er det gjennomført detaljerte energiberegninger for gods- og persontogrutene på de ulike strekningene som samlet gir noe lavere beregnet utslipp. Disse beregningene kunne med fordel vært lagt til grunn i KVV fordi de gir mer presise anslag på klimagassutslippene.

Antakelsen om altfor høye godsvolumer gir også for høye utslipp.

Ved beregning av utslippsreduksjon er det heller ikke tatt hensyn til innblandingskravet for biodiesel i K0 Fossil diesel (Nullalternativet). Dette innebærer at utslippsreduksjonene overvurderes med 10 %.

9.7.2.5 Elektrisitetspris

Det er lagt til grunn en elektrisitetspris på 55 øre/kWh i 2030.

Prisen for elektrisk energi til togdrift består av følgende hovedelementer:¹⁵

- Elektrisk kraft
- Nettleie for å få strømmen fra produksjonssted til Bane NORs omformer-stasjoner
- Omformings- og overføringstap i Bane NORs anlegg
- Bane NORs administrative omkostninger
- Offentlige avgifter

I beregningene har KVV Green kun inkludert prisen for elektrisk kraft, dvs. det første kulepunktet. De andre elementene (nettleie og administrasjonskostnader) som inngår i sluttbrukerprisen (elektrisitet levert togets pantograf) utgjør 19,69 øre/kWh (Jernbanedirektoratet, 2023a). Dette er utelatt fra beregninger.

Kraftprisene kan være ulike i ulike deler av landet. Solør- og Rørosbanen ligger i prisområde NO1; Raumabanen ligger i NO3; Nordlandsbanen i NO3 og NO4.¹⁶ Ifølge den skriftlige dokumentasjonen¹⁷ er det brukt en gjennomsnittspris for prisområdene NO3 (Midt-Norge) og NO5 (Vestlandet). Vi har imidlertid fått opplyst at har blitt brukt gjennomsnitt for riktige prisområder i beregninger, feilen er kun i dokumentasjonen.

¹⁵ Kilde: Bane NOR, https://networkstatement.banenor.no/doku.php?id=ns2022no:tjenester_og_priser#den_minste_%20pakken_med_tjenester_og_priser

¹⁶ Se <https://www.statnett.no/om-statnett/bli-bedre-kjent-med-statnett/om-strompriser/fakta-om-prisomrader/>

¹⁷ Vedlegg 3: Notat om energikostnader, som er vedlegg til Vedlegg 6.1 *Samfunnsøkonomisk analyse*

9.7.2.6 Avvik mellom dokumentasjon og faktisk beregning

Innblanding av biodiesel utelatt i Nullalternativet

Ifølge den skriftlige dokumentasjonen av KVV skulle innblandingskravet av biodiesel i fossil diesel i henhold til omsetningskravet for ikke-veigående maskiner (10 %) vært hensyntatt. Dette er imidlertid utelatt i beregninger. Dette medfører både at energiprisene i Nullalternativet er for lave og at utslippene er for høye. Utslippene i Nullalternativet skulle vært 10 % lavere, som betyr at utslippsreduksjonene i de alternative konseptene er 10 % for høye, alt annet likt.

Forventningsverdier for investeringskostnader

Den samfunnsøkonomiske analysen skal bygge på forventningsrette estimater, altså forventningsverdier (Finansdepartementet, 2021b).

I den skriftlige dokumentasjonen av KVV står det at det er lagt til grunn P50 verdier for investerings- og driftskostnader i den samfunnsøkonomiske analysen. Graver man i beregningsarkene for den samfunnsøkonomiske analysen og usikkerhetsanalysen, fremkommer det at det er likevel forventningsverdier som er lagt til grunn for investerings- og vedlikeholdskostnader. Feilen finnes altså kun i de skriftlige dokumentene og påvirker ikke selve beregningene og resultatene.¹⁸

Det at dokumentasjonen ikke stemmer med forutsetningene sammen med utformingen av underlaget fra usikkerhetsanalysen og forutsetninger som faktisk har blitt brukt i den samfunnsøkonomiske analysen har imidlertid gjort arbeidet med kvalitetssikringen mer krevende enn nødvendig. Dokumentasjonen kunne med fordel vært mer transparent.

9.7.2.7 Beregningsfeil i KVV-en

I underlaget til den samfunnsøkonomiske analysen har vi oppdaget ulike feil. Feilene i KVV-beregningene består av døde koblinger i excel (til tidligere versjoner av excel-dokumenter), feil cellereferanser og hardkodete tall som ikke stemmer med KVV-inndata til den samfunnsøkonomiske analysen.

Omfanget av feil varierer mellom konsepter og baner. Feilene omfatter for eksempel:

- Antall elektriske rutekilometer manglet i noen modeller, i persontransportmodell og godsmodell. Det påvirker utslippsreduksjonene.
- Transportkostnader, inngår i godsmodell. Batterikostnader manglet for alle modeller.
- Operatørkostnader. Energi- og vedlikeholdskostnader og materiellkostnader.
- Vedlikeholdskostnader for infrastruktur.
- Støykostnader, gjennom feil i antall elektriske rutekilometer.

¹⁸ Denne misforståelsen kommer trolig fra at det har vært ulik praksis i transportvirksomhetene mellom å benytte P50-verdier og forventningsverdier, ifølge retningslinjene for transport- og samfunnsøkonomiske analyser til NTP 2025-2036 (Avinor, Bane Nor, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier og Statens vegvesen, 2022).

- Prosentvis fordeling av investeringskostnad på ulike infrastrukturelementer med ulik levetid. K4 Elektrifisering på Nordlandsbanen (2 prosentpoeng) og Røros- og Solørbanen (10 prosentpoeng) har for høye investeringer i infrastruktur med 75 års levetid, og tilsvarende for lave investeringer i infrastruktur med 60 års levetid (omformerstasjoner). Lengre levetid for en større del av investeringssummen trekker lønnsomheten opp, fordi investeringer i elementer med kortere levetid må reinvesteres i løpet av prosjektets levetid. Feilene skyldes koblinger til utgåtte regneark. Skillet mellom 100 og 75 års levetid på infrastruktur i underbygning tilknyttet fyllestasjon i K2 Hydrogen har ingen praktisk betydning for beregningene i SAGA ettersom det ikke regnes restverdier for elementer som har en levetid utover prosjektets levetid (75 år).

Det er ingen systematikk i hvordan feilene påvirker resultatene. Noen konsepter og banestrekninger får økt netto nåverdi, mens andre får redusert netto nåverdi når vi retter opp disse feilene. En oversikt over hvordan feilene påvirker lønnsomheten i de ulike konseptene er i vedlegg F.2.

I vurderingen av alternativanalysen, og i sammenligningen resultater fra vår og KVUs analyse av prissatte virkninger legger vi til grunn resultatene som er presentert i KVUs skriftlige dokumenter (ukorrigerte).

9.7.3 Vår vurdering av de ikke-prissatte virkningene i KVV-en

Behandlingen av ikke-prissatte virkninger er i all hovedsak gjort etter en metode utviklet av Jernbanedirektoratet, beskrevet i Jernbanedirektoratet (2022). Den bygger på metoden for vurdering av ikke prissatte virkninger beskrevet i Statens vegvesens håndbok V712.

Ettersom det i KVV-en ikke foreligger en verdsetting av de ulike ikke-prissatte virkningene, innebærer metoden i praksis å kartlegge størrelsen på de ulike virkningene, målt som forskjellen mellom de ulike konseptene og referansealternativet, men uten å tallfeste påvirkning per berørt eksplisitt.

Det er samlet sett grunn til å tro at betydningen av de ulike ikke-prissatte virkningene i KVV-en er relativt lav, sammenlignet med de prissatte virkningene. Vi deler denne vurderingen. Samtidig hadde det styrket vurderingene i KVV dersom det i større grad var synliggjort hvilken verdivurdering som er gjort for hver enkelt virkning.

9.7.4 Vår vurdering av anbefalingen

KVV gir tydelige anbefalinger av konsept for de ulike banestrekningene og for prioritering av rekkefølgen:

- K3 Batteri på Nordlandsbanen
- K4 Elektrifisering på Røros- og Solørbanen
- Avvente konseptvalg og utrede muligheter for innføring av klimavennlig energibærer med vesentlig lavere tiltakskostnad på Raumabanen.

I føringer for neste fase foreslår KVV å prioritere delstrekningene med de høyeste utslippene, bl.a. Stjørdal–Steinkjer. Vi mener KVV gjør rett i å også anbefale å prioritere elektrifisering av delstrekning Stjørdal–Steinkjer som en lavthengende frukt.

I beskrivelsen av KVVUs anbefalinger i sammendraget står det imidlertid at K3 Batteri på Nordlandsbanen «ligger blant de rimeligste tiltakene i Klimakur 2030 i tiltakskategori 2» (KVV Hovedrapport, s.8). Det stemmer ikke. Tiltaket er blant de dyreste i tiltakskategori 2 (500-1 500 kr/tonn).

9.8 Våre innspill

Basert på de ovennevnte kommentarene gjør vi følgende endringer i vår samfunnsøkonomiske analyse:

- Inkluderer konsept K1 Biodiesel i analysen
- Kortere analyseperiode, i tråd med anbefalingene i R-109
- Antall godstog (lokomotiver) reduseres
- Godsvolumer (settkilometer) på Solør- og Rørosbanen reduseres
- Godsvolumer og vareverdi på Nordlandsbanen reduseres
- Innblandingskravet for biodiesel hensyntas i Nullalternativet
- Klimagassutslipp beregnes i SAGA
- Nettleien inkluderes i sluttbrukerprisen for kraft (kraftprisen levert togets pantograf)



Vår usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomiske analyse

10 Vår usikkerhetsanalyse

Dette kapitlet gir en kort oversikt over hovedpunkter i vår usikkerhetsanalyse. En detaljert gjennomgang er i Vedlegg H (unntatt offentlighet).

Det er gjennomført en gruppesamling med deltakelse fra Jernbanedirektoratet, inkl. KVV-team, fagpersoner fra Bane NOR, eksterne utfordrere fra IFE (Institutt for energiteknikk) og kvalitetssikrer. Basert på gruppesamlingen samt temamøter med KVV-teamet har vi vurdert estimatusikkerhet og hendelsesusikkerhet for hvert alternativ.

Da basisestimatet inneholder konkurransesensitiv informasjon, presenteres kun overordnede resultater i dette kapitlet.

10.1 Forutsetninger

Følgene forutsetninger er lagt til grunn for analysen:

- Prisnivå 2023-kroner
- Alle kostnader er ekskl. mva.
- Gjennomføringsperiode er 4 år (2029-2032), det samme som forutsatt i KVV
- Påløpte kostnader er ikke inkludert.
- Det er ikke tatt høyde for eventuell usikkerhet og merkostnader knyttet til manglende finansiering.
- Hendelser med liten sannsynlighet og stor konsekvens omfattes ikke (ekstremhendelser).
- Det er ikke gjennomført usikkerhetsanalyse på nyttesiden.

Tabell 10.1 viser antall godslokomotiv som er lagt til grunn i vårt kostnadsestimat. Bakgrunnen for denne endringen er beskrevet i kapittel 8.2.2.

Tabell 10.1 Antall godslokomotiv i KVV og KS1

	Nordlandsbanen	Raumabanen	Røros- og Solørbanen	Samlet
KVV	12	2	14	28
KS1	10	1	6	17

Kilde: KVV Green, Vista Analyse

10.2 Basiskostnad

10.2.1 Investeringskostnad

K2b Hydrogen med deelektrifisering er utelatt av vår analyse, siden konseptet hadde konsekvent høyere kostnader og lavere netto nytte enn K2a i KVV. K1 Biodiesel krever ingen investeringer utover K0 Nullalternativet.

Vi har i det store bildet lagt basisestimatet fra KVU til grunn, men hensyntatt den påpekte usikkerheten gjennom usikkerhetsanalysen.

Basisestimatet vårt er noe lavere i alle konsepter enn i KVU. Dette skyldes en reduksjon i antall godslokomotiv fra totalt 28 i KVU til 17 i KS1 (jf. Tabell 10.1). Reduksjon i antall godslokomotiv reduserer både investeringskostnaden for materiellet og prosjektkostnader.¹⁹

10.2.2 Drifts- og vedlikeholdskostnader

Vi har gjort en del endringer mot basisestimatet i KVU for drift- og vedlikeholdskostnader. Det er avdekket mangler når det gjelder reinvesteringer i brenselcelle og hydrogentanker. Kostnader for dette er lagt inn:

- Brenselcelle: For K2 Hydrogen er det lagt til en ny kostnadspost for reinvestering i brenselceller på togene, som er beregnet til 1 mrd. kroner. Det er forutsatt at brenselcellene har en levetid på 5 år.
- Hydrogentank: For K2 Hydrogen er det lagt til en ny kostnadspost for reinvestering i hydrogentanker på togene, som er beregnet til 115 mill. kr. Det er forutsatt at teknologien som benyttes er trykksatt gass, og at tankene har en levetid på 10 år.

Øvrige endringer er en korrigerende av inkonsistens mot underlaget i investeringskalkylen og inn-data til samfunnsøkonomisk analyse. I tillegg er antall kilometer for godstransport på Røros- og Solørbanen nedjustert (se nærmere begrunnelse i kapittel 11.2.4).

10.3 Resultater fra usikkerhetsanalysen på konseptnivå

Resultater fra usikkerhetsanalysen på investeringskostnader er vist i Tabell 10.2. Vi har generelt vurdert at usikkerheten er høyere enn i KVU, og samtidig at oppsiden også er større.

Siden basisestimatet og usikkerhetsanalyse er unntatt offentlighet, viser vi kun forventet kostnad og P85.

For resultater fra usikkerhetsanalyse av drift- og vedlikeholdskostnader, samt re-investeringer og øvrige detaljer henvises det til vedlegg H.

Tabell 10.2 Investeringer fra usikkerhetsanalysen i KS1 sammenlignet med investeringskostnader fra usikkerhetsanalyse i KVU, mrd. 2023-kroner

	K0		K2		K3		K4	
	Nullalternativet		Hydrogen		Batteri		Elektrifisering	
Usikkerhetsanalyse	KVU	KS1	KVU	KS1	KVU	KS1	KVU	KS1
Forventet kostnad	-	8,6	23,5	21,2	28,3	22,6	42,1	38,9
P85	-	9,7	29,2	29,6	33,9	29,1	29,3	47

Kilde: Vista / Metier

Usikkerheten er knyttet til ulike forhold i de ulike konseptene, og oppsummeres i det følgende.

¹⁹ Prosjektkostnader for godslokomotiv er forutsatt til 1 %. For persontogkjøretøy er tilsvarende sats 9,8 % (begge satsene er basert på erfaringstall). De ulike satsene er grunnen til at reduksjonen i prosjektkostnader for kjøretøy er begrenset.

Med unntak av K0 Nullalternativet og K4 Elektrifisering, innebærer tiltakene å kjøpe inn kjøretøy som *ikke* finnes på markedet i dag. Kostnader og løsninger er basert på innspill fra leverandørmarkedet om forventet fremtidig utvikling, og har betydelig usikkerhet knyttet til seg.

I K2 Hydrogen er det en tilleggsdimensjon ved at det også må etableres hydrogen-fyllestasjoner med tilkobling til hovedspor. Slike løsninger finnes det kun et fåtall av i Europa i dag, og det mangler generelt regelverk for bruk av hydrogen i jernbanesammenheng. Hydrogen utpeker seg som det mest utfordrende konseptet, og er også det konseptet med høyest usikkerheten i investeringskostnaden.

K3 Batteri med deelektrifisering vurderes å være mindre utfordrende enn K2 Hydrogen. Batteriteknologi, i motsetning til hydrogen, benyttes i større grad i jernbanens kjøretøy i dag, men i begrenset form. Usikkerheten i K3 Batteri er derfor mer knyttet til skalerbarheten i eksisterende løsninger, enn helt nye løsninger.

K3 Batteri får en forventet kostnadsreduksjon, både i investering- og reinvesteringskostnader, som i hovedsak er knyttet til forventet utvikling innen batteriteknologi. Det er bred enighet om at batterier forventes å levere mer effekt i nær fremtid, noe som kan gi lavere kjøretøykostnader eller alternativt gi besparelser på ladeinfrastruktur (antall kilometer kontaktledning). Det er særlig driverne 'teknologisk utvikling' og 'prosjektunderlag- og modenhet' som bidrar til fradraget.

K4 Elektrifisering omfatter utbygging av kontaktledning på alle de ikke-elektrifiserte strekningene. Standard elektriske kjøretøy kan benyttes, men på grunn av tiltaksomfanget er det betydelig usikkerhet i dette konseptet. Konseptet har mest infrastruktur og påvirkes dermed mest av geografiske/stedsspesifikke forhold. Det er størst usikkerhet knyttet til tiltaksomfang på Nordlandsbanen, deretter på Raumabanen og lavest på Røros- og Solørbanen, og dette henger tett sammen med antall eksisterende tunneler og bruer på strekningene.

10.4 Resultater fra usikkerhetsanalysen per banestrekning

Det er også gjennomført usikkerhetsanalyse per konsept og banestrekning. For lesbarheten skyld viser vi bare resultatet fra usikkerhetsanalysen for de anbefalte konseptene i KVU her, som er K3 Batteri på Nordlandsbanen og K4 Elektrifisering på Røros- og Solørbanen.

Tabell 10.3 Resultater fra usikkerhetsanalysen i KS1: investeringskostnader for anbefalt konsept i KVU, mill. 2023-kroner ekskl. mva.

Kostnadsnivå	K3 Batteri Nordlandsbanen	K4 Elektrifisering Røros- og Solørbanen
Forventet kostnad	13 632	9 994
P85	17 545	11 693

Kilde: Vista / Metier

10.5 Budsjetbelastning: samlet investeringskostnad

Tabell 10.4 viser de samlede ikke-neddiskonterte investeringskostnadene inklusive merverdiavgift (P50 og P85) for de fire alternativene i KVU Green.

Det er lagt til grunn at investeringene i godslokomotiv ikke vil ha en budsjettvirkning for staten, slik at disse investeringskostnadene ikke er inkludert i tabellen. Investeringskostnader for persontogmateriell er inkludert. Videre er det lagt til grunn 25 % mva. på investeringskostnaden.

Tabell 10.4 Budsjettbelastning for investeringene, inkl. mva., mill. 2023-kroner

Kostnadsnivå (ekskl. godslokomotiv)	K0 Nullalternativet	K2 Hydrogen	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
P50	9 411	21 532	25 332	47 284
P85	10 677	30 612	32 697	57 260

Kilde: Vista Analyse / Metier

11 Vår samfunnsøkonomiske analyse

Dette kapittelet gir oversikt over forutsetninger bak og resultatene av vår samfunnsøkonomiske analyse. Ytterligere detaljer finnes i vedlegg G.

Vi begynner med en oversikt over konsepter som inngår i vår analyse i kapittel 11.1 og forutsetninger bak analysen i kapittel 11.2.

Vi gjennomfører vår analyse *per banestrekning*. Dette er også i tråd med mandatet til KVU Green, som ber om å «vurdere hvilken energibærer som passer for den enkelte bane/jernbanekjøretøy og om en differensiert løsning er hensiktsmessig». Derfor viser og drøfter vi også resultatene av de prissatte virkningene, inkl. følsomhetsanalyse og realopsjoner, per banestrekning: Nordlandsbanen i kapittel 11.3, Raumabanen i kapittel 11.4 og Røros- og Solørbanen i kapittel 11.5.

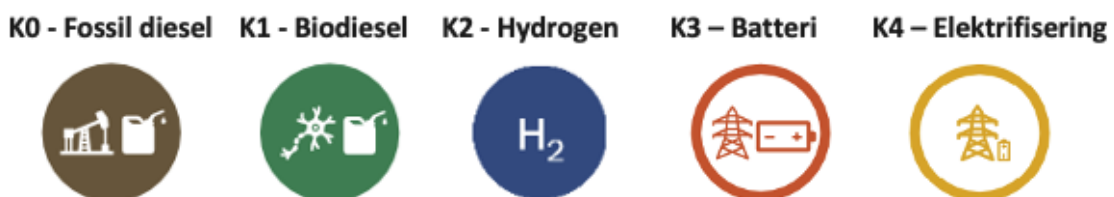
I kapittel 11.6 beskriver vi konsekvenser for kjøretøystrategi, og i kapittel 11.7 drøfter vi ikke-prissatte virkninger. I kapittel 11.8 beskriver vi fordelingsvirkninger av tiltaket, og i kapittel 11.9 drøfter vi usikkerhetene i konseptene.

Til slutt gir vi en samlet vurdering, rangering og anbefaling i kapittel 11.10.

11.1 Konseptene i vår samfunnsøkonomiske analyse

I vår samfunnsøkonomiske analyse behandler vi fire alternative konsepter, i tillegg til Nullalternativet (K0). Konseptene er vist på Figur 11.1.

Figur 11.1 Konseptene i vår samfunnsøkonomiske analyse



Til forskjell fra den samfunnsøkonomiske analysen i KVU utreder vi ikke K2b Hydrogen med delelektrifisering, ettersom dette viste seg i KVU å konsekvent ha høyere kostnader og lavere samfunnsøkonomisk netto nytte enn K2a Hydrogen.

I tillegg gjennomfører vi samfunnsøkonomisk analyse av **K1 Biodiesel**.²⁰ Kort oppsummert begrunner vi å utrede K1 Biodiesel med at det er først etter at kostnadsestimering og samfunnsøkonomisk analyse av konseptet er gjennomført at man kan vurdere om det er kostnadseffektiv klimapolitikk at biodrivstoff brukes i jernbanen. En grundigere begrunnelse er gitt i kapittel 7.2.

²⁰ Vi bruker betegnelsen K1 Biodiesel om det samme konseptet som omtales som K1 Ikke-fossil diesel i KVU, for å skille mellom KVU og KS1. Det vil si at konseptet innebærer hundre prosent ikke-fossilt drivstoff.

Det er innenfor myndighetenes mulighetsrom å fatte vedtak som fører til at økt bruk av biodiesel på jernbanen faktisk fører til utslippsreduksjoner. Det kan gjøres ved at omsetningskravet tilpasses, for eksempel ved at jernbanen ekskluderes i dagens omsetningskrav for ikke-veigående maskiner eller at omsetningskravet justeres med hensyn til endringen i forbruk fra jernbanen, eller at det opprettes en ordning for overoppfyllelse av omsetningskravet. I K1 Biodiesel tar vi utgangspunkt i at myndighetene gjør slike tiltak. Hver liter biodrivstoff som erstatter en liter fossilt drivstoff i jernbanen gir en-til-en reduksjon i klimagassutslipp.

Vi legger til grunn en ren biodiesel i K1 Biodiesel. K1 Biodiesel reduserer dermed klimagassutslippene med 100 %, alt annet likt. I våre beregninger legger vi til grunn HVO100, men konseptet kan også innebære andre rene biodrivstoff, e-fuel eller andre råstoffer uten utslipp.

De andre konseptene er ellers de samme som i KVV, med unntak av enkelte endringer i forutsetninger som beskrives i kapittel 11.2.

11.2 Forutsetninger

Tabell 11.1 oppsummerer de viktigste forutsetningene i analysen. Vi utdyper de viktigste nedenfor.

Tabell 11.1 Forutsetninger i KVV og KS1

	Forutsetninger i KVV	Forutsetninger i KS1
Analyseperiode	2033-2107 (75 år)	2033-2072 (40 år)
Tiltakets levetid	75 år	Samme som i KVV
Planleggings- og investeringsperiode	2023-2032 (investeringer fra 2029)	Samme som i KVV
Åpningsår	2033	Samme som i KVV
Diskonteringsår	2023	Samme som i KVV
Beregningsår	2030 og 2060 (avvik fra NTP-forutsetningene)	Samme som i KVV
Levetid infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • KL-anlegg: 75 år • Omformerstasjon: 60 år • Overbygg: 40 år • Fyllestasjon hydrogen: 20 år Levetid på investeringer i øvrige infrastrukturelementer vurderes konkret i prosjektet for hver energiform. Prosjektets levetid følger levetid på investeringer i KL-anlegg, 75 år.	Samme som i KVV
Restverdier	Ingen	Nytteverdier og kostnader beregnes i SAGA, innenfor tiltakets levetid.
Kalkulasjonsrente	4 % i 2033-2072 3 % 2073-2108 Nedtrappingen av kalkulasjonsrenten regnes fra åpningsår.	Samme som i KVV

	Forutsetninger i KVU	Forutsetninger i KS1
Trafikkvekst	Godstrafikk: Trafikkvekst i henhold til transportmodellberegninger legges til grunn frem til 2060, deretter avtar veksten mot 0 i år 2100, som for realprisene Persontrafikk: Nullvekst etter 2033.	Godstrafikk: 16 % trafikkvekst (settkm) 2030-26060 for alle konsepter og banestrekninger, i henhold til NTP. Persontrafikk: Nullvekst 2030-2060.
Realprisjustering	Realprisjusteringen skjer i takt med veksten i BNP per innbygger fra Perspektivmeldingen (Finansdepartementet, 2021a): <ul style="list-style-type: none"> • 0,9 % per år i perioden 2023-2061; • veksten avtar gradvis mot 0 i 2061-2100; • ingen vekst etter 2100. Følgende kalkulasjonspriser blir realprisjustert: <ul style="list-style-type: none"> • Tidskostnader for personer • Ulempekostnader • Verdien av et statistisk liv og personskader • Støykostnader 	Samme som i KVU
Prisnivå	2023	Samme som i KVU.
Dieselpris	11,43 kr/liter anleggsdiesel levert på tog, inkl. grunnavgift og CO ₂ -avgift, ekskl. mva. Det er antatt CO ₂ -avgift på fossil diesel vil bli videreført på dagens nivå (2,53 kr/liter i 2023). Justering av avgiften for innblanding av biodiesel er utelatt fra beregningene.	12,60 kr/liter (inkl. 10% biodrivstoff)
Biodieselpris	Tillegg på 1,27 kr/liter (utelatt fra dieselprisen i Nullalternativet)	25,20 kr/liter (100% HVO) Listepris for HVO 100 per november 2023, fratrukket 10 % for å reflektere kvantumsrabatten store innkjøpere forhandler seg frem til i praksis.
Elektrisitetspris	55 øre/kWh for kraft i hele perioden 0 øre/kWh for nettleie	2033: 70 + 20 øre/kWh (inkl. nettleie) 2060: 49,5 + 20 øre/kWh (inkl. nettleie)
Hydrogenpris	55 øre/kWh levert til elektrolyse lokalt (179 øre/kWh levert på togets tank – ca. 59 kr per kg hydrogen)	Levert på togets tank: 2033: 214 øre/kWh 2060: 193 øre/kWh
Karbonprisbane	Karbonprisbane for ikke-kvotepliktig sektor for 2023 fra (Finansdepartementet, 2022).	Samme som i KVU. ²¹
Investeringskostnader	Forventningsverdi	Forventningsverdi

Kilde: KVU Green Vedlegg 6.1 Samfunnsøkonomisk analyse v3

²¹ Finansdepartementet publiserte nye karbonprisbaner 21. desember 2023 for bruk i samfunnsøkonomiske analyser i 2024 (Finansdepartementet, 2023). Karbonprisbanen for ikke-kvotepliktig sektor er uendret for vår analyseperiode.

11.2.1 Tiltakskostnader

I analyser av tiltak der formålet er å redusere klimagassutslipp skal det beregnes tiltakskostnad. Tiltakskostnad brukes til å sammenligne ulike tiltak, også på tvers av sektorer.

Tiltakskostnaden avhenger imidlertid av tiltakets levetid, men er uavhengig av lengden på analyseperioden, så lenge det regnes restverdier for kostnads- og nyttevirksomheter ut tiltakets levetid. Det betyr at man ikke uten videre kan sammenligne tiltakskostnader med ulik levetid.

Tiltakskostnad i vår analyse er beregnet under forutsetning om 75 års levetid for alle konsepter selv om levetiden for investeringene som inngår varierer mellom konseptene. Dette gir tiltakskostnader som er sammenliknbare på tvers av konseptene i vår analyse, men ikke mot investeringstiltak med kortere levetid i andre analyser. Vi kommenterer det i drøftingen av de ulike konseptene nedenfor.

Utfyllende drøfting av metode for utregning av tiltakskostnader er i vedlegg E.

11.2.2 Analyseperiode og levetid av infrastruktur

Vi benytter analyseperiode på 40 år, jf. rundskriv R-109/21 (Finansdepartementet, 2021b).

I dette prosjektet sammenliknes virkninger av tiltak med investeringer med ulik levetid. Levetiden for investeringer i infrastruktur og tiltak følger KVV. For fordeling av kostnadsposten «Hydrogen-depot» i K2 Hydrogen, har vi fordelt investeringskostnadene på infrastrukturelementer knyttet til overbygning (levetid 40 år), underbygning (100 år) og fyllstasjon (20 år) proporsjonalt med KVV.

Nyttevirksomheter beregnes fullt ut for alle konsepter fra åpningsår (2033) som om alle kjøretøyene (for persontransport og godstransport) står klare. Investeringer i kjøretøy er omregnet til årlige annuiteter over kjøretøyenes levetid, og løper fra åpningsåret ut tiltakets levetid (75 år).

11.2.3 Endringer i Nullalternativet

Vi gjør flere endringer i Nullalternativet fra KVV:

- Inkluderer omsetningskravet av biodiesel: I K0 Fossil diesel legger vi til grunn omsetningskravet for ikke-veigående maskiner, som ikke var inkludert i beregningen av prissatte-virkninger i KVV. Dette reduserer utslippene i Nullalternativet 10 % (og utslippsreduksjonene i de andre konseptene). Vi lar omsetningskravet være uendret (10 %) gjennom tiltakets levetid.
- Justerer utviklingen i etterspørselen etter godstransport på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen, og vareverdien på Nordlandsbanen. Dette gir både lavere nytte og lavere utslipp i Nullalternativet. Se kapittel 11.2.4 og 11.2.5 nedenfor.
- Reduserer antall godslokomotiver, som drøftet i kapittel 8.2.2.

11.2.4 Utvikling av etterspørselen etter godstransport med jernbane og vareverdi

Det er stor usikkerhet knyttet til utviklingen i etterspørsel etter godstransport med jernbane, både avhengig av hvilken energiløsning (hvilket konsept) som velges for de ulike banestrekningene og av kostnadsutvikling og tempo i omstilling til utslippsfrie løsninger for godstransport

på vei og med skip. I beregningene har vi, på samme måte som i KVV, forutsatt samme godsvolumer i alle konsept.

11.2.4.1 Godsmengder på Nordlandsbanen

Godsmengdene på Nordlandsbanen er i KVV basert på Jernbanedirektoratets statistikk som viser en godsmengde på 0,74 mill. tonn/år i 2021. I den samfunnsøkonomiske analysen (i SAGA) er volumene økt til 1,11 mill. tonn i 2030 og videre til 1,50 eller 1,62 (ulike forutsetninger i ulike konsept) mill. tonn i 2060. Dette innebærer en dobling fra 2021 til 2060. Veksten fra 2030 til 2060 er basert på beregnet vekst for innenlands godstransport med Nasjonal Godsmodell (NGM) for perioden 2020-2060 som i henhold til (Madslie, Hovi, & Hansen, 2022) er beregnet til 46 % når malm holdes utenfor. Godsmengdene som inngår i beregningene i KVV er dermed betydelig høyere enn det de nasjonale framskrivningene tilsier.

Framskrivninger for godstransport til NTP 2025-2036 (Madslie, Hovi, & Hansen, 2022, s. 34) inneholder beregnet transportarbeid (mill. tonnkilometer) for årene 2020, 2030 og 2060 fordelt på jernbanestrekninger. For strekningen Bodø-Trondheim beregnes transportarbeidet i 2020 til 647 mill. tonnkilometer inkludert malmtransport på strekningen Ørtfjell–Mo i Rana. Det beregnes en nedgang på 0,94 % per år i perioden 2020-2030 og en økning på 0,55 % per år i perioden 2030-2060, slik at godsvolumene i 2060 er 6-7 % høyere enn i 2020. Fratrasket malmtransporten (med samme volum i hele perioden) og med gjennomsnittlig fraktlengde for gods på Nordlandsbanen, gir NTP-prognosen noe høyere godsmengder i 2020 (0,81 mill. tonn) men klart lavere mengder i 2030 og 2060 sammenliknet med det som er forutsatt i KVV.

De siste årene har det vært en sterk økning i godstransport med jernbane til/fra Nord-Norge og mye av veksten har kommet på Nordlandsbanen. Statistisk Sentralbyrås statistikk for godstransport med jernbanen (Statistikkbanken tabell 13299) inneholder oversikt over godsmengder med jernbane til/fra Nord-Norge, dvs. samlede godsmengder for godstogene på Nordlandsbanen og godstogene til/fra Narvik. De siste årene har det vært en sterk økning i godsmengdene: 1,26 mill. tonn i 2020, 1,4 mill. tonn i 2021 og 1,77 mill. tonn i 2022. Av oppdatert Situasjon- og problembeskrivelse for KVV transportløsninger i Nord-Norge (Statens vegvesen, Avinor, Jernbanedirektoratet og Kystverket, 2023) framgår det at godsmengdene på Nordlandsbanen har økt 12 % fra 2021 til 2022.

Vi legger til grunn godsvolumer som reflekterer den sterke økningen i de senere år og antar fortsatt vekst fram mot 2030, totalt 30 % vekst i godsmengde fra 2021 til 2030. Fra 2030 til 2060 legger vi NTP-prognosens vekstforutsetning til grunn, tilsvarende 16 % vekst i godsmengder fra 2030 til 2060.

Tabell 11.2 oppsummerer våre forutsetninger om godsmengder, sammen med beregninger til NTP og forutsetninger i KVV. Ved omregning fra tonn til tonnkilometer er det i tallene for NGM og KS1 regnet med at godset på Nordlandsbanen gjennomsnittlig framføres 86 % av strekningen Trondheim-Bodø. I KVV var det forutsatt at alt gods framføres hele strekningen.

Tabell 11.2 Godsmengder og transportarbeid i beregningene, KVU og KS1. Nordlandsbanen

	2020	2021	2030	2060
NGM, mill. tonnkm	510*		472	546
NGM, 1 000 tonn	812		752	869
KVU, mill. tonnkm		540	809	1 092
KVU, 1 000 tonn**		743	1 112	1 501/ 1 624
KS1, mill. tonnkm			607	702
KS1, 1 000 tonn			966	1 117

Kilde: Vista Analyse basert på KVU Green, SSB, (Madslie, Hovi, & Hansen, 2022), (Statens vegvesen, Avinor, Jernbanedirektoratet og Kystverket, 2023)

* Fratrullet anslag på malmtransport Ørtfjell–Mo i Rana (137 mill. tonnkm)

** Tall for 2030 og 2060 er hentet fra SAGA-regnearkene, tall for 2021 er basert på Jernbanedirektoratets statistikk. I problembeskrivelsen i Hovedrapporten oppgis at det årlig fraktes 200 mill. tonnkm gods på Nordlandsbanen.

11.2.4.2 Godsmengder Røros- og Solørbanen

I KVU er det forutsatt 6 daglige avganger med tømmertog mellom Kongsvinger og Koppang. I praksis fordeles avgangene mellom terminalen på Koppang og terminaler ved Braskereidfoss, Vestmoen (Elverum) og Hovdmoen (Rena), og gjennomsnittlig utkjørt distanse er ikke mer enn halvparten av distansen mellom Kongsvinger og Koppang. I tillegg er antall daglige avganger klart lavere enn det som er lagt til grunn i KVU.

I beregningene i KS1 legger vi derfor følgende til grunn:

- Gjennomsnittlig utkjørt distanse tilsvarer halvparten av strekningen Kongsvinger-Koppang
- 65 % av tildelte ruteleier benyttes i 2023
- Fram til 2030 øker antall avganger med 1,8 % per år.
- Fra 2030 til 2060 øker antall avganger med 16 %.

11.2.4.3 Vareverdi

I KVU ble det anslått at fersk fisk utgjør 80 % av godsmengden i sørgående godstog på Nordlandsbanen. Dette tilsvarer nesten 500 000 tonn/år i 2030 og 675 000 tonn/år i 2060.

Av Fiskeridirektoratets statistikk går det fram at samlet produksjon (oppdrett) av laks og regnbueørret i 2022 var 366 000 tonn i Nordland og 365 000 tonn i Troms og Finnmark. Samlet fangst utgjorde 657 000 tonn i Nordland og 329 000 tonn i Troms og Finnmark.

I rapporten «Grønn verdiskaping og økt bearbeiding i sjømatindustrien» (Utvalg oppnevnt av Nærings- og fiskeridepartementet, 2022) anslås at 20 % av fangst (hvit fisk, flat fisk, pelagisk) eksporteres som fersk fisk og 90 % av oppdrettsproduksjon (laks, ørret) eksporteres som fersk fisk. Benyttes disse anslagene på fangst og oppdrett i Nord-Norge, kan vi anslå at det fraktes om lag 460 000 tonn fersk fisk fra Nordland og 390 000 tonn fersk fisk fra Troms og Finnmark per år. Samlet får vi dermed en godsmengde på 850 000 tonn/år.

Ifølge [Laksefakta.no](https://laksefakta.no) står fly for ca. 10 % av samlet sjømateksport. Vi har ingen opplysninger om hvordan disse mengdene fordeles mellom vei- og jernbanetransport eller hvordan jernbanetransporten fordeles mellom Nordlandsbanen og Ofotbanen. Ofotbanen er nærmeste terminal for Troms, Finnmark og Nordland nord for Ofotfjorden (Vesterålen, Lofoten) mens Nordlandsbanen er den klart korteste ruten til Østlandet. Målt til Malmø er forskjellen i avstander mindre.

Med stor usikkerhet anslår vi at det i dag fraktes ca. 200 000 tonn fersk fisk per år med Nordlandsbanen og at volumet vil øke med 30 % fram til 2030.

11.2.4.4 Framføringstid

Elektrifisering gir muligheter for raskere togframføring for godstog på Nordlandsbanen. Vi benytter samme forutsetninger som i KVU, dvs. en reduksjon i framføringstiden på 51 minutter med full elektrifisering (K4 Elektrifisering) og 25 minutter med delvis elektrifisering (K3 Batteri) på strekningen Stjørdal-Bodø. Vi nedjusterer besparelsene med 14 % fordi deler av godsmengden lastes/losses ved terminalene i Fauske, Mo i Rana og Mosjøen. Fordeling mellom terminalene er hentet fra rapporten «Godstransport. Situasjon- og problembeskrivelse» (Statens vegvesen, Avinor, Jernbanedirektoratet og Kystverket, 2023).

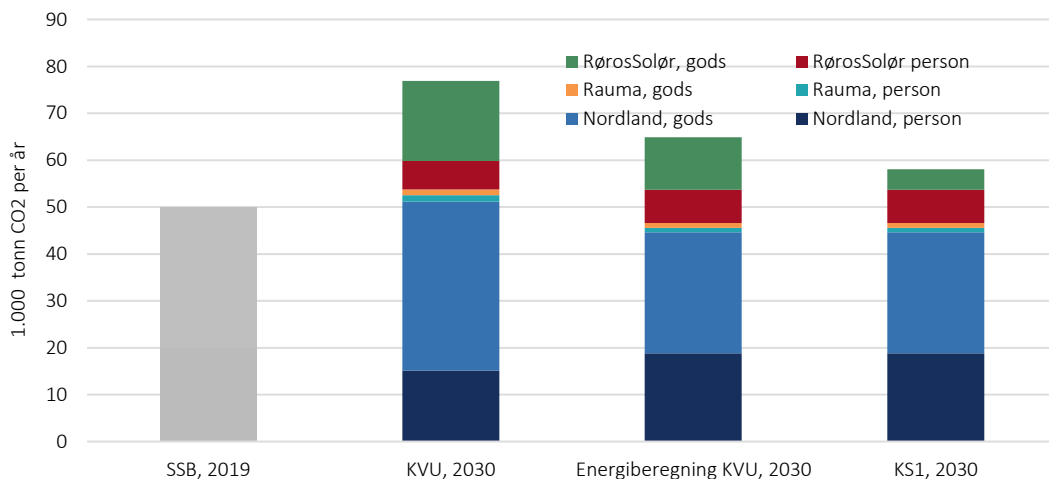
11.2.5 Klimagassutslipp i Nullalternativet

I KVU oppgis klimagassutslipp fra person- og godstog til noe over 50 000 tonn CO₂/år, basert på tall fra Statistisk Sentralbyrå. I de samfunnsøkonomiske lønnsomhetsberegningene i KVU er beregnede utslipp 76 900 tonn/år i 2030. Beregningene tar utgangspunkt i forutsatt ruteproduksjon på de ulike banestrekningene og utslippene er beregnet med standardsatser i Jernbanedirektoratets verktøy for samfunnsøkonomisk analyser (SAGA).

I vår analyse beregner vi utslippene med utgangspunkt i energiberegningene som er gjennomført for de ulike banestrekningene i KVU. Videre korrigerer vi for innblanding av biodrivstoff (10 %). Til sammen reduserer dette beregnede utslipp til 64 900 tonn/år.

Videre reduserer vi beregnede utslipp på Røros- og Solørbanen fordi volumene i tømmertransporten er beregnet for høyt i KVU (jfr. kapittel 11.2.4.2).

Figur 11.2 Klimagassutslipp i 2030 i KVU og KS1



Kilde: Vista Analyse

Samlet gir dette beregnede utslipp av klimagasser på 58 100 tonn/år i 2030. Mesteparten av utslippene (44 600 tonn, 77 %) vil komme på Nordlandsbanen, deretter følger Røros- og Solørbanen (11 500 tonn, 20 %) og Raumabanen (2 000 tonn, 3 %).

Sammenliknet med KVV er reduksjonen prosentvis størst på Røros- og Solørbanen (-50 %) fulgt av Raumabanen (-24 %) og Nordlandsbanen (-13 %). Vi beregner høyere utslipp fra persontog (27 000 tonn vs. 31 000 tonn i KVV) og lavere utslipp fra godstog (31 000 tonn vs. 54 000 tonn i KVV).

Sammenliknet med SSBs beregnede utslippstall for 2019 er det en økning i klimagassutslippene på ca. 16 % i perioden fram til 2030. Deler av økningen skyldes at det er forutsatt økt godstrafikk på Nordlandsbanen.

Videre gir de nye fjerntogene som er bestilt vesentlig høyere klimagassutslipp sammenliknet med kjøretøyene de erstatter. De bimodale (KL/diesel) regiontogene som ble tatt i bruk i 2022 er også større en dieselmotorvognene de erstatter og bidrar også til økte utslipp selv om det er kontaktledning på nær 1/3 av strekningen Melhus-Steinkjer.

11.2.6 Elektrisitetspris

Som omtalt i kapittel 9.7.2 har beregningene i KVV inkludert kun prisen for elektrisk kraft, men utelatt nettleie og administrasjonskostnader. Vi har inkludert også disse elementene i vår samfunnsøkonomisk analyse. Nettleie og administrasjonskostnader utgjør 19,69 øre/kWh (Jernbanedirektoratet, 2023a).

For kraftpris tar vi utgangspunkt i den langsiktige kraftmarkedsanalysen i (NVE, 2023). Denne angir priser for 2030, 2035 og 2040 i ulike prisområder i Norge. I våre beregninger har vi brukt 70 øre/kWh i 2033, og ca. 50 øre/kWh fra 2040 og utover. Dette tilsvarer en gjennomsnittspris på 52 øre/kWh i perioden 2033-2060. Nettleie (ca. 20 øre/kWh) kommer i tillegg.

Det har vært til dels store forskjeller i kraftprisene i ulike deler av landet. Banestrekningene som vi ser på i denne analysen ligger i ulike kraftprisområder (Solør- og Rørosbanen ligger i prisområde NO1/Østlandet; Raumabanen ligger i NO3/Midt-Norge; Nordlandsbanen delvis i NO3/ Midt-Norge og delvis i NO4/Nord-Norge). Prisforskjellene forventes å vare noen år framover, men blir nesten borte på lengre sikt (etter 2040). Vi har derfor lagt til grunn samme gjennomsnittspris for alle banestrekningene.

11.3 Prissatte virkninger: Nordlandsbanen

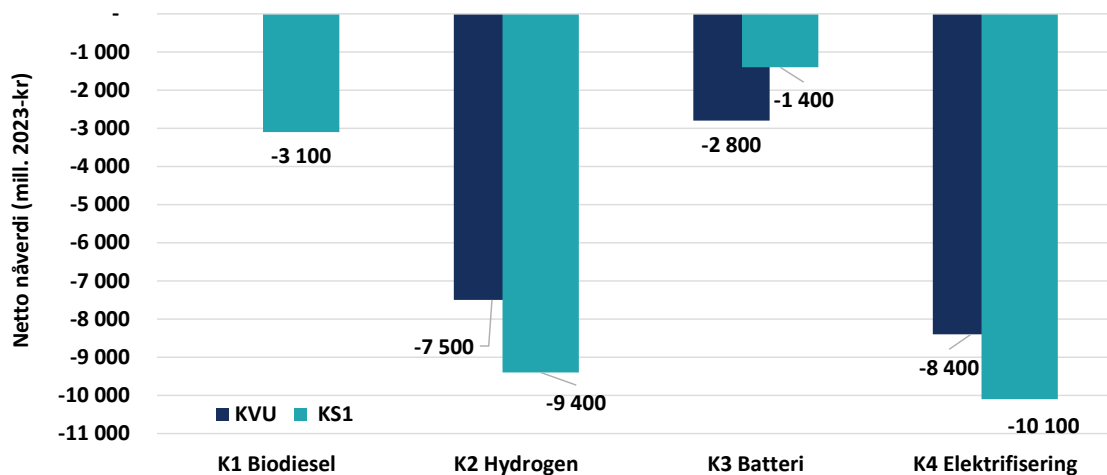
Nedenfor gjennomgår vi resultatene av våre beregninger av samfunnsøkonomisk analyse for Nordlandsbanen og viser hvordan resultatene avhenger av endringer i forutsetninger (kapittel 11.3.2). Vi drøfter også hvordan vårt anbefalte konsept kan optimaliseres (kapittel 11.3.3). Til slutt beregner vi verdien av realopsjoner for å illustrere hvordan utsettelse vil påvirke lønnsomheten (kapittel 11.3.4). Ikke-prissatte virkninger er omtalt i kapittel 11.7.

11.3.1 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Figur 11.3 viser beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet for de ulike konseptene på Nordlandsbanen. Detaljerte resultater (hovedtabell fra SAGA) vises i vedlegg G.

Ingen av konseptene er samfunnsøkonomisk lønnsomme. K3 Batteri kommer best ut med en netto nåverdi (NNV) på -1 414 mill. kr. Dette er klart bedre samfunnsøkonomisk lønnsomhet enn det som ble beregnet i KVU. Dette er også klart bedre enn K1 Biodiesel.

Figur 11.3 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Nordlandsbanen



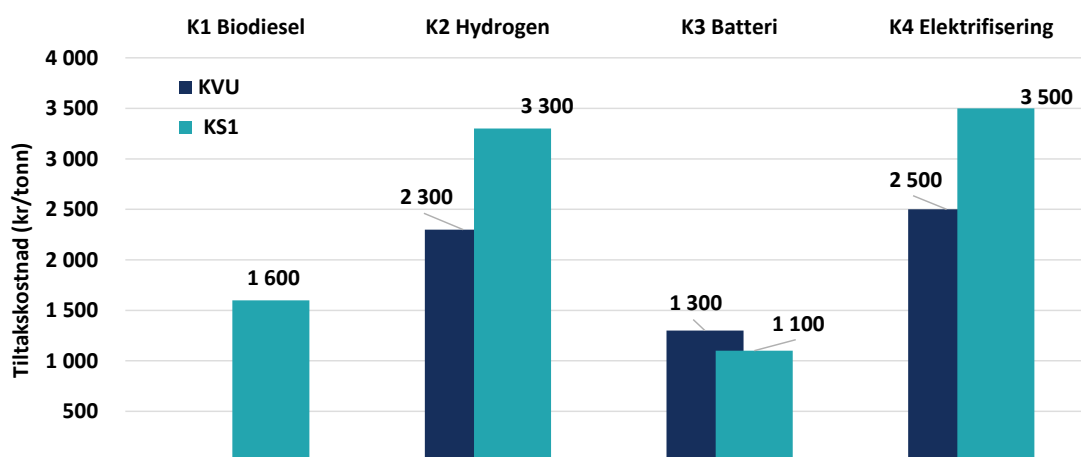
Kilde: Vista Analyse

Kostnad per tonn spart CO₂ (tiltakskostnad) er beregnet til 1 139 kr. Dette er klart lavere enn karbonprisen i 2033, som er fastsatt til 2 230 kr/tonn. Det er derfor grunnlag for å anbefale å gå videre med dette konseptet. Forenklede beregninger med utsatt oppstart til 2043 indikerer at tiltakskostnaden vil reduseres noe (1 129 kr/tonn) ved en utsettelse i 10 år.²²

Sammenliknet med resultatene i KVU beregner vi bedre samfunnsøkonomisk lønnsomhet og lavere tiltakskostnad for K3 Batteri, men dårligere samfunnsøkonomisk lønnsomhet og høyere tiltakskostnader for K2 Hydrogen og K4 Elektrifisering. Vår analyse bygger derfor videre opp under KVUs anbefaling om å velge K3 Batteri på Nordlandsbanen.

²² Tiltakskostnad i 2043 beregnet som neddiskontert verdi av karbonpris i perioden 2033-2042 og tiltakskost beregnet for 65 år for perioden 2043-2107.

Figur 11.4 Tiltakskostnad på Nordlandsbanen, kr/tonn CO₂

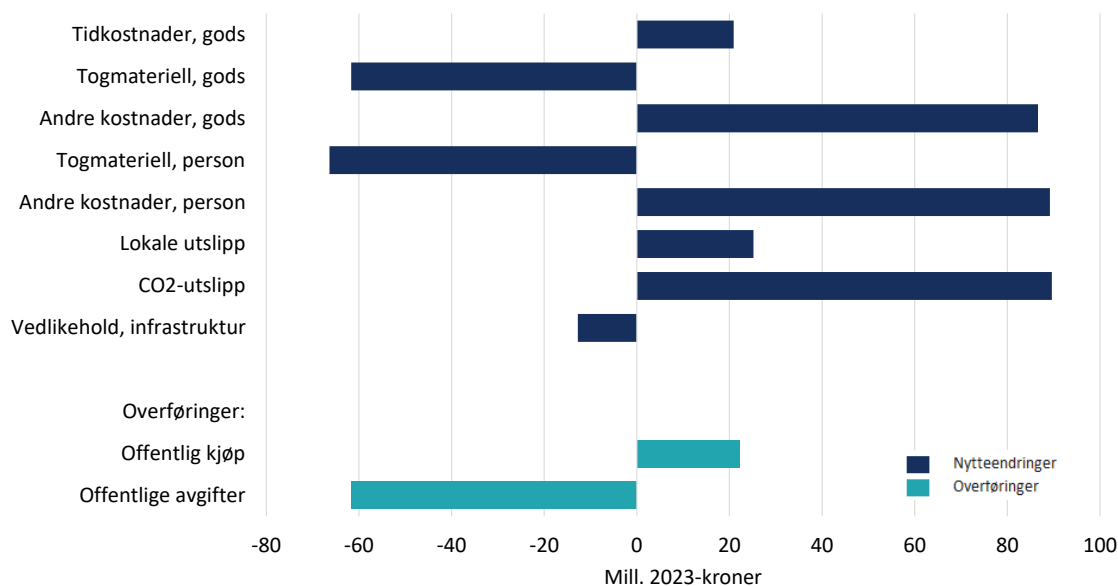


Kilde: Vista Analyse

Figur 11.5 viser fordeling på sentrale nyttekomponenter i åpningsåret 2033 for K3 Batteri på Nordlandsbanen. Samlet beregnes en netto nytte på 171 mill. kroner per år. Av figuren går det fram at reduksjon i andre kostnader (hovedsakelig energikostnader) for gods- og persontrafikkoperatørene og reduserte klimagassutslipp gir de største bidragene til samlet nytte i 2033. Nederst i figuren vises overføringseffektene til/fra det offentlige.

Godskundene vil i dette konseptet få en årlig nytte på 20 mill. kroner av at det er forutsatt raskere framføringstider for godstogene.

Figur 11.5 K3 Batteri Nordlandsbanen. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

Merknad: Overføringer (markert med turkis i tabellen) påvirker ikke netto nytte, men viser endringer i avgifter som operatørene betaler og offentlig kjøp operatørene mottar til/fra Staten.

For godsoperatørene beregnes årlige besparelser på 87 mill. kroner, hovedsakelig knyttet til redusert energiforbruk og lavere energikostnader ved overgang fra dieseldrift til elektrisitet. Samtidig øker kjøretøystkostnadene ved overgang til bimodale KL/batteri-kjøretøy med 62 mill. kroner.

Kjøretøykostnadene er beregnet som en årlig annuitet over kjøretøyenes levetid, og fanger derfor ikke opp at kapitalkostnadene vil være høyere i de første årene i forbindelse med faktisk skifte av teknologi. Selv om teknologiskiftet framstår som lønnsomt på lang sikt for godsoperatørene, er det usikkerhet knyttet til hvor raskt godsoperatørene vil skifte ut lokomotivene etter at strekningen er tilrettelagt med kontaktledning.

Netto endring i godsoperatørenes resultat forutsettes i beregningene å føre til en tilsvarende reduksjon i kostnadene for kundene. Reduserte kostnader for kundene tilsier at godsvolumene kan vokse noe mer enn det som er lagt til grunn vår analyse.

Også for persontrafikken er reduksjonen i energikostnader større enn økningen i kapitalkostnader.

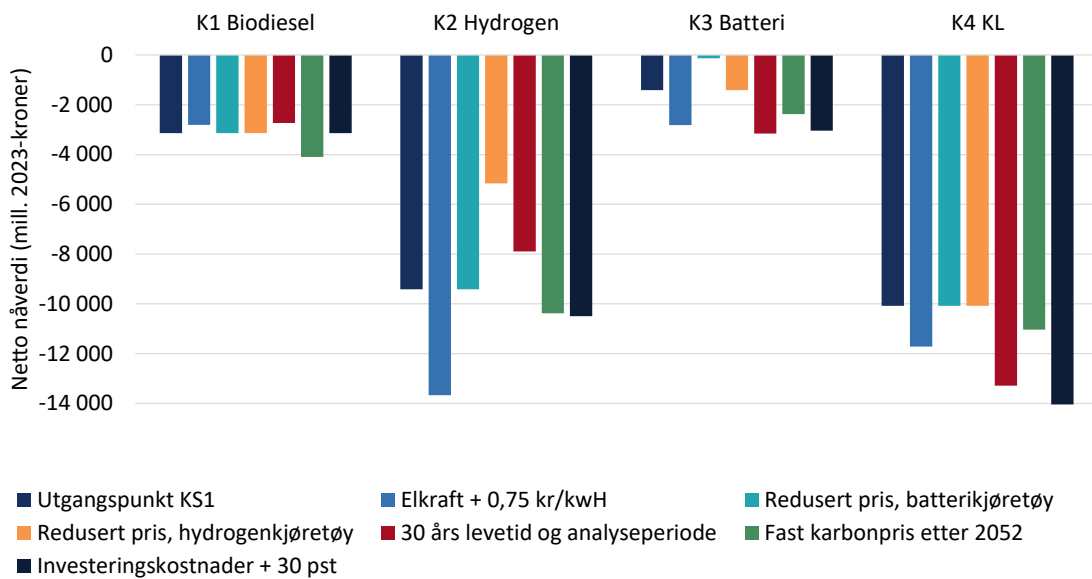
11.3.2 Følsomhetsanalyser

Vi har gjennomført en rekke følsomhetsanalyser for å undersøke hvilke forutsetninger som er mest kritiske for resultatene.

Figur 11.6 viser resultater av et utvalg følsomhetsanalyser gjennomført for konseptene på Nordlandsbanen. Vi finner at:

- **Prisen på elektrisitet** må øke med 75 øre/kWh (dvs. en tilnærmet dobling) for at K3 Batteri skal være mindre samfunnsøkonomisk ulønnsomt enn K1 Biodiesel.
- **Redusert pris på batterikjøretøy** (merkostnader eks. batterikostnader redusert til 15 % sammenliknet med bimodale KL/diesel-kjøretøy) øker netto nåverdi for K3 Batteri med ca. 1,3 mrd. kroner. K3 er, med disse forutsetningene, nesten samfunnsøkonomisk lønnsomt.
- **Redusert pris på hydrogenkjøretøy** (merkostnader eks. batterikostnader redusert til 30 % sammenliknet med bimodale KL/diesel-kjøretøy) øker netto nåverdi for K2 Hydrogen med 4,25 mrd. kroner. K2 framstår likevel med klart dårligere samfunnsøkonomisk lønnsomhet sammenliknet med K3 Batteri.
- Med **kortere analyseperiode og levetid** (30 år) blir den samfunnsøkonomiske lønnsomheten bedre for K2 Hydrogen og svakere for øvrige konsept. I dette perspektivet har K1 Biodiesel noe bedre samfunnsøkonomisk lønnsomhet sammenliknet med K3 Batteri.
- **Fast karbonpris etter 2050** gjør alle konsept mindre lønnsomme, men utslagene påvirker ikke rangering av konseptene
- **Høyere investeringskostnader** slår mest negativt ut for K4 Elektrifisering som har de høyeste investeringene. Forskjellen mellom K1 Biodiesel og K3 Batteri reduseres, men K3 Batteri har fortsatt en marginalt bedre samfunnsøkonomisk lønnsomhet enn K1 Biodiesel.

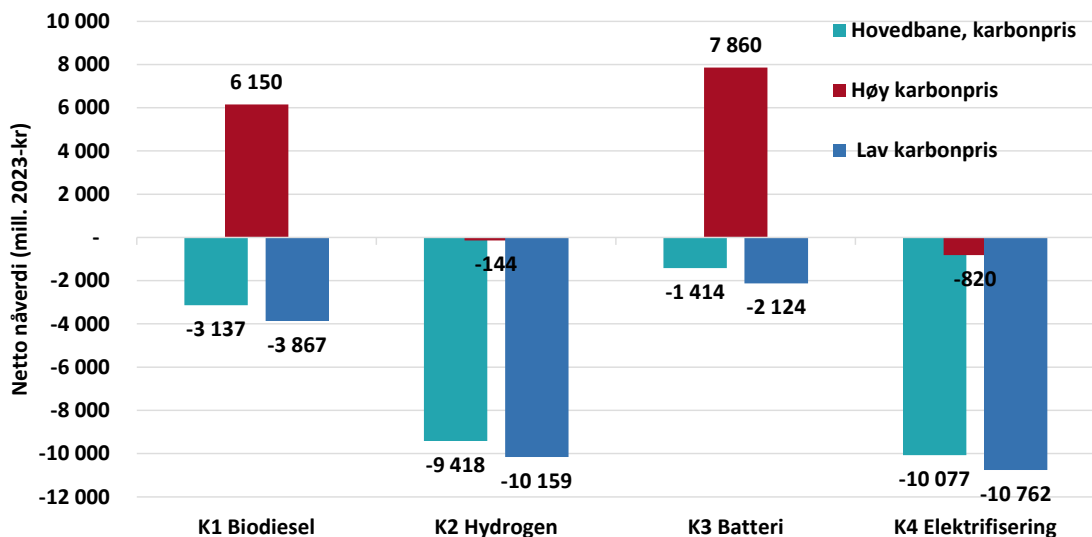
Figur 11.6 Følsomhetsanalyser, Nordlandsbanen, mill. 2023-kr



Kilde: Vista Analyse

Figur 11.7 viser resultater av følsomhetsanalyser for høy og lav karbonprisbane, jf. (Finansdepartementet, 2022)²³. Med høy karbonprisbane øker netto nåverdi med 9,3 mrd. kroner i alle konsept, og både K1 Biodiesel og K3 Batteri beregnes til å ha høy samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Den lave karbonprisbanen reduserer netto nåverdi med ca. 700 mill. kroner i alle konsepter.

Figur 11.7 Følsomhetsanalyse med høy og lav karbonprisbane, Nordlandsbanen, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

²³ Finansdepartementet publiserte nye karbonprisbaner 21. desember 2023 for bruk i samfunnsøkonomiske analyser i 2024 (Finansdepartementet, 2023). Lav og høy karbonprisbane er noe endret fra karbonprisbanene benyttet for følsomhetsanalyser i KS1 og KVV.

Høy karbonprisbane inneholder en raskere opptrapping av karbonprisen fram mot år 2050 sammenliknet med hovedbanen for karbonpris. Beregninger basert på høy karbonprisbane bør derfor særlig tillegges vekt dersom det er vanskelig å identifisere andre tiltak som gir tilstrekkelige reduksjoner i utslipp av klimagasser innen 2050.

11.3.2.1 Levetid og tiltakskostnad

Levetiden for kjøretøy er 30 år, og utgjør en betydelig andel av de samlede investeringene i K3 Batteri og K2 Hydrogen.

Tiltakskostnaden avhenger av de forutsetningene vi bruker om tiltakenes levetid, som drøftet i kapittel 11.2.1 og vedlegg E. Vi har lagt til grunn 75 års levetid for alle konsepter, da lik levetid er nødvendig for sammenlikning mellom konseptene.

Dersom K1 Biodiesel på Nordlandsbanen betraktes som et rent driftstiltak, uten investeringer i infrastruktur som påvirker kostnadene, avhenger tiltakskostnaden av hvor lang levetid vi tilegner konseptet. Dersom vi legger til grunn at tiltaket skal vare 75 år, har konseptet en tiltakskostnad på 1 600 kr/tonn. Dersom vi legger til grunn en levetid på ett år, er tiltakskostnaden ca. 5 000 kr/tonn; ved en levetid på 10 år er tiltakskostnaden ca. 4 000 kr/tonn, se Tabell 11.3. Dette er relevant ved sammenlikning med bruk av biodiesel i andre sektorer og ved sammenlikning mot karbonprisen som i perioden 2030 til 2050 utgjør 2 270 kr/tonn.

Tabell 11.3 Tiltakskostnader (kr/tonn) beregnet med ulike forutsetninger om tiltakets levetid, Nordlandsbanen

	1 år	10 år	30 år	75 år
K1 Biodiesel	5 000	4 000	2 900	1 600
K2 Hydrogen			6 500	3 300
K3 Batteri			3 200	1 100
K4 Elektrifisering			10 700	3 500

Kilde: Vista Analyse

Med høy karbonprisbane vil karbonprisen passere tiltakskostnaden ved bruk av biodiesel rundt år 2035.²⁴ Fra det tidspunktet vil det da være samfunnsøkonomisk lønnsomt å erstatte all fossil diesel med biodiesel gitt dagens drivstoffpriser. I en slik situasjon må det antas at prisforholdet mellom biodiesel og annen diesel vil endres vesentlig, dvs. at tiltakskostnaden ved bruk av biodiesel vil øke.

Beregningene er gjennomført under forutsetning om at kjøretøy tilpasset ny infrastruktur er på plass fra åpningsåret. Dette er ikke en realistisk forutsetning. I praksis må det regnes med at kjøretøy både anskaffes tidligere og senere enn åpningsåret. Dette kan gi merkostnader uten utslippsreduksjoner ved tidlig anskaffelse eller mindre utslippsreduksjoner enn beregnet ved anskaffelser etter åpningsåret. For å illustrere mulige virkninger av dette, har vi for konsept K3 Batteri beregnet konsekvenser av halvert besparelse i klimagassutslipp i perioden 2033-2042. Dette

²⁴ Merk at vi kan sammenligne tiltakskostnaden for K1 Biodiesel som driftstiltak (1 års levetid) med karbonprisbanen direkte fordi vi ikke har neddiskontert kostnadene, og kostnadene holdes faste gjennom perioden. Vi kan ikke sammenligne tiltakskostnaden for K1 Biodiesel som konsept med 75 års levetid med karbonprisbanen direkte, fordi vi da sammenligner nåverdien av kostnader over 75 år (neddiskontert) med karbonprisbanen i faste priser.

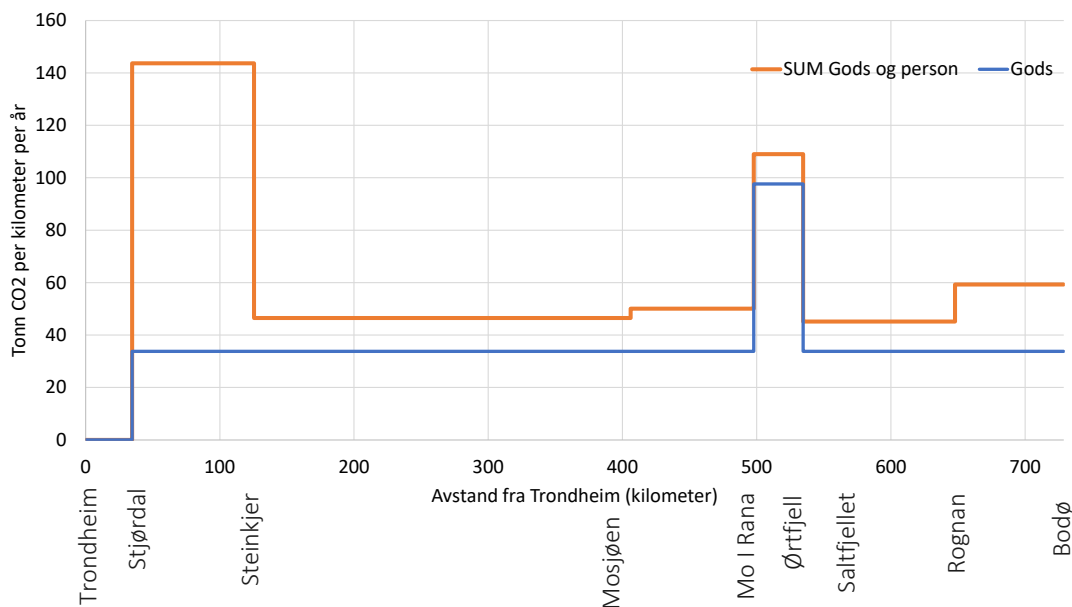
reducerer nåverdien for konseptet med om lag 300 mill. kroner og tiltakskostnaden øker til 1 210 kr/tonn.

11.3.3 Optimalisering av konseptet K3 Batteri

Ifølge våre beregninger har K3 Batteri lavest tiltakskostnad av konseptene i analysen. Det har også relativt lavt tiltakskostnad sammenlignet med andre tiltak i samfunnet.

Det er imidlertid store variasjoner i klimagassutslipp mellom ulike delstrekninger på Nordlandsbanen, se Figur 11.8. Utslippene per kilometer er klart størst på strekningen Stjørdal–Steinkjer. Tilsvarende er det høyere utslipp på strekningen Mo i Rana–Ørtfjell. Vi undersøker hvordan elektrifisering av disse delstrekningene påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konseptene.

Figur 11.8 Klimagassutslipp fordelt på delstrekninger, Nordlandsbanen



Kilde: Vista Analyse

Merknad: I figuren er det ikke tatt hensyn til topografiske forhold. I praksis ligger energiforbruk og utslipp over Saltfjellet noe over nivået mellom Rognan og Bodø.

Elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer inngår ikke i K3 Batteri som ble utviklet i KVU, men i føringer for neste fase pekes det i KVU på at elektrifisering av denne strekningen muliggjør bruk av rene elektriske tog på Trønderbanen og at dette kan være gunstig med hensyn til fornyelse av kjøretøyflåten.

Vi har gjennomført samfunnsøkonomisk analyse av elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer og finner at utbyggingen av denne strekningen er klart samfunnsøkonomisk lønnsom om tiltaket gjennomføres som et selvstendig prosjekt. Detaljene er vist i kapittel 11.3.3.1.

Tilsvarende har vi også analysert samfunnsøkonomiske konsekvenser av full elektrifisering av strekningen Mo i Rana–Ørtfjell. Dette gjør det mulig å bruke elektriske lokomotiv i malmtransporten på strekningen, noe som vil bidra til økt nytte (og redusere gruveselskapets kostnader

sammenliknet med det som er forutsatt i K3 Batteri). Vi finner at full elektrifisering av strekningen gir høye tiltakskostnader. Detaljene er vist i kapittel 11.3.3.2.

Med utgangspunkt i disse beregningene undersøker vi til slutt hvordan elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer påvirker samfunnsøkonomisk lønnsomhet for K3 Batteri på Nordlandsbanen fra Steinkjer til Bodø. Detaljene er vist i kapittel 11.3.3.3.

11.3.3.1 Elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer

Vi har beregnet kostnadene knyttet til elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer til 1,44 mrd. kroner. Det er da forutsatt at strekningen kan knyttes til omformerstasjon bygget i forbindelse med elektrifiseringen av strekningen Trondheim-Storlien. Anslag på investeringskostnader gjengis i Tabell 11.4.

Tabell 11.4 Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer: investeringskostnader

Kostnadselement		Mill. 2023-kroner
Kontaktledning	95 km	951
Kontaktledning, stasjon	9 km	126
Tiltak bro (enkel pluss)	2 stk.	45
Tiltak bro (krevende pluss)	1 stk.	85
Prosjektkostnader (27 % av brotiltak)		47
SUM Grunnkalkyle		1 299
Usikkerhetspåslag (8,5 %)		145
Forventet kostnad		1 444

Kilde: Vista Analyse

Med disse kostnadene beregner vi høy samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer som vist i Tabell 11.5.

Tabell 11.5 Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer: hovedresultater

	2023-kroner
Netto nåverdi over 75 år (mill. kr)	955
Netto nytte per budsjettkrone	4,09
Tiltakskostnad (kr/tonn)	-326

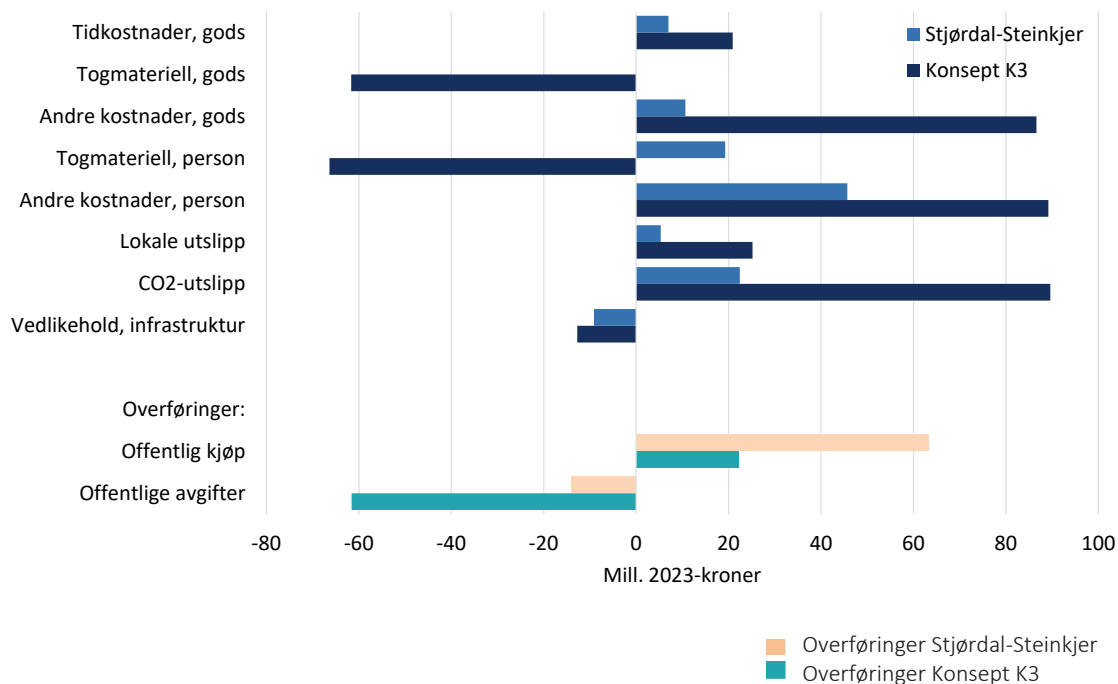
Kilde: Vista Analyse

Detaljerte resultater (hovedtabell fra SAGA) er i vedlegg G.

I beregningen er det forutsatt overgang til elektriske tog for de 12 togsettene som benyttes på Trønderbanen fra det tidspunkt strekningen er ferdig utbygd. Dersom driften videreføres med bimodale (KL/diesel) kjøretøy gjennom hele beregningsperioden reduseres netto nåverdi til 515 mill. kroner.

Figur 11.9 viser fordeling på nyttekomponenter i 2033 ved elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer, sammen med beregnet nytte for fullt K3 Batteri på Nordlandsbanen. Netto nytte ved elektrifisering utgjør 101 mill. kroner per år, tilsvarende nesten 60 % av samlet netto nytte for K3 Batteri.

Figur 11.9 Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer og K3 Batteri Stjørdal–Bodø. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

Figuren viser at elektrifiseringen gir beskjedne virkninger for godstrafikken: det er noe nytte knyttet til reduserte energikostnader og raskere framføring av godstogene. For persontrafikken er utslagene betydelig større. Vi beregner en reduksjon i energikostnader på nær halvparten av det som oppnås i K3 Batteri og kostnadene til persontogmateriell går ned som følge av overgangen til elektriske tog på Trønderbanen.

Nederst i figuren vises overføringseffektene til/fra det offentlige i gult (Stjørdal–Steinkjer) og turkis (K3 Batteri). Elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer gir en større reduksjon i offentlig kjøp enn det vi beregner for K3 Batteri.

Utbygging av strekningen gir en reduksjon i klimagassutslipp på 11 000 tonn/år i 2033, tilsvarende 25 % av samlede utslipp på Nordlandsbanen.

11.3.3.2 Elektrifisering av strekningen Mo i Rana–Ørtfjell (Rana Gruber)

Tilsvarende undersøker vi den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av å elektrifisere den andre strekningen med høye utslipp, Mo i Rana–Ørtfjell.

Kostnadene ved elektrifisering av strekningen Mo i Rana–Ørtfjell er beregnet til 1 595 mill. kroner (Tabell 11.6). Full elektrifisering av strekningen vil gjøre det mulig å benytte elektriske lokomotiver i malmtransporten på strekningen. Strekningen vil i tillegg fungere som en av flere ladestrekninger for bimodale KL/batteritog på Nordlandsbanen.

Tabell 11.6 Elektrifisering av Mo i Rana–Ørtfjell: investeringskostnader

Kostnadselement		Mill. 2023-kroner
Omformerstasjon	1 stk.	409
Kontaktledning	38 km	380
Kontaktledning, stasjon	2 km	28
Utvidelse av profil i tunneler	3,54 km	468
Tiltak bro (enkel pluss)	1 stk.	45
Prosjektkostnader (27 % av bro/tunneltiltak)		139
SUM Grunnkalkyle		1 470
Usikkerhetspåslag (8,5 %)		125
Forventet kostnad		1 595

Kilde: Vista Analyse

Beregningene viser at elektrifisering av hele strekningen fra Mo i Rana til Ørtfjell har høy tiltaks-kostnad og er samfunnsøkonomisk svært ulønnsom:

Tabell 11.7 Elektrifisering av Mo i Rana–Ørtfjell: hovedresultater

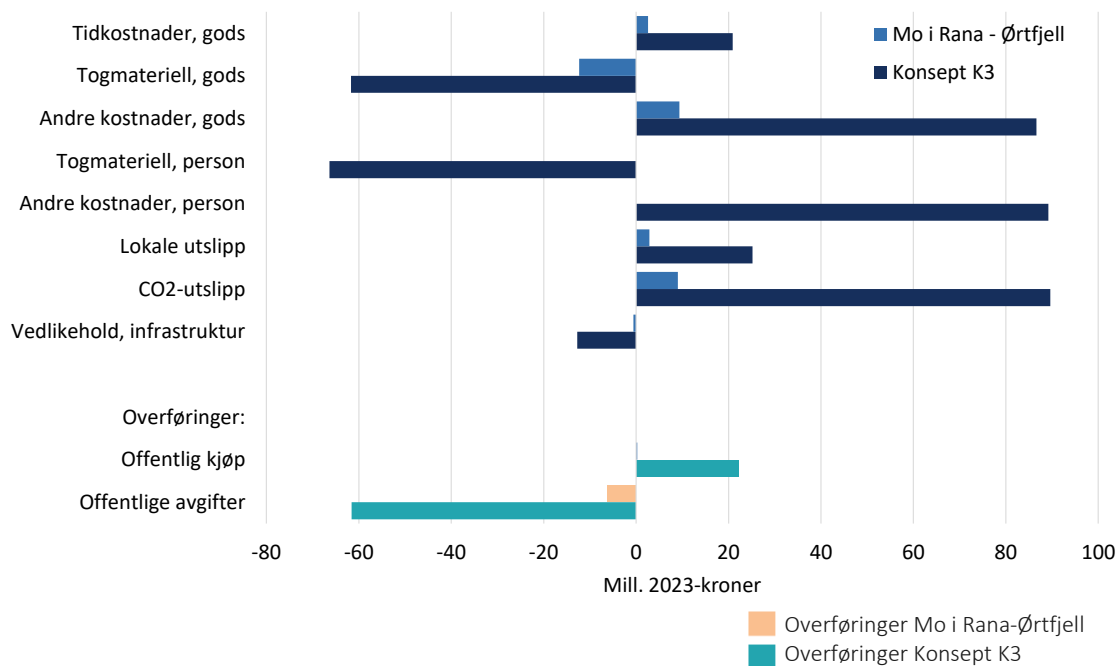
	2023-kroner
Netto nåverdi over 75 år (mill. kr)	-1 320
Netto nytte per budsjettkrone	-0,95
Tiltakskostnad (kr/tonn)	4 400

Detaljerte resultater (hovedtabell fra SAGA) er i vedlegg G.

Årlig nytte ved elektrifisering av strekningen Mo i Rana–Ørtfjell beregnes til 24 mill. kroner per år i 2033, tilsvarende 14 % av årlig nytte for K3 Batteri.

Figur 11.10 viser at reduserte energikostnader ('andre kostnader' på figuren) for godstrafikken og reduserte klimagassutslipp utgjør de viktigste bidragene til den beregnede nytten. Beregnede virkninger for persontrafikken er marginale.

Figur 11.10 Elektrifisering av Mo i Rana–Ørtfjell og hele K3 Batteri. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

Besparelser knyttet til bruk av elektriske lokomotiv i stedet for batterilokomotiv er ikke inkludert i beregningene. Dette vil bidra til å øke netto nytte for K3 Batteri med drøyt 200 mill. kroner. Dette er langt fra tilstrekkelig til at det bør gjennomføres full elektrifisering av strekningen.

Nullutslippsløsning for malmtogene bør derfor realiseres ved at det benyttes bimodale (KL/batteri) lokomotiver og strekningen deelektrifiseres eller ved bruk av batterilokomotiver (eller bimodale lokomotiver) og stasjonær lading. Energiforbruket per avgang er under 1.000 kWh, det betyr at det er, eller innen kort tid vil bli, tilgang til batterilokomotiver med tilstrekkelig batterikapasitet.

11.3.3.3 Optimalisert batterikonsept K3*

Kostnadene ved å elektrifisere strekningen Stjørdal–Steinkjer tilsvarer 25 % av samlede investeringskostnader som utgjør 5,79 mrd. kr i K3 Batteri på Nordlandsbanen, men i K3 Batteri er det ikke forutsatt noen elektrifisering på denne strekningen.

Nåverdien av investeringer, reinvesteringer og vedlikehold av infrastruktur for elektrifisering av strekningen Steinkjer–Stjørdal utgjør ca. 1,5 mrd. kroner, mens nåverdien av besparelser knyttet til at 12 motorvognsett kan baseres på KL framfor bimodale (KL/batteri) togsett utgjør 1,1 mrd. kroner. Det innebærer at kostnadene ved utbyggingen av strekninger med kontaktledningen på strekningen Steinkjer–Bodø må reduseres betydelig for å opprettholde samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Uten en slik reduksjon i investeringskostnadene beregner vi tiltakskostnad for strekningen Steinkjer–Bodø til 1 678 kr/tonn, mens netto nåverdi blir -2 604 mill. kroner. Tiltakskostnaden blir dermed høyere enn for K1 Biodiesel (1 600 kr/tonn). Når tiltakskostnadene er høyere enn det

som beregnes for bruk av biodiesel tilsier dette at videre utbygging bør vurderes utsatt i påvente av teknologiutvikling.

Vi mener det er grunnlag for å redusere investeringskostnadene gjennom ytterligere tilpasning av K3 Batteri og belyser dette i to alternativer:

- A) Antall omformere på strekningen Steinkjer–Bodø reduseres fra 6 til 5 fordi strekningen som skal tilrettelegges for batteridrift blir kortere. Anslag for investeringskostnader reduseres med 1/6, til 4,83 mrd. kroner. Dette vil gi muligheter til å opprettholde samme lengde på strekninger uten kontaktledning (ca. 80 km) som forutsatt i KVU.
- B) Antall omformere på strekningen Steinkjer–Bodø reduseres fra 6 til 3. I tillegg legges det til rette for stasjonær lading i Bodø, sjablonmessig legger vi inn 200 mill. kroner til formålet. Dette gir investeringskostnader på 3,10 mrd. kroner. Dette vil medføre lengre strekninger uten kontaktledning (ca. 120 km) og forutsetter derfor en utvikling i batteriteknologi som går lengre enn det som er forutsatt i KVU.

Alternativ B innebærer større sannsynlighet for at det ikke vil være tilgjengelig kjøretøy med tilstrekkelig batterikapasitet ved åpning av anlegget. Vi gjennomfører derfor beregningene for Alternativ B i to varianter:

- B1) Det er tilgjengelig batterikjøretøy som kan kjøre mer enn 120 km uten kontaktledning.
- B2) Batterikjøretøyene har fortsatt en rekkevidde på 80 km. Det må derfor benyttes hybride (batteri/diesel) kjøretøy. Vi legger til grunn at dette gir en merkostnad for kjøretøyene tilsvarende differansen mellom rene KL-kjøretøy (K4 Elektrifisering) og bimodale KL/diesel-kjøretøy (K0 Fossil diesel og K1 Biodiesel). I beregningen antar vi at kjøretøyene bruker diesel på 3 x 40 km = 120 km av strekningen og bruker biodiesel.

Strekningen Steinkjer–Bodø er 605 km lang. Både Alternativ A og B innebærer at minimum 200 kilometer av strekningen (del-)elektrifiseres. Hver av strekningene som elektrifiseres vil bli noe lengre med 3 omformerstasjoner (Alt. B) enn med 5 omformerstasjoner (Alt. A), men kan utføres etter samme prinsipper som lagt til grunn i KVU, dvs. at tunneler ikke tilrettelegges for elektrifisering.

Tabell 11.8 viser netto nåverdi og tiltakskostnad for de tre alternativene. Tiltakskostnaden blir, naturlig nok, klart lavest for Alternativ B1 hvor det bygges ut kun 3 omformerstasjoner, basert på en forventning om rask utvikling i batteriteknologien. Alternativ A og B2 gir begge en tiltakskostnad for strekningen Steinkjer–Bodø som er høyere enn det som er beregnet for K3 Batteri for strekningen Stjørdal–Bodø. Detaljerte resultater (hovedtabell fra SAGA) vises i vedlegg G.

Tabell 11.8 Investeringer og samfunnsøkonomisk lønnsomhet, alternative løsninger for videreutvikling av K3 Batteri på Nordlandsbanen

	K3*	A	B1	B2
Investeringer (mill. kroner)	5 790	4 826	3 096	3 096
Netto nåverdi (mill. kroner)	- 2 604	- 1 702	- 85	- 1 431
Tiltakskostnad (kr/tonn)	1 678	1 358	786	1 263

Kilde: Vista Analyse

Merknad: K3* er beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet for strekningen Steinkjer–Bodø med samme investeringskostnader som K3 Batteri for hele Nordlandsbanen.

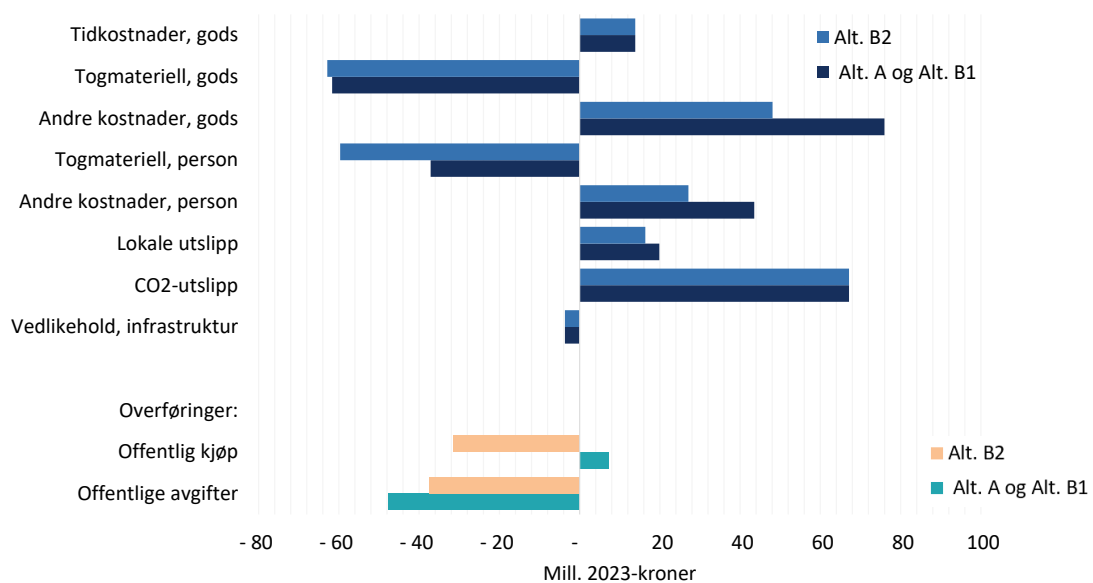
Forskjellen i netto nåverdi mellom Alternativ A (5 omformerstasjoner) og B1 (3 omformerstasjoner) skyldes at det er forutsatt lavere investeringskostnader i Alternativ B1, mens forskjellen mellom Alternativ B1 (batteri/KL) og Alternativ B2 (batteri/KL/diesel) kan forklares av økte kjøretøykostnader (550 mill. kroner), høyere energikostnader (750 mill. kroner) og mindre reduksjon i lokale utslipp (100 mill. kroner).

Alternativ B2 beregnes å gi lavere tiltakskostnader enn Alternativ A, selv om det er regnet med økte kjøretøykostnader og høyere energikostnader gjennom hele beregningsperioden. For at Alternativ A skal gi lavere tiltakskostnader enn Alternativ B, må investeringskostnadene for dette alternativet reduseres til 4,4 mrd. kroner.

I alle alternativ er det forutsatt at kjøretøy tilpasset infrastrukturen er i bruk på strekningen fra åpningsåret. I praksis vil utskifting av kjøretøy ta noe tid eller innebære høyere kjøretøykostnader enn det som er lagt til grunn i beregningene. Dette vil svekke samfunnsøkonomisk lønnsomhet for alle alternativ, men mer for Alternativ A og B1 enn for Alternativ B2. Hybridkjøretøy (B2) kan tas i bruk og gi nytte etter hvert som delstrekninger åpner, mens bimodale KL/batteri-kjøretøy (A, B1) ikke kan tas i bruk før infrastrukturen er på plass.

Figur 11.11 viser beregnet årlig nytte i år 2033 mellom de ulike alternativene. Alternativ A og Alternativ B1 gir en netto nytte på 118 mill. kroner per år, mens Alternativ B2 gir en netto nytte på 46 mill. kroner per år. De største utslagene er knyttet til økte energikostnader og høyere kjøretøykostnader for persontog i Alternativ B2.

Figur 11.11 Beregnet nytte i 2033, Alternativ A, B1 og B2. Mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

11.3.4 Realopsjoner: verdien av å utsette beslutningen for Steinkjer–Bodø

Det forventes en rask utvikling av batteriteknologien de nærmeste årene, dvs. at grunnlaget for å fatte riktig beslutning kan forventes å forbedres raskt. Dette gjør det aktuelt å vurdere utsatt gjennomføring av utbyggingen nord for Steinkjer inntil det er nærmere avklart hvilken rekkevidde batterikjøretøy kan forventes å få når teknologien er moden.

Usikkerheten knyttet til utvikling i batteriteknologi (ytelse og kostnader) gjør at det er betydelige risiko for å investere for mye i kontaktledningsanlegg dersom beslutning om utbygging skal fattes nå. Dette tilsier at vi bør undersøke realopsjoner, jf. Tekstboks 11.1.

Vi understreker at beregningen av realopsjoner her ikke er gjennomført med høy nøyaktighet. Hensikten er primært å illustrere hvilke avveieringer som bør gjøres fram mot endelig beslutning om utforming av K3 Batteri for strekningen Steinkjer–Bodø.

Tekstboks 11.1 Sjekkliste for når det er aktuelt å vurdere realopsjoner

Det er betydelige (irreversible) kostnader forbundet med å komme tilbake til utgangspunktet

Det er sannsynlig at man senere får ny informasjon som gir god støtte i beslutningsprosessen.

Det er handlingsrom når man på et senere tidspunkt skal ta en ny beslutning om tiltak.

Det er betydelig risiko for at man velger feil løsning på nåværende tidspunkt.

Kilde: *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2023)*

For å belyse problemstillingen tar vi utgangspunkt i alternativene beskrevet i kapittel 11.3.3 og beregner hvordan tiltakskostnaden påvirkes av å utsette ferdigstilling av utbyggingen til 2043. Vi inkluderer da karbonprisen som «tiltakskostnad» i perioden 2033-2042 og gjør deretter en beregning av justert tiltakskostnad basert på perioden 2043-2007.

For Alternativ A gir dette redusert tiltakskostnad ved å utsette utbyggingen i 10 år, mens tiltakskostnaden øker for Alternativ B1 og B2 (se Tabell 11.9). Forskjellene er imidlertid ikke store, dvs. det kan uansett være riktig å bruke tid for å redusere usikkerhet knyttet til utforming av K3 Batteri. For Alternativ B2 har vi også beregnet tiltakskostnader under forutsetning av at det benyttes bimodale hybridkjøretøy (KL+batteri/diesel) de første ti årene og deretter bimodale kjøretøy (KL+batteri) merket B2* i tabellen.

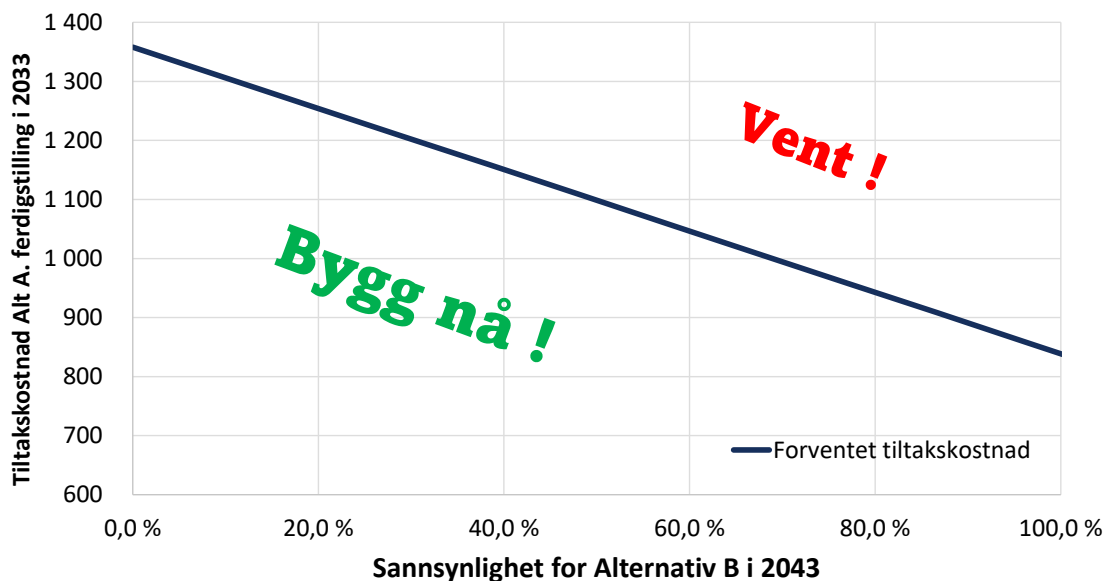
Tabell 11.9 Tiltakskostnad (kr/tonn) for alternative løsninger for videreutvikling av K3 Batteri på Nordlandsbanen

	A	B1	B2	B2*
Tiltakskostnad, ferdig 2033	1 358	786	1 263	1 009
Tiltakskostnad, ferdig 2043	1 309	839	1 231	

Kilde: *Vista Analyse*

Figur 11.12 viser forventet tiltakskostnad gitt ulike sannsynligheter for at det i 2043 vil være tilgjengelig kjøretøy med 120 kilometer rekkevidde. Dersom slike kjøretøy er sikkert tilgjengelige i 2043, må tiltakskostnaden ved ferdigstilling i 2033 være ned mot 840 kr/tonn for at det skal lønne seg å bygge ut allerede nå. Er tiltakskostnaden ved ferdigstilling i 2033 høyere, vil det være lønnsomt å utsette utbyggingen. Ved 50 % sannsynlighet for kjøretøy med 120 km rekkevidde i 2043 må tiltakskostnaden ved ferdigstilling i 2033 være 1 100 kr/tonn eller lavere.

Figur 11.12 Verdien av å vente: Bygge for 80 km rekkevidde ferdig til 2033 eller 120 km rekkevidde ferdig til 2043



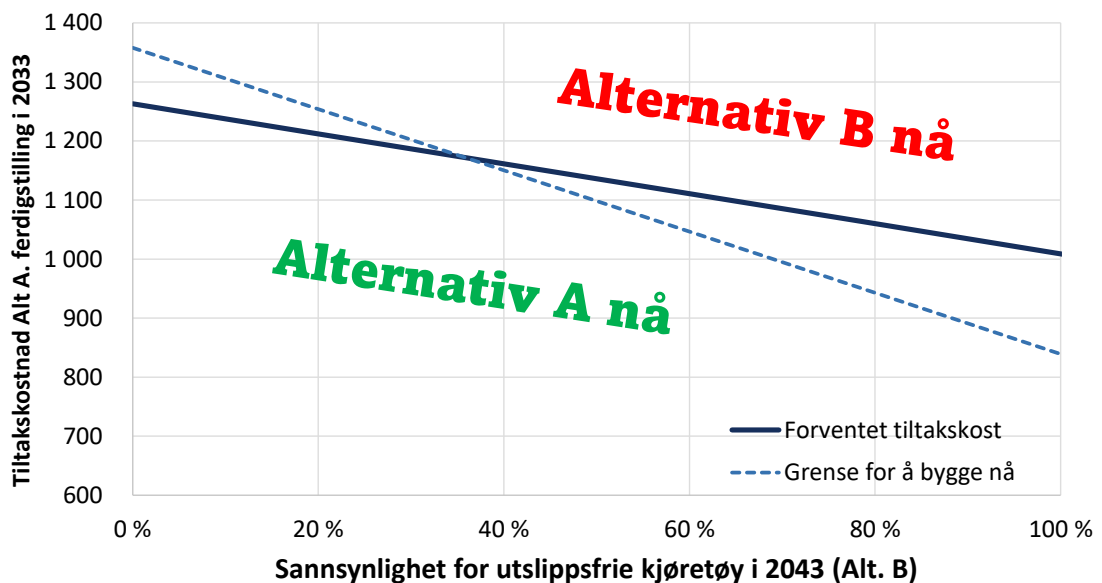
Kilde: Vista Analyse

Av Tabell 11.8 går det fram at vi beregner høyere tiltakskostnad for Alternativ A enn for Alternativ B2. Dersom det besluttes at utbygging skal gjennomføres basert på informasjon som er tilgjengelig i dag, vil det derfor fortsatt være riktig å velge Alternativ B (120 km rekkevidde) hvis ikke forskjellen i investeringskostnader reduseres.

Dersom det vurderes som uaktuelt å vente med investeringsbeslutningen til usikkerheten rundt batterikjøretøyenes potensial er nærmere avklart, er det likevel et spørsmål om hvilke forventninger til framtidig teknologi som skal legges til grunn for dimensjonering av kontaktledningsanlegget.

Vi sammenlikner da Alternativ A mot Alternativ B2 med ulik sannsynlighet for å realisere Alternativ B2* (hybridkjøretøy i de første 10 årene etter fullført utbygging). Figur 11.13 illustrerer at hvor mye tiltakskostnadene for Alternativ A må reduseres for å bli en bedre løsning enn Alternativ B2, og har også tegnet inn grensen for når det er riktig å bygge nå som stiplet linje i figuren. Av figuren går det fram at det også i dette tilfelle er nødvendig å redusere investeringskostnadene dersom Alternativ A (høy sikkerhet for at batterikjøretøy er tilgjengelig ved oppstart) skal velges.

Figur 11.13 Valg av løsning ved beslutning om utbygging innen 2033



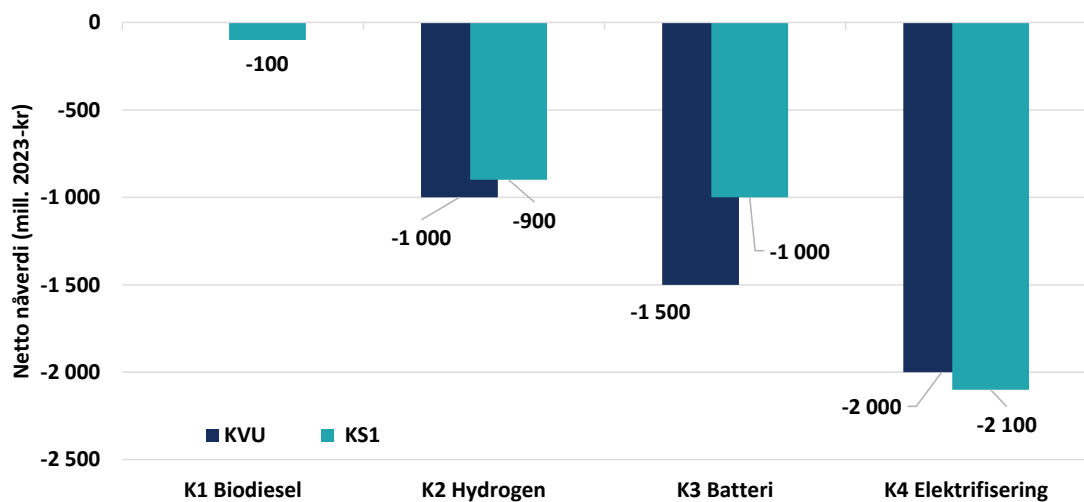
Kilde: Vista Analyse

Beregningene i dette avsnittet er stiliserte eksempler, men synliggjør likevel at det kan være store gevinster knyttet til å utsette beslutningen om endelig utforming av K3 Batteri nord for Steinkjer til batterikjøretøyenes rekkevidde i større grad er avklart.

11.4 Prissatte virkninger: Raumabanen

Alle konseptene som er utredet for Raumabanen har svak samfunnsøkonomisk lønnsomhet og høye tiltakskostnader. Sammenliknet med KVV er samfunnsøkonomisk lønnsomhet noe bedre for K3 Batteri og omtrent uendret for øvrige konsept. K1 Biodiesel framstår som det klart gunstigste alternativet for å kutte utslipp av klimagasser fra togtrafikken på Raumabanen av konseptene som inngår i analysen, og de samfunnsøkonomiske kostnadene ved realisering av dette konseptet er (i likhet med klimagassutslippene) beskjedne. Netto nåverdi for de ulike konseptene gjengis i Figur 11.14. Detaljerte resultater (hovedtabell fra SAGA) vises i vedlegg G.

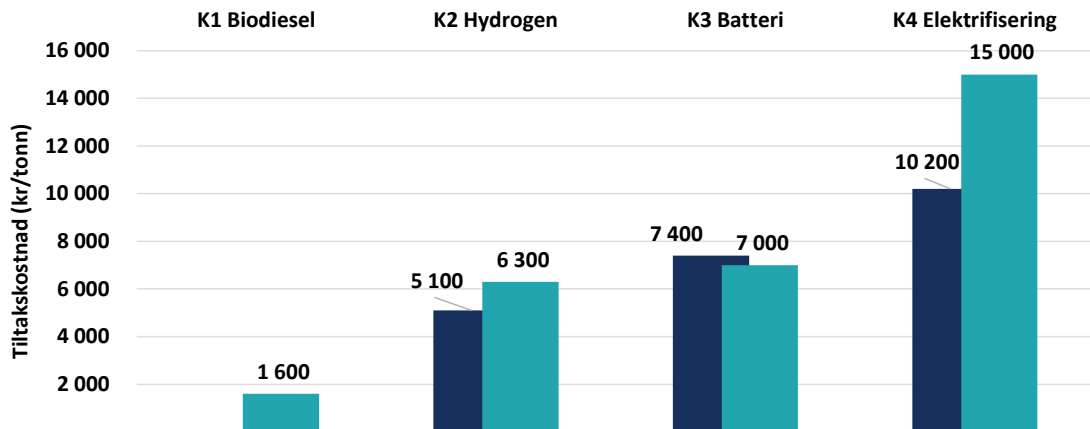
Figur 11.14 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Raumabanen



Kilde: Vista Analyse

Tiltakskostnaden for konseptene er regnet over 75 år, for K1 Biodiesel er det ingen investeringskostnader. Tiltakskostnaden for biodiesel beregnes til ca. 5 000 kr/tonn når det vurderes som et driftstiltak, jf. diskusjonen i kap. 11.3.1. Med gjeldende karbonprisbane og dagens prisnivå på biodiesel innebærer dette at K1 Biodiesel bør innføres rundt år 2075.²⁵ Vår konklusjon er dermed at Nullalternativet er det anbefalte alternativet for Raumabanen.

Figur 11.15 Tiltakskostnad, Raumabanen, kr/tonn CO₂



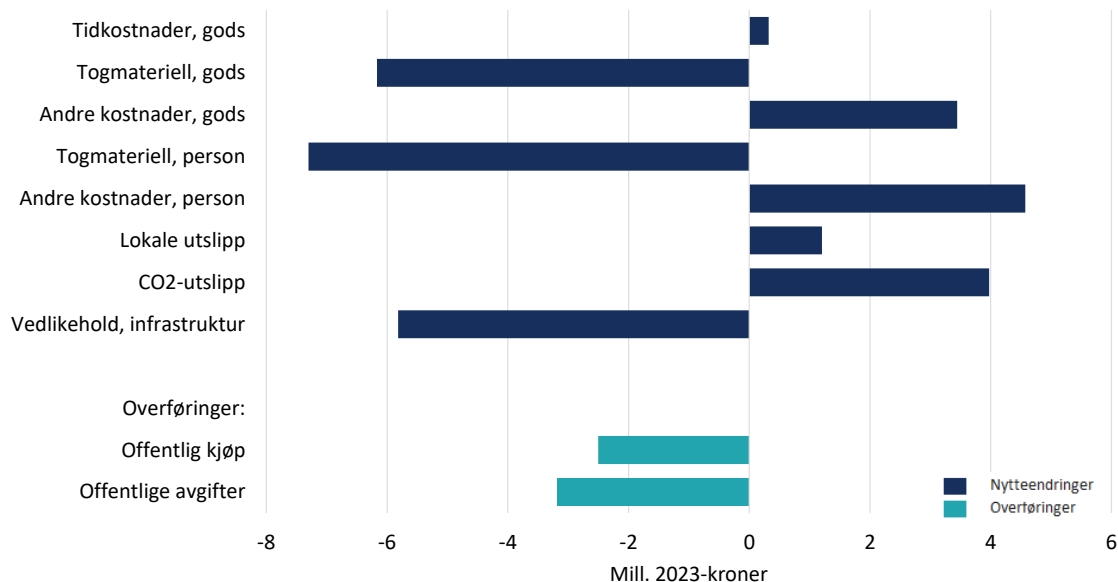
Kilde: Vista Analyse

Figur 11.16 viser beregnet årlig nytte for K3 Batteri fordelt på hovedkomponenter i 2033. Samlet netto nytte er beregnet til -6 mill. kroner per år. Det er særlig høye kjøretøykostnader og vedlikeholdskostnader knyttet til infrastrukturen som bidrar til dette. Reduserte energikostnader for togoperatørene og reduserte klimagassutslipp bidrar noe på nyttesiden.

²⁵ Gjeldende karbonprisbane passerer 5 000 kr/tonn i 2077. Merk at vi kan sammenligne tiltakskostnaden for K1 Biodiesel som driftstiltak (1 års levetid) med karbonprisbanen direkte fordi vi ikke har neddiskontert kostnadene, og kostnadene holdes faste gjennom perioden. Vi kan ikke sammenligne tiltakskostnaden for K1 Biodiesel som konsept med 75 års levetid med karbonprisbanen direkte, fordi vi da sammenligner nåverdien av kostnader over 75 år (neddiskontert) med karbonprisbanen i faste priser.

Det er ikke lønnsomt for godsoperatørene å bytte til batterikjøretøy, selv om strekningen tilrettelegges. For å realisere utslippskutt for godstrafikken på Raumabanen vil det derfor være nødvendig med økonomisk støtte til operatørene eller krav om bruk av utslippsfri teknologi.

Figur 11.16 K3 Batteri Raumabanen. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner



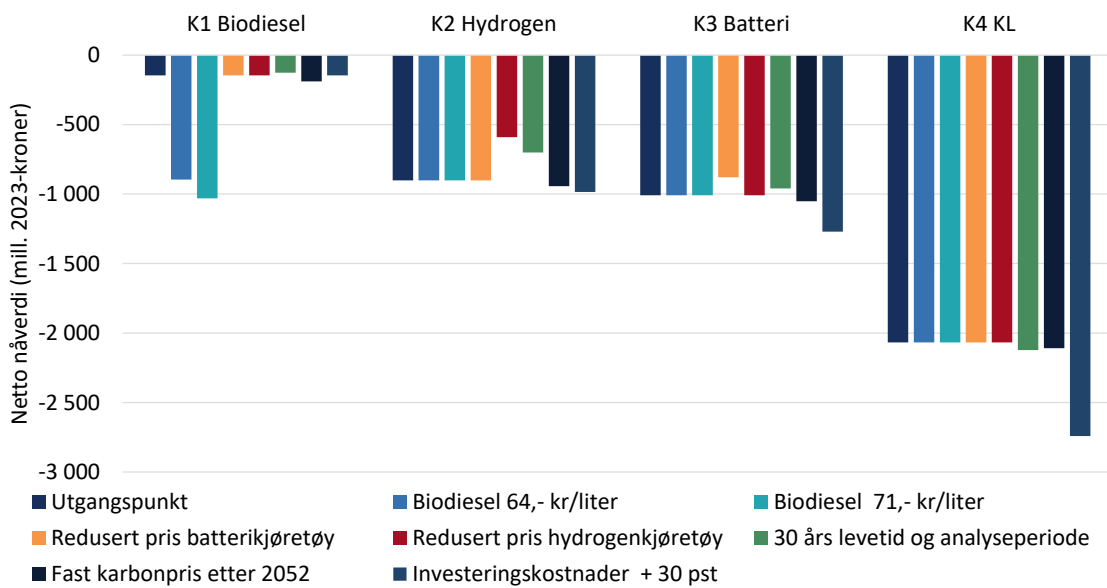
Kilde: Vista Analyse

11.4.1 Følsomhetsanalyser av Raumabanen

Konklusjonen om at K0 Nullalternativet bør videreføres på Raumabanen er robust. Forutsetningene må endres vesentlig for at noen av konseptene skal bli samfunnsøkonomisk lønnsomme. Våre følsomhetsanalyser viser at (se Figur 11.17):

- **Prisen på biodrivstoff** må øke til 64 kroner per liter for at K2 Hydrogen skal være mindre samfunnsøkonomisk ulønnsomt enn K1 Biodiesel og til 72 kroner per liter for at K3 Batteri skal være mindre samfunnsøkonomisk ulønnsomt enn K1 Biodiesel.
- **Redusert prisnivå på batterikjøretøy** (merkostnader eks. batterikostnader redusert til 15 % sammenliknet med bimodale KL/diesel-kjøretøy) øker netto nåverdi for K3 Batteri med ca. 130 mill. kroner slik at det blir mindre samfunnsøkonomisk ulønnsomt enn K2 Hydrogen.
- **Redusert prisnivå på hydrogenkjøretøy** (merkostnader eks. batterikostnader redusert til 30 % sammenliknet med bimodale KL/diesel-kjøretøy) øker netto nåverdi for K2 Hydrogen med 310 mill. kroner og konseptet framstår da som en klart bedre løsning enn K3 Batteri.
- **Med kortere analyseperiode og levetid** (30 år) blir den samfunnsøkonomiske lønnsomheten for K2 Hydrogen klart bedre, dvs. at løsningen gir et årlig nyttetap også på lang sikt.
- **Fast karbonpris etter 2050** gjør alle konsept mindre lønnsomme, men utslagene er ikke store (fordi utslippene uansett er begrenset)
- **Høyere infrastrukturkostnader** slår mest negativt ut for K4 Elektrifisering som har de høyeste investeringene.

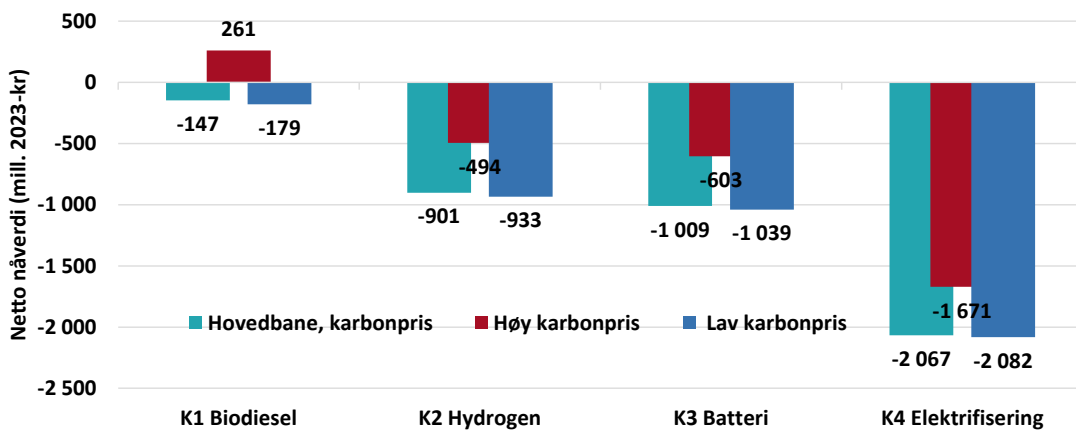
Figur 11.17 Følsomhetsanalyser Raumabanen, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

Figur 11.18 viser at høy karbonprisbane øker netto nåverdi med 407 mill. kroner for alle konsept på Raumabanen, mens lav karbonprisbane reduserer netto nåverdi med 32 mill. kroner. K1 Bio-diesel beregnes samfunnsøkonomisk lønnsomt med høy karbonprisbane.

Figur 11.18 Følsomhetsanalyser med høy og lav karbonpris, Raumabanen, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

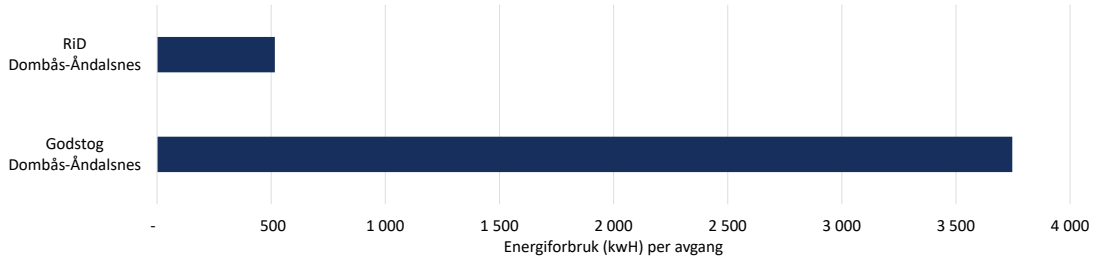
11.4.2 Mulige tiltak for reduserte utslipp på Raumabanen: stasjonær lading?

Resultatene av den samfunnsøkonomiske lønnsomhetsberegningen tilsier at ingen av konseptene som er utredet for Raumabanen bør gjennomføres, dvs. at K0 Nullalternativet bør videreføres inntil det foreligger ny informasjon som gir grunnlag for igjen å vurdere tiltak på banestrekningen.

Stasjonær lading inngår ikke blant konseptene, verken i KVU eller i vår analyse, men kan være en aktuell løsning for å redusere utslipp fra Raumabanen. For persontog må det vurderes i sammenheng med kjøretøystrategien og med valg av løsning på de andre banestrekningene.

Figur 11.19 viser beregnet energiforbruk per avgang for person- og godstog på Raumabanen. Figuren viser gjennomsnittlig forbruk. I virkeligheten er det betydelig høyere forbruk fra Åndalsnes til Dombås enn fra Dombås til Åndalsnes.

Figur 11.19 Beregnet energiforbruk (kWh) per avgang, K3 Batteri Raumabanen



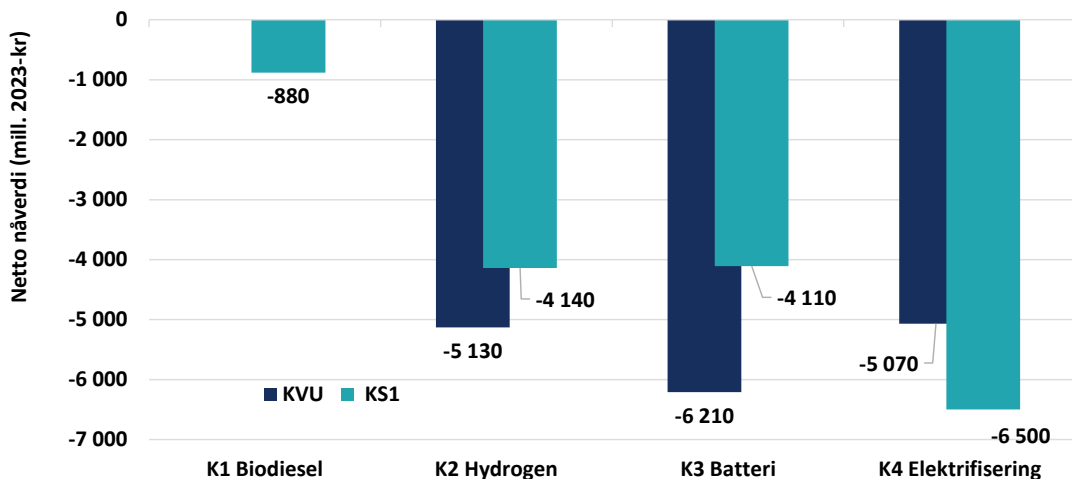
Kilde: Vista Analyse

Både for gods- og regiontog er forbruket høyere enn det som kan forventes av batterikapasitet i kjøretøy de nærmeste årene, men på noe lengre sikt kan det være en mulig løsning. På kort sikt er muligheten til å redusere utslippene størst ved å benytte kjøretøy med hybrid diesel/batteri-energiforsyning.

11.5 Prissatte virkninger: Røros- og Solørbanen

Ingen av konseptene som er vurdert for Røros- og Solørbanen beregnes å være samfunnsøkonomisk lønnsomme. K1 Biodiesel kommer best ut med netto nåverdi på -880 mill. kroner, K2 Hydrogen og K3 Batteri har begge netto nåverdi på -4,1 mrd. kroner, mens K4 Elektrifisering er det mest ulønnsomme konseptet med en negativ netto nåverdi på -6,5 mrd. kroner. Detaljerte resultater (hovedtabell fra SAGA) er i vedlegg G.

Figur 11.20 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Røros- og Solørbanen



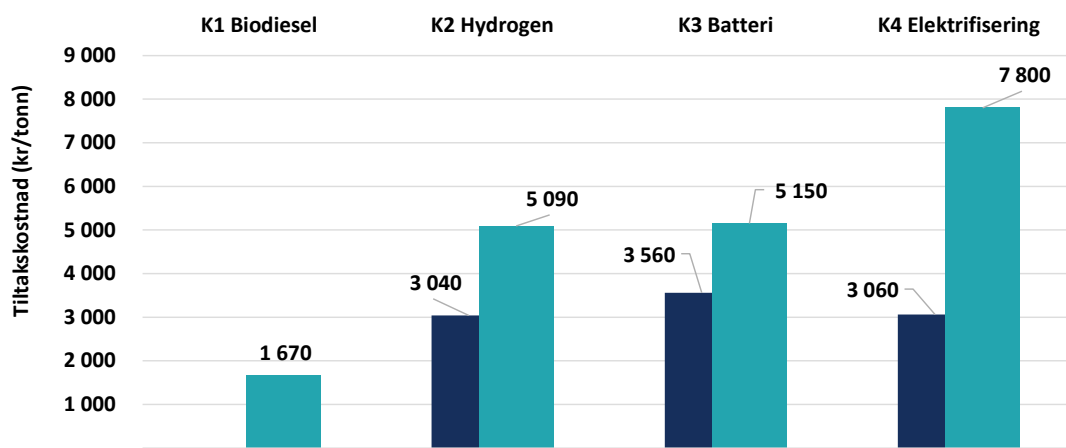
Kilde: Vista Analyse

Lønnsomheten er klart bedre for K2 Hydrogen og K3 Batteri i våre beregninger enn i KVU, mens lønnsomheten for K4 Elektrifisering er svakere. Alle konsepter svekkes som følge av lavere utslipp enn forutsatt i KVU, mens reduksjon i antall lokomotiver bidrar til bedre lønnsomhet for batteri-

og hydrogenkonseptene. For K3 Batteri bidrar også reduserte kostnader per kjøretøy og at vi har identifisert at halvparten av godslokomotivene kan kjøres med rene elektriske lokomotiver.

Bortsett fra K1 Biodiesel beregner vi høye tiltakskostnader for øvrige konsept – og klart høyest for K4 Elektrifisering, se Figur 11.21. Tiltakskostnaden for K1 Biodiesel (1 670 kr/tonn) er beregnet over 75 år for sammenliknbarhet med øvrige konsept. Vurdert i et kortere tidsperspektiv, er tiltakskostnaden for K1 Biodiesel ca. 5 000 kr/tonn (jfr. Tabell 11.3), som er klart høyere enn karbonprisbanen i mange år framover.²⁶ Med utgangspunkt i beregningene av samfunnsøkonomisk lønnsomhet og tiltakskostnader, er det ikke grunnlag for å anbefale noen av konseptene som er utredet.

Figur 11.21 Tiltakskostnad, Røros- og Solørbanen, kr/tonn CO₂



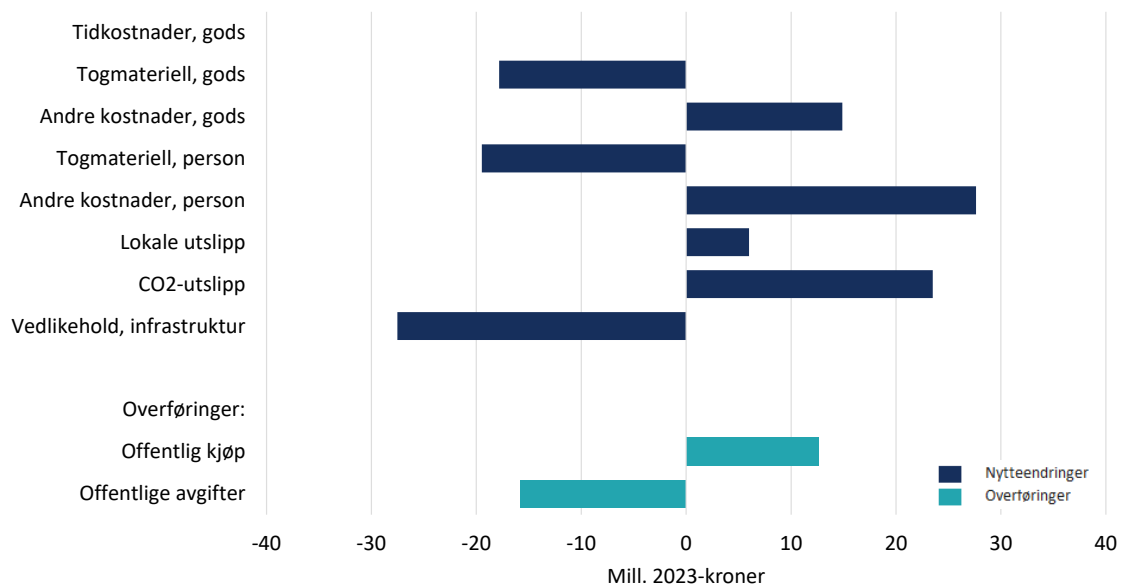
Kilde: Vista Analyse

Netto årlig nytte i 2033 er beregnet til 7 mill. kroner for K3 Batteri. Figur 11.22 viser hvordan nytten fordeles på hovedkomponenter. De viktigste nyttekomponentene er reduserte driftskostnader for person- og godstrafikken og verdien av reduserte klimagassutslipp, mens vedlikehold av infrastruktur og kjøretøykostnader bidrar negativt.

Av figuren går det fram at vi beregner en noe større økning i kjøretøykostnader enn reduksjon i andre kostnader (hovedsakelig energikostnader) for godstrafikken. I K3 batteri er det forutsatt at halvparten av lokomotivene er rene elektriske lokomotiver mens halvparten er batterilokomotiver. Begge typer sparer energikostnader mens kjøretøykostnadene (kapitalkostnader) øker for batterikjøretøyene og reduseres for kjøretøyene som bruker kontaktledning. Det kan være potensial for kostnadsreduksjoner ved samordning mellom operatørene på banestrekningen, med dagens organisering vil det være nødvendig med incentivordninger for å gjennomføre teknologiskiftet innenfor godstrafikken.

²⁶ Merk at vi kan sammenligne tiltakskostnaden for K1 Biodiesel som driftstiltak (1 års levetid) med karbonprisbanen direkte fordi vi ikke har neddiskontert kostnadene, og kostnadene holdes faste gjennom perioden. Vi kan ikke sammenligne tiltakskostnaden for K1 Biodiesel som konsept med 75 års levetid med karbonprisbanen direkte, fordi vi da sammenligner nåverdien av kostnader over 75 år (neddiskontert) med karbonprisbanen i faste priser.

Figur 11.22 K3 Bateria, Røros- og Solørbanen. Beregnet nytte i 2033, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

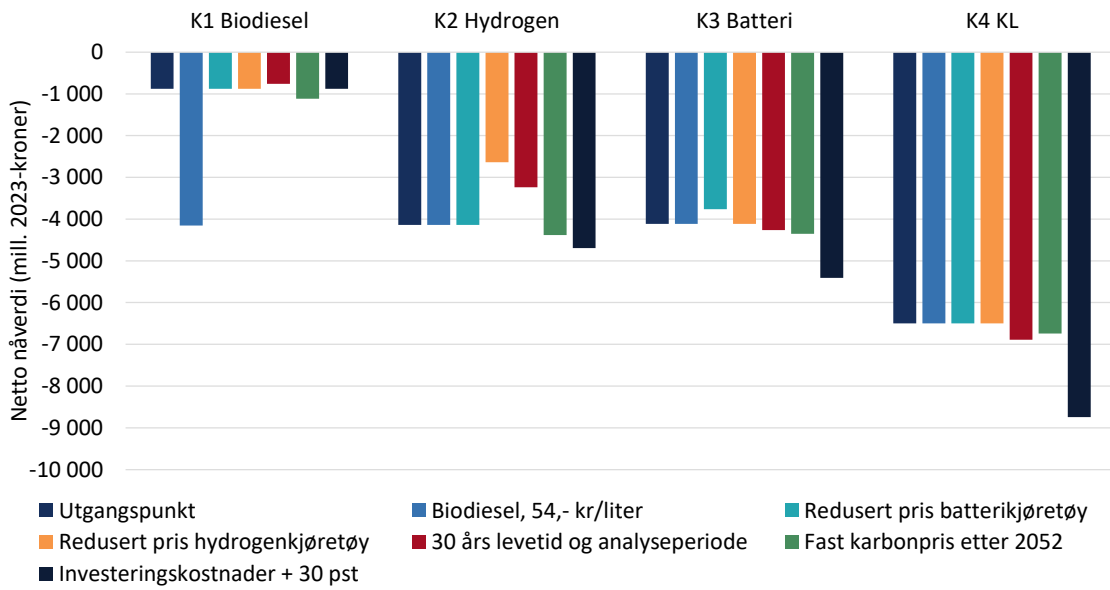
11.5.1 Følsomhetsanalyser av Røros- og Solørbanen

Konklusjonen om at K0 bør videreføres på Røros- og Solørbanen er robust inntil det foreligger ny kunnskap om hvordan banestrekningen skal brukes i framtiden eller det er utviklet teknologiske løsninger som gjør det mulig å redusere klimagassutslippene med en lavere tiltakskostnad enn konseptene vi har analysert.

Forutsetningene må endres vesentlig for at noen av konseptene skal bli samfunnsøkonomisk lønnsomme, se Figur 11.23. Vi finner at:

- **Prisen på biodrivstoff** må øke til 52 kroner per liter for at K2 Hydrogen og K3 Bateria skal være mindre samfunnsøkonomisk ulønnsomt enn K1 Biodiesel.
- **Redusert prisnivå på batterikjøretøy** (merkostnader eks. batterikostnader redusert til 15 % sammenliknet med bimodale KL/diesel-kjøretøy) øker netto nåverdi for K3 Bateria med ca. 350 mill. kroner. Konseptet blir da klart mindre samfunnsøkonomisk ulønnsomt enn K2 Hydrogen.
- **Redusert prisnivå på hydrogenkjøretøy** (merkostnader eks. batterikostnader redusert til 30 % sammenliknet med bimodale KL/diesel-kjøretøy) øker netto nåverdi for K2 Hydrogen med 1,5 mrd. kroner. Lønnsomheten er likevel vesentlig dårligere enn for K1 Biodiesel.
- **Med kortere analyseperiode og levetid** (30 år) blir den samfunnsøkonomiske lønnsomheten for K2 Hydrogen klart bedre, dvs. at løsningen gir et årlig nyttetap også på lang sikt. For øvrige konsept påvirkes lønnsomheten i liten grad.
- **Fast karbonpris etter 2050** gjør alle konsept mindre lønnsomme, men utslagene er ikke store.
- **Høyere infrastrukturkostnader** slår mest negativt ut for K4 som har de høyeste investeringskostnadene.

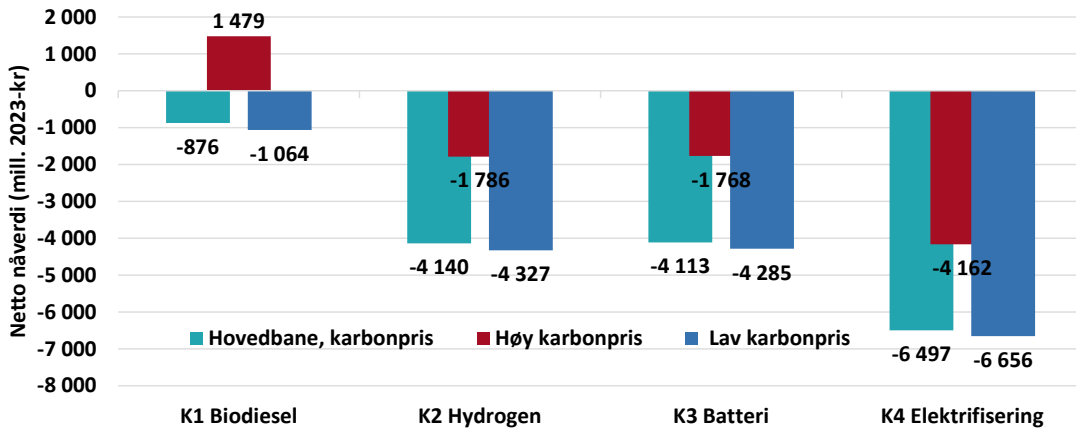
Figur 11.23 Følsomhetsanalyser, Røros- og Solørbanen, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

Figur 11.24 viser resultat av følsomhetsanalyser med høy og lav karbonprisbane. Med høy karbonprisbane øker nåverdien i alle konsept med 2,35 mrd. kroner. K1 Biodiesel blir da samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Figur 11.24 Følsomhetsanalyser med høy og lav karbonpris, Røros- og Solørbanen, mill. 2023-kroner



Kilde: Vista Analyse

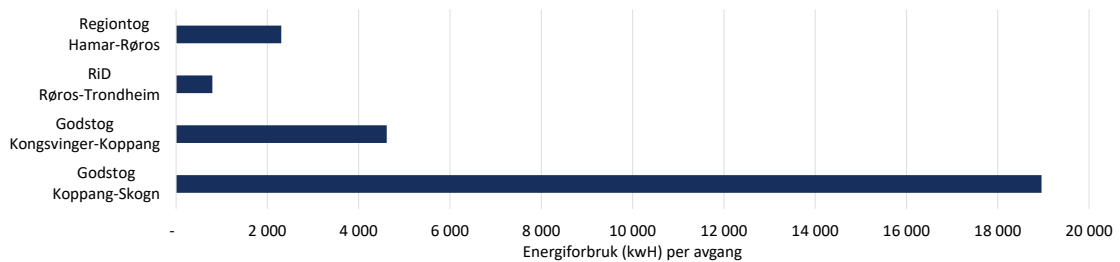
11.5.2 Mulige tiltak for utslippsreduksjoner på Røros- og Solørbanen

Sammenliknet med Raumabanen er de fleste strekningene som betjenes av de ulike gods- og persontogproduktene på Røros- og Solørbanen lengre. Det er derfor begrenset hva som er mulig å oppnå gjennom tilrettelegging for stasjonær lading. Figur 11.25 viser forutsatt energiforbruk per avgang i K3 Batteri.

Basert på batteristørrelser som i KVV er forutsatt tilgjengelig innen 2033, vil stasjonær lading på Røros kunne bidra til en reduksjon i dieselforbruket for regiontog Hamar-Røros på 15-20 % og 20-

30 % for regiontog Røros-Trondheim. Det er neppe tilstrekkelig til å forsvare investeringer i kjøretøy med hybrid (diesel/batteri) energiforsyning og stasjonære ladestasjoner.

Figur 11.25 Beregnet energiforbruk per avgang, K3 Batteri Røros- og Solørbanen



Kilde: Vista Analyse

Figuren viser energiforbruk for godstog (tømmertog) på strekningen Kongsvinger-Koppang, men flertallet av tømmertogene kjører vesentlig kortere distanser, fra Kongsvinger til Braskereidfoss, Vestmoen (Elverum) og Hovdmoen (Rena). På disse strekningene vil en store andeler av diesel-forbruket kunne erstattes av elektrisitet ved overgang til hybrid (diesel/batteri) lokomotiver, men også her er det usikkerhet knyttet til om det vil være økonomisk forsvarlig for operatørene. Dette forsterkes av at det er flere ulike operatører involvert i tømmertransportene, med hver sine lokomotiver.

11.5.3 Behov for avklaringer på Røros- og Solørbanen

I dette arbeidet har vi vurdert tiltak for utslippsreduksjoner på Røros- og Solørbanen med utgangspunkt i en videreføring av dagens bruk av banestrekningen, som er i utvikling. Stortinget fattet i november 2023 vedtak om bestilling av nye fjerntog til strekningen. Det pågår også diskusjoner om bane-strekningens rolle innenfor det nasjonale jernbanenettet, for å bedre både kapasitet og redundans på jernbanen mellom Østlandet og Trøndelag/Nord-Norge. Videre arbeid med utslippsreduksjoner på Rørosbanen bør derfor sees i sammenheng med – og inngå som en del av utredning av – disse forholdene.

Nye persontog er større og har høyere utlipp

Etter at KVV Green var ferdigstilt vedtok Stortinget i november 2023 å be

«regjeringen så raskt som mulig fremme forslag om å gi Norske tog handlingsrom til å kunne bestille nye fjerntog til Rørosbanen. Bestillingen knyttes til anskaffelsen Norske tog gjennomfører for flere av de andre fjerntogstrekningene. Videre bes regjeringen sikre universell utforming av alle togsett som benyttes på norske jernbanestrekninger.»

(Stortinget, 2023).

Stortingets vedtak innebærer sannsynligvis økonomiske konsekvenser som overstiger terskelverdien på 1 mrd. kroner i Statens prosjektmodell. Videre er forslaget basert på ønsker om at togtilbudet på Rørosbanen i større grad skal bli gjennomgående Oslo-Trondheim.

Togsettene Stortinget har vedtatt for bruk på Rørosbanen er i utgangspunktet bimodale KL/dieseltog, og har en setekapasitet og drivstofforbruk som er 2-4 ganger høyere enn kjøretøyene som benyttes på banestrekningen i dag. Vi er ikke kjent med om det foreligger konkrete

planer for hvordan togsettene tenkes brukt på Rørosbanen, men de vil føre til en betydelig økning av klimagassutslippene på strekningen.

Med mindre innføringen av nye togsett gir en vesentlig økning i trafikkgrunnlaget på Rørosbanen vil anskaffelsen medføre sterkt økte kostnader og begrenset nytte for persontrafikken. Kostnadene ved en senere overgang til hydrogen- eller batterikjøretøy (med tilsvarende kapasitet) vil også øke.

Økningen i klimagassutslipp som følger med de nye fjerntogene vil bidra til at tiltakskostnaden per tonn reduksjon i klimagassutslipp fra Rørosbanen reduseres i disse konseptene, men neppe i tilstrekkelig grad til å påvirke rangeringen av konseptene.

Elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer kan frigjøre nyere togmateriell (Type 76) som har større kapasitet og høyere komfort enn kjøretøyene som brukes på Rørosbanen i dag. Anskaffelseskostnadene per togsett for Type 76 er under halvparten av kostnadene for fjerntogsett, energiforbruk/klimagassutslipp er også vesentlig lavere. Omdisponering av Type 76 i stedet for innkjøp av nye fjerntogsett vill derfor være svært gunstig, både økonomisk og som utslippsreducerende tiltak.

Redundans

Rørosbanen representerer en alternativ rute mellom Østlandet og Trøndelag/Nord-Norge. Det gjør det enklere å håndtere avvikssituasjoner, eksemplifisert ved overføring av godstransport fra Dovrebanen til Rørosbanen som følge av linjebuddet ved Randklev bru. Det gjør det også enklere å gjennomføre vedlikeholdstiltak på Dovrebanen. Vurderingen av redundans inngår i vårt arbeid under ikke-prissatte virkninger (kapittel 11.7).

Økt transportkapasitet Oslo-Trondheim

Transportkapasiteten på deler av Dovrebanen i dag høyt utnyttet, og det kan være behov for å tilrettelegge for økt kapasitet for å dekke økende transportbehov i årene framover. Et alternativ kan da være å tilrettelegge for overføring av deler av transportene til Rørosbanen. En slik løsning vil øke nytten av tiltak for utslippsreduksjoner på Rørosbanen, avhengig av valg av løsning vil også verdien av enhetlig energiforsyning (i praksis kontaktledning) kunne øke.

11.6 Konsekvenser for kjøretøystrategi

For å realisere nyttepotensialet av tilrettelegging av infrastrukturen for utslippsfrie kjøretøy forutsettes at det anskaffes kjøretøy tilpasset infrastrukturen i de ulike konseptene. I KVV Green er det forutsatt at tilpassede kjøretøy er på plass fra det tidspunkt infrastrukturen er tilrettelagt. Vi har lagt samme forutsetning til grunn for våre beregninger. Muligheten for å realisere dette varierer mellom de ulike konseptene fordi det, i ulik grad, vil være nødvendig å bytte ut kjøretøyparken. Utfordringene vil være klart større med K2 Hydrogen og K3 Batteri enn i K1 Biodiesel og K4 Elektrifisering. Ved en overgang til batteridrift er det derfor viktig å utvikle en kjøretøystrategi som avveier merkostnader knyttet til tidlig innfasing av nye kjøretøy mot nyttetap etter at tilrettelagt infrastruktur er ferdigstilt.

Hovedpunkter for kjøretøystrategi fra beregningen av prissatte konsekvenser:

- Elektrifisering av strekningen Steinkjer-Stjørdal er samfunnsøkonomisk lønnsom. Utbyggingen frigjør 12 bimodale (KL/diesel) regiontogsett.
- K3 Batteri med delelektrifisering peker seg ut som det klart beste konseptet på Nordlandsbanen, men beregnet tiltakskostnad er så høy at en utsatt gjennomføring ikke har store konsekvenser. Vår analyse viser videre at samfunnsøkonomisk lønnsomhet kan forbedres og tiltakskostnadene reduseres betydelig dersom:
 - Lengden på batteristrekningene kan økes og/eller
 - Merkostnadene for batterikjøretøy (ut over batterikostnadene) reduseres
- På Raumabanen og Røros- og Solørbanen er tiltakskostnadene høye og ingen av vurderte konsept samfunnsøkonomisk lønnsomme.

Tabell 11.10 viser en oversikt over kjøretøy fordelt på banestrekninger og type. Av tabellen går det fram at antall kjøretøy på Nordlandsbanen er større enn på de andre banestrekningene til sammen.

Tabell 11.10 Antall kjøretøy forutsatt i alternativene i vår analyse

	Nordlandsbanen	Raumabanen	Røros- og Solørbanen	Sum
Regiontog i distrikt (RiD)	6	3	6	15
Regiontog	12	-	2	14
Fjerntog	4	-	-	4
Godslokomotiver	10	1	6	17

Kilde: Vista Analyse

11.6.1 Persontog

Persontog som benyttes av operatører på det norske jernbanenettet eies i stor grad av det statlige selskapet Norske tog. Togsettene har lang levetid (30 år) og tilpasses i noen grad til norske forhold (infrastruktur, værforhold mv.). Med statlig eierskap vil staten bære (de ekstra) kostnadene ved anskaffelse av nye kjøretøy tilpasset infrastrukturen i de ulike konseptene, også når dette ikke er lønnsomt fra et bedriftsøkonomisk perspektiv.

Persontogene som benyttes på strekningene uten kontaktledning i dag kan deles inn i tre typer:

- Regiontog i Distrikt (RiD) er togsett med om lag 100 sitteplasser. Norske Tog har i dag 15 dieseldrevne togsett av [Type 93](#) som benyttes på Rørosbanen (6), Raumabanen (3) og Nordlandsbanen (6). Togene er levert i årene 2000-2002, og planlegges erstattet av nye togsett ca. 2030 (Norske tog, 2019).
- Regiontog er togsett med om lag 250 sitteplasser. Norske tog fikk i 2021 levert 14 togsett av [Type 76](#), hvorav 12 benyttes på strekningen Steinkjer-Melhus (Nordlandsbanen) og 2 på strekningen Hamar-Røros (Rørosbanen). Type 76 er bimodale (kontaktledning, diesel), men er også utstyrt med et mindre batteri (112 kWh) som kan supplere dieselmotoren ved akselerasjon og lagre bremseenergi, men også benyttes alene til å flytte togsettet over korte avstander og med lav hastighet. Teknisk sett betegner vi derfor Type 76 som 'bimodale' togsett, men hvor en av de to alternative framdriftsalternativene er en hybrid (batteri/diesel). KVU velger betegnelsen 'hybrid' siden batteriene har et begrenset bruksområde. Togsettene er tyngre og har flere sitteplasser enn togsettene de erstatter. Selv om deler av strekningen

nå kjøres under kontaktledning, har fornyelsen derfor likevel bidratt til økte klimagassutslipp.

- Fjerntog. I dag benyttes diesellokomotiv og passasjervogner i fjerntogene på Nordlandsbanen. Norske Tog har under bestilling nye tog til alle fjerntogstrekningene i Norge.²⁷ Av disse skal fire benyttes på Nordlandsbanen. Togsettene skal leveres av Stadler, som også har levert Type 76. I utgangspunktet er togsettene for Nordlandsbanen planlagt bimodale (kontaktledning, diesel/batteri), men det kan være muligheter for endringer fram mot levering av togsettene. Togsettene har større kapasitet enn materiellet (lokomotiv + vogner) som i dag benyttes på strekningen og bidrar derfor til økt energibruk og økte klimagassutslipp på dieselstrekninger.

Persontogparken som benyttes på dieselstrekningene i dag består altså både av nyanskaffede kjøretøy (regiontog), kjøretøy under bestilling (fjerntog) og kjøretøy som bør skiftes ut i løpet av 5–10 år (regiontog i distrikt). Avhengig av tidspunkt for beslutning om og gjennomføring av nødvendige tilpasninger i infrastrukturen for framtidig teknologisk løsning kan det være mulig å tilpasse spesifikasjonene for nye fjerntog og Regiontog i distrikt.

Fjerntogene vil ha en levetid fram mot 2060. Dersom de skal brukes på Nordlandsbanen i hele denne perioden, bør det derfor legges til rette for at togsettene har batteridrift (evt. hybrid batteri/diesel) selv om togsettene i utgangspunktet er spesifisert som bimodale KL/diesel-kjøretøy.

Neste trinn i materiellfornyelsen er utskifting av Type 93 (Regiontog i Distrikt) som i dag benyttes på Nordlandsbanen, Raumabanen og Rørosbanen. Dersom Type 93 skal erstattes av samme type tog for bruk på de tre banestrekningene, må de erstattes av bimodale hybridtog (KL + batteri/diesel). For at fornyelsen skal bidra til reduserte utslipp er det videre viktig at det legges større vekt på togsettenes vekt og kapasitet enn hva som har vært tilfelle ved anskaffelse av Type 76 og nye fjerntog til Nordlandsbanen.

Utviklingen av batterikjøretøy er kommet lengst for mindre persontog. Det er derfor sannsynlig at det innen 2032 vil være tilgjengelig kjøretøy som kan møte behovene på de ulike banestrekningene. Dersom dette medfører høye kostnader, kan et alternativ være å utsette innkjøpene og akseptere høyere vedlikeholdskostnader for Type 93 i noen år.

Ved elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer kan 12 bimodale regiontogsett frigjøres for bruk på andre banestrekninger. En mulighet kan da være å utsette bestillingen av nye Regiontog i Distrikt i noen år dersom dette kan gi reduserte kostnader og/eller bedre ytelser (rekkevidde) ved overgang til batteritog. En ulempe med denne løsningen er at Type 76 er større og har et energiforbruk som er dobbelt så stort som Type 93, dvs. at klimagassutslippene i en periode vil øke.

Det kan også være en mulighet å bygge om Type 76 for bruk på deelektrifiserte strekninger. I forbindelse med bestillingen av togsettene la Jernbanedirektoratet vekt på at «*mellomvogna kan utstyres på flere måter for å levere strøm til togets elektriske motorer, med drivstoff som diesel, gass, hydrogen eller batterier. Fleksibiliteten gjør at moderne teknologi kan tas i bruk så snart den er velprøvd og pålitelig nok*» (Jernbanemagasinet, september 2017, 2017).

²⁷ <https://www.norsketog.no/prosjekter/nye-fjerntog>

11.6.2 Godslokomotiver

I godstrafikken er det konkurranse mellom ulike operatører som ikke kan forventes å ta i bruk nullutslippsløsninger hvis det ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt. Dersom nye lokomotiver gir betydelig økte kostnader, er det usikkert om ny teknologi vil tas i bruk uten at det gis insentiver i form av offentlig støtte eller krav.

Godsoperatørene leaser i stor grad lokomotivene på kontrakter med varighet 3-4 år og, sammenliknet med persontog, er det en større grad av standardisering, slik at lokomotivene i større grad kan benyttes i flere land uten ombygging/tilpasning. Organiseringen av markedet for godslokomotiver innebærer derfor at det bare er mulig å få til en rask omstilling til ny teknologi dersom:

- a. dette er kostnadseffektivt for godsoperatørene og
- b. teknologien også tas i bruk i andre land.

Godslokomotiver kan tilrettelegges for batteridrift ved batteri integrert i lokomotivet, det kan bygges batterilokomotiv som kobles sammen med et annet lokomotiv eller det kan brukes battericontainer som settes på en godsvogn. De ulike løsningene har ulik ytelse, kostnader og operative begrensninger, og er i begrenset grad utprøvd i praksis.

11.6.3 Teknologisk utvikling

Tilgjengeligheten på kjøretøy for batteri- og hydrogendrift er foreløpig hovedsakelig mindre togsett beregnet for lokal- og regiontrafikk, og rekkevidden for de batteridrevne togsettene er begrenset. Det er et stort marked for denne typen togsett i Europa fordi det er mange relativt korte strekninger uten kontaktledning. I Tyskland mangler f.eks. 40 % av jernbanenettet kontaktledning, men 80 % av strekningene uten kontaktledning er under 100 km. Motorvognsett med hybridløsninger som kan drives av batteri, hydrogen eller andre nullutslippsløsninger over relativt korte distanser og løsninger for disse markedene prioriteres derfor høyt av kjøretøyleverandørerne.

En sannsynlig utvikling er at batteri- og hydrogendrift gradvis introduseres også for større kjøretøytyper og at batteripakkene blir større og rimeligere (i forhold til energimengden) etter hvert som batteriteknologien utvikles. Det er vanskelig å forutse batterikjøretøyenes ytelser på 10-20 års sikt.

I Norge er banestrekningene uten kontaktledning betydelig lengre enn 100 km, samtidig som antall kjøretøy som behøves for å dekke behovene er begrenset. De teknologiske løsningene som er tatt i bruk i mindre kjøretøy kan skaleres til større kjøretøytyper. Videre kan det forventes at batteriteknologien fortsatt vil utvikles slik at kostnader gradvis reduseres og rekkevidde (batterikapasitet) gradvis økes. Merkostnadene ved bimodale KL/batteri persontog er i vår analyse ca. 35 % utover selve batterikostnadene. En medvirkende årsak til dette er sannsynligvis at utviklingskostnader dekkes inn av en (foreløpig) begrenset produksjon av batterikjøretøy. Med større produksjonsvolumer vil trolig merkostnadene reduseres.

11.6.4 Rammebetingelser

Bimodale hybridkjøretøy (KL + batteri/diesel) vil, særlig i en overgangsperiode, gjøre overgangen til batteridrift enklere fordi det i større grad gjør det mulig å bygge ut infrastrukturen (KL-anlegg)

basert på forventning om teknologiutvikling og fordi det gir et mer pålitelig tilbud. Samtidig kan det antas at hybridkjøretøy vil være noe dyrere i anskaffelse sammenliknet med bimodale (KL + batteri) kjøretøy. Innkjøp av nye dieselskjøretøy må også sees i sammenheng med framtidige rammebetingelser for bruk av diesel og bio-diesel/e-fuel på det norske jernbanenettet. Dersom biodrivstoff i framtiden ikke ansees som en fullverdig løsning for utslippskutt på jernbanen, bør innkjøp av nye dieseldrevne kjøretøy allerede nå begrenses mest mulig.

11.6.5 Oppsummering av kjøretøystrategi

- En beslutning om elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer og videre utvikling av Nordlandsbanen basert på deelektrifisering og batteridrift bør være styrende for kjøretøystrategi også for Rauma-, Røros- og Solørbanen.
- Elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer frigjør 12 bimodale KL/diesel-kjøretøy (Type 76) som kan benyttes på alle strekninger på det norske jernbanenettet. Dette gir fleksibilitet som kan benyttes til å utsette innkjøp av kjøretøy til erstatning for Type 93. Togsettene kan også vurderes bygget om med større batterikapasitet for hybrid framdrift på strekninger uten kontaktledning.
- Inntil batteriteknologien er mer moden, bør hybridløsninger batteri/diesel vurderes
 - For å realisere nytte etter hvert som infrastrukturen bygges ut,
 - For å holde tilbudets pålitelighet på høyt nivå og
 - Fordi det i noen tilfeller kan bidra til økt konkurranse om leveranser til Norske tog.
- De norske strekningene uten kontaktledning representerer et marginalt marked for kjøretøyleverandørene, samtidig er strekningene lengre enn de fleste tilsvarende strekninger i andre europeiske land. Ved deelektrifisering (batterikonseptet) bør det legges vekt på løsninger som samsvarer med løsninger som velges på tilsvarende strekninger i Europa for øvrig.
- Kjøretøyenes vekt har stor betydning for energiforbruket og for utslippene av klimagasser, så lenge diesel benyttes som drivstoff. For å begrense utslippene er det derfor viktig at nye kjøretøy dimensjoneres riktig i forhold til markedsgrunnet på strekningene kjøretøyene skal brukes.

11.7 Ikke-prissatte virkninger

Vi har brukt en verdimatrisetilnærming i vår vurdering av ikke prissatte virkninger (DFØ, 2023). Prinsipielt skiller metoden seg lite fra metoden KVV har benyttet, men for begge dimensjonene i verdimatrisen benyttes en ordinal skala i vurderingen. En fordel med verdimatrisemetoden er at de ulike virkningene vektas eksplisitt og at man gjør en overordnet vurdering av verdien av virkningene per berørt.

I KS1 har vi gjennomført egne analyser basert på verdimatrisemetoden hvor vi til en viss grad tar utgangspunkt i de vurderingene som er gjort i KVV-en for ikke-prissatte virkninger.

11.7.1 Enhetsverdier for ikke-prissatte virkninger

Vi baserer verdsettingen av ulike virkninger på kvalifiserte vurderinger. I tråd med DFØs veileder bør betalingsvillighetsprinsippet, så langt det lar seg gjøre, legges til grunn i verdsettingen av ikke-prissatte virkninger. Tabell 11.11 angir enhetsverdier i henhold til den tredelte skalaen som anbefales i DFØ (2023).

Tabell 11.11 Enhetspriser til vurdering av ikke-prissatte virkninger

	Enhetspris
Pålitelighet	Middels
Sikkerhet	Middels
Friluftsliv	Lav
Naturressurser	Lav
Landskapsbilde	Lav
Naturmangfold	Middels
Kulturarv	Middels

Kilde: Vista Analyse (Inndeling basert på DFØs veileder)

Den nasjonale verdsettingsstudien (Flügel, et al., 2020) beregner trafikanters verdsetting av reisetid og andre egenskaper med reisen. Studien vurderer eksplisitt verdsetting av pålitelighet i reisetid, gjennom mål for henholdsvis usikker i reisetid og forsinket ankomst. Det anbefales at reisetidsvariabilitet (i form av endret standardavvik) vektet med 0,4 sammenlignet med reisetid om bord. Tilsvarende anbefales det en vekt på 2,5 for forsinkelser og ventetid på grunn av innstillinger. I begge tilfeller antyder beregningene en betydelig ekstrakostnad for de reisende som følge av redusert pålitelighet. Tilsvarende finner verdsettingsstudien for godstransport (Halse, et al., 2019) at variabilitet i framføringstid (endring standardavvik) for gods verdsettes tilsvarende 24 % av tidsverdien for godset. Både for person- og godstransport er det dermed betydelig betalingsvillighet for økt punktlighet. Med bakgrunn i dette setter vi enhetsprisen for **pålitelighet** til **middels** i våre analyser.

Uønskede hendelser knyttet til fyllestasjoner for hydrogen eller batterier om bord på tog kan, i tillegg til materielle kostnader, føre til personskader og dødsfall. Med bakgrunn i verdien av et statistisk liv, beskrevet i Finansdepartementets rundskriv R-109/21, setter vi enhetsprisen for **sikkerhet** til **middels** i våre analyser.

I vurderingen av ikke-prissatte virkninger knyttet til **natur og miljø** gjør vi en vurdering av hvorvidt tiltakene i de ulike konseptene fører til reversible eller irreversible endringer. Eksempelvis vil utbygging av omformerstasjoner og fyllestasjoner kunne føre til irreversible virkninger for naturmangfold og kulturminner. For virkninger knyttet til friluftsliv, naturressurser og landskapsbilde vil være større mulighet å tilbakestille disse til opprinnelig stand med avbøtende tiltak. I tillegg vil det eksempelvis for friluftsliv i mange tilfeller eksistere alternativer til rekreasjonsområdene som i en eller annen form får redusert kvalitet i de ulike konseptene. Dette bidrar, isolert sett, å trekke betalingsvilligheten ned for denne virkningen.

Det er gjennomført en rekke studier av betalingsvillighet for miljøgoder. Samtidig vil betalingsvilligheten nødvendigvis være kontekstuell og avhengig av prosjektspesifikke forhold. I KVV-en er infrastrukturtiltakene i de ulike alternativene lokalisert i direkte nærhet til eksisterende jernbaneinfrastruktur. Dette tilsier at det allerede eksisterer betydelige inngrep. Dette, kombinert med

at infrastrukturtiltakene i konseptene er nokså begrensede, gjør at vi tillegger virkninger knyttet til natur og miljø mindre vekt enn det vi ville gjort i et tilfelle med bygging ny skinnegang gjennom et uberørt område. Vi setter enhetsprisen for **naturmangfold og kulturminner** til **middels**. For **fri-luftsliv, naturressurser, landskapsbilde** setter vi enhetsprisen til **lav**.

11.7.2 Omfang av virkninger

Våre vurderinger knyttet til pålitelighet og sikkerhet avviker noe fra vurderingene i KVV. Vi gir derfor en noe mer omfattende drøfting av disse to virkningene enn for virkninger knyttet til natur og miljø, hvor våre vurderinger i vesentlig grad sammenfaller med KVV.

Pålitelighet

Pålitelighet og sikkerhet henger nøye sammen og kan i stor grad vurderes ut fra de samme kriterier: **systemets robusthet, redundans og evne til restitusjon**. Vi vurderer mindre, uforutsette, hendelser som kan oppstå hyppig under begrepet «pålitelighet», mens «sikkerhet» brukes om hendelser som påvirker systemets evne til å levere tjenester over lengre tidsrom.

Utslippsreduksjoner søkes i konseptene oppnådd gjennom ulike kombinasjoner av tiltak på kjøretøy og energiforsyning. Bane Nor utarbeider årlige punktlighetsrapporter (Bane NOR, 2023) som viser årsaker til forsinkelser og banestrekninger fordelt på strekninger og separat for persontog og godstog. 40 % av forsinkelsestimene er følgeforsinkelser, mens 60 % av forsinkelsene kan knyttes direkte til en hendelse knyttet til forhold som f.eks. kontaktledningsanlegg eller feil på kjøretøy.

For persontog kan feil på kjøretøy knyttes til 5-6 % av forsinkelsestimene, mens feil på KL-anlegg kan knyttes til 4-5 % av forsinkelsestimene. Andelen som kan knyttes til feil på kjøretøyene er ikke høyere i Midt- og Nord-Norge hvor det hovedsakelig benyttes dieselskjøretøy og bimodale (KL/diesel) kjøretøy.

Sammenliknet med persontog er feil på kjøretøy årsak til en større andel av forsinkelsene og feil på KL-anlegg årsak til en mindre andel av forsinkelsene for godstog. Følgeforsinkelsene utgjør også en mindre andel av samlede forsinkelser fordi godstrafikken i mindre grad enn persontrafikken gjennomføres i perioder med høy kapasitetsutnyttelse.

Vi antar at feil ved energiforsyning og motor bare utgjør en mindre andel av det som registreres som feil på kjøretøy. Det er derfor grunnlag for å anta at ekstern energiforsyning er en noe mindre robust løsning enn kjøretøy med intern energiforsyning. Isolert sett tilsier dette at K3 Batteri og K4 Elektrifisering er noe mindre robust sammenliknet med øvrige konsepter.

Påliteligheten påvirkes også av kjøretøyenes energiforsyning. Her går et viktig skille mellom kjøretøy med unimodale og bimodale (to uavhengige) løsninger for energiforsyninger, og påvirkes også av om løsningene er hybride (to løsninger som samspiller) eller singulære. Tabell 11.12 gir en oversikt over hva som er forutsatt av tiltak i ekstern energiforsyning (kontaktledning) og kjøretøyenes energiforsyning i de ulike konseptene.

Tabell 11.12 Energiforsyning infrastruktur og kjøretøy

	K0 Fossil diesel	K1 Biodiesel	K2 Hydrogen	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
Ekstern energiforsyning, tiltak	Ingen tiltak	Ingen tiltak	Hydrogen-depot	KL, delvis	KL, full
Energiforsyning kjøretøy	Bimodal KL/diesel	Bimodal KL/diesel	Bimodal KL/hydrogen	Bimodal KL/batteri	Unimodal
Intern energiforsyning, kjøretøy	Hybrid diesel/batteri	Hybrid diesel/batteri	Hydrogen	Batteri	Ingen

Kilde: Vista Analyse

Teoretisk framstår bimodale kjøretøy som mer robuste sammenliknet med unimodale kjøretøy fordi det kan være mulig å bytte energiforsyning dersom det oppstår feil i den eksterne energiforsyningen (kontaktledning). Flexibiliteten gjelder kun på strekninger med kontaktledning og avhenger også av størrelsen på energilageret i kjøretøyene. Tilsvarende er kjøretøy med hybridløsning noe mer robuste i tilfeller hvor den interne energiforsyningen svikter. Det kan derfor argumenteres for at løsningene i K0 Fossil diesel, K1 Biodiesel og K3 Batteri i større grad enn løsningene i K2 Hydrogen og K4 Elektrifisering gjør det mulig å fortsette fram til nærmeste stasjon dersom kjøretøyene får stans på linjen.

Kjøretøyene har større trekraft under kontaktledning. Dette gir bedre akselerasjon, noe som muliggjør kortere framføringstid og/eller raskere innhenting av forsinkelser. Kortere framføringstid inngår i vår analyse og i den samfunnsøkonomiske analysen i KVU blant prissatte konsekvenser for K3 Batteri og K4 Elektrifisering. Vi inkluderer derfor ikke denne gevinsten under ikke-prissatte konsekvenser da det vil være en form for dobbeltregning av nytte.

Sikkerhet

Hendelser som påvirker systemets evne til å levere tjenester over et lengre tidsrom kan skyldes uhell eller skader på deler av systemet, eksterne faktorer som flom og sabotasje, men kan også være en følge av planlagt vedlikehold eller oppgradering av strekningene.

Både elektrifisering og etablering av hydrogenfyllestasjoner bidrar til å redusere sikkerheten noe, fordi systemet blir mer komplisert. Vi vurderer virkningen som ubetydelig ved (del-)elektrifisering, men noe større ved etablering av hydrogenfyllestasjoner.

Systemets redundans omfatter både kvaliteten på alternative løsninger dersom banestrekningen ikke kan levere tjenester som planlagt og banestrekningens evne til å virke som alternativ løsning for framføring dersom andre banestrekninger (evt. også øvrige deler av transportnettverket) ikke fungerer som planlagt.

Av banestrekningene som analyseres, har Nordlandsbanen de klart største utfordringene knyttet til redundans. Det fraktes store godsvolumer på banen og det kan være utfordrende å etablere gode alternative transportløsninger (godstransport på vei eller på bane fra Narvik).

Rørosbanens (og Solørbanens) evne til å fungere som alternativ transportrute for Dovrebanen vil kunne påvirkes ulikt i de ulike konseptene og avhengig av valg av løsninger på andre banestrekninger. Så lenge det brukes dieselskjøretøy på andre banestrekninger vil det, ved behov, være mulig å flytte noen av disse over til Rørosbanen. Dersom Nordlandsbanen bygges ut etter K3 Batteri,

vil det på lengre sikt gjøre tilgangen på dieselskjøretøy vanskeligere og redusere Rørosbanens evne til å fungere som alternativ rute for Dovrebanen i avvikssituasjoner.

Tabell 11.13 oppsummerer vår vurdering av virkninger på pålitelighet og sikkerhet på en syv-punkts ordinal skala som går fra *stort negativt* til *stort positivt*.

Tabell 11.13 Vurdering av omfang av virkninger for pålitelighet og sikkerhet

	Nordlandsbanen						Raumabanen						Røros- og Solørbanen					
	Pålitelighet			Sikkerhet			Pålitelighet			Sikkerhet			Pålitelighet			Sikkerhet		
	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4
Stort negativt																		
Middels negativt																		
Lite negativt	•	•	•	•			•	•	•				•	•	•			
Hverken eller					•	•				•	•	•				•	•	•
Lite positivt																		
Middels positivt																		
Stort positivt																		

Kilde: Vista Analyse

Natur og miljø

I Tabell 11.14 til Tabell 11.17 angir vi omfanget av virkningene på natur og miljø, basert på en syv-punkts ordinal skala som går fra *stort negativt* til *stort positivt*. For virkninger knyttet til natur og miljø innebærer vurderingene en konvertering av de kvantifiserte virkningene i KVU, hvor vi også tar høyde for drøftinger rundt reelt omfang av virkningene og usikkerhetsanalysen.

Tabell 11.14 Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Nordlandsbanen

	Friluftsliv			Naturressurser			Landskap			Naturmangfold			Kulturarv		
	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4
Stort negativt															
Middels negativt	•	•	•					•	•						
Lite negativt				•	•	•	•						•	•	•
Hverken eller										•	•	•			
Lite positivt															
Middels positivt															
Stort positivt															

Kilde: Vista Analyse

Tabell 11.15 Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Raumabanen

	Friluftsliv			Naturressurser			Landskap			Naturmangfold			Kulturarv		
	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4
Stort negativt															
Middels negativt	•	•	•						•						
Lite negativt								•					•	•	•
Hverken eller				•	•	•	•			•	•	•			
Lite positivt															
Middels positivt															
Stort positivt															

Kilde: Vista Analyse

Tabell 11.16 Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Rørosbanen

	Friluftsliv			Naturressurser			Landskap			Naturmangfold			Kulturarv		
	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4
Stort negativt															
Middels negativt	•		•					•	•						
Lite negativt					•	•	•			•			•	•	•
Hverken eller		•		•							•	•			
Lite positivt															
Middels positivt															
Stort positivt															

Kilde: Vista Analyse

Tabell 11.17 Vurdering omfang av virkninger på natur og miljø, Solørbanen

	Friluftsliv			Naturressurser			Landskap			Naturmangfold			Kulturarv		
	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4	K2	K3	K4
Stort negativt															
Middels negativt								•	•						
Lite negativt	•												•	•	•
Hverken eller		•	•	•	•	•	•			•	•	•			
Lite positivt															
Middels positivt															
Stort positivt															

Kilde: Vista Analyse

Som påpekt i DFØs (2023) vil vurderinger av kvantifiserte virkninger innenfor verdimatrisemetoden nødvendigvis være preget av skjønnsmessige vurderinger. Dette gjelder også i våre vurderinger, hvor vi gjennomfører kvalitative vurderinger for hver enkelt virkning. Det har likevel vært en målsetning at vurderingene av omfang skal være sammenlignbare på tvers av virkninger og banestrekninger. Videre mener vi at våre vurderinger er konsistent med antagelsen om at de ikke-prissatte virkningene er relativt små for de ulike konseptene. Dette synliggjøres ved at vi ikke benytter de ytre punktene i skalaen.

11.7.3 Samlet vurdering av ikke-prissatte virkninger

I henhold til verdimatrisen finner vi den samlede verdien for de ulike ikke-prissatte virkningene ved å kombinere vurderinger om enhetsverdier og omfanget av virkninger. De ikke-prissatte virkningene er små (fra ingen/ubetydelig virkning til liten negativ virkning) for alle banestrekninger. Flere detaljer og verdimatrisene for alle banestrekningene finnes i vedlegg G.

Tabell 11.18 viser rangeringen av konseptene for alle banestrekningen.

Tabell 11.18 Rangering konseptene etter ikke-prissatte virkninger

	K1 Biodiesel	K2 Hydrogen	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
Nordlandsbanen	1	4	2	3
Raumabanen	1	2	3	4
Rørosbanen	1	4	2	3
Solørbanen	1	2	3	3

Kilde: Vista Analyse

Ettersom samtlige øvrige konsepter innebærer ulike grader av negative ikke-prissatte virkninger vil de for samtlige banestrekninger være rangert dårligere enn K1 Biodiesel. Vi begrenser derfor drøftingene til K2 Hydrogen, K3 Batteri og K4 Elektrifisering.

- For Nordlandsbanen rangerer vi K3 Batteri og K4 Elektrifisering likt i henhold til verdimatrisen. Vi rangerer likevel K3 foran K4 siden dette konseptet påvirker landskapsbildet til færre husholdninger negativt. Den negative virkningen på sikkerhet gjør at vi rangerer K2 Hydrogen nederst.
- For Raumabanen rangerer vi K2 Hydrogen og K3 Batteri likt i henhold til verdimatrisen. Av disse rangerer vi K2 Hydrogen likevel høyest ettersom dette konseptet påvirker landskapsbildet negativt for noe flere husholdninger. Av samme årsak rangerer vi K4 Elektrifisering lavest.
- For Rørosbanen rangerer vi K3 Batteri høyere enn K2 Hydrogen og K4 Elektrifisering med bakgrunn i en helhetsvurdering av de samlede ikke-prissatte virkningene. K2 Hydrogen rangeres dårligere enn K4 Elektrifisering siden naturmangfoldet i noe større grad påvirkes for dette konseptet.
- For Solørbanen rangerer vi K2 Hydrogen over K3 Batteri og K4 Elektrifisering siden dette konseptet har minimale virkninger på landskapsbildet, sammenlignet med de andre konseptene. Videre rangerer vi K3 Batteri og K4 Elektrifisering likt ettersom de ikke-prissatte virkningene er identiske for disse konseptene.

Vår rangering av konsepter etter de ikke-prissatte virkningene samsvarer i stor grad med KVU sin rangering. Dette tilsier at verdiene vi tillegger ulike virkninger er i samme størrelsesorden som KVU. Forskjellen av størst betydning i våre vurderinger og KVU sine vurderinger er knyttet til virkninger av ulike konsepter på pålitelighet. Dette gir samtidig ikke vesentlig utslag på rangeringen, ettersom forskjellene mellom konseptene for denne virkningen er relativt lik i vår vurdering og KVU-ens vurdering.

Vi vurderer omfanget av ikke-prissatte virkninger for samtlige banestrekningene til å være relativt begrenset. Dette tilsier at ikke-prissatte virkninger bør vektas lavt i den samfunnsøkonomiske analysen, og at rangeringen av konseptene i den samfunnsøkonomiske analysen i vesentlig grad bør følge rangeringen etter prissatte virkninger.

11.8 Fordelingsvirkninger

En viktig fordelingsvirkning er hvordan de totale kostnadene fordeles mellom investeringer i infrastruktur og investeringer i kjøretøy og høyere driftskostnader. I K4 Elektrifisering tar det offentlige en stor del av kostnaden ved å investere i infrastruktur som operatørene lavere kostnader i kjøretøy-, drift- og energikostnader. Det samme gjelder til en viss grad i K3 Batteri, hvor også investeres mye i kontaktledning, men batteriene gjør kjøretøy- og driftskostnadene noe høyere. I K2 Hydrogen er en større andel av kostnadene lagt på operatørene i form av høyere kjøretøy-, drifts og energikostnader. I K1 Biodiesel er det operatørene som bærer hele kostnaden, ettersom konseptet ikke har noen investeringer i infrastruktur.

Detaljerte fordelingsvirkninger av de prissatte-virkningene er presentert i hovedtabeller for samfunnsøkonomisk lønnsomhet i vedlegg G.

11.9 Usikre forutsetninger

Det er betydelig usikkerhet knyttet til sentrale forutsetninger i de samfunnsøkonomiske analysene, både når det gjelder rammebetingelser og teknologisk utvikling.

11.9.1 Dieselaavgifter og innblanding av biodrivstoff

I Nullalternativet forutsetter vi innblanding av 10 % biodiesel og videreføring av avgiftsnivå fra 2023 på diesel i konseptenes levetid på 75 år. Samtidig forutsetter langsiktige planer at transportsektoren skal være utslippsfri innen 2050 (Miljødirektoratet, 2022) og det er varslet at innblandingskravet vil øke etter hvert som omsetningen av fossil diesel reduseres (Klima- og Miljødepartementet, 2021). Det er derfor stor sannsynlighet med omfattende endringer i rammebetingelsene for Nullalternativet i årene framover, i form av økte avgifter på drivstoff og/eller økte krav til innblanding av biodrivstoff.

Økte avgifter på drivstoff vil i liten grad påvirke rangeringen av konsepter eller tiltakskostnader direkte. For godsoperatørene vil det gi økt lønnsomhet ved gjennomføring av tiltak for utslippsreduksjoner samtidig som konkurranseflatene mot alternative transportformer påvirkes. Virkningene av dette drøftes nærmere i kapittel 11.9.4.

Økende krav til innblanding av biodrivstoff vil redusere klimagassutslippene i K0 Nullalternativet. Dermed vil tiltakskostnadene øke for alle konsepter som har høyere tiltakskostnader enn biodrivstoff, mens tiltakskostnaden vil reduseres for konsepter med lavere tiltakskostnader enn biodrivstoff. Det siste gjelder bare K3 Batteri på Nordlandsbanen.

11.9.2 Utvikling i karbonpriser

Finansdepartementets karbonprisbaner reflekterer anslag på kostnadene ved å oppnå nasjonale mål om utslippsreduksjoner. Flere analyser peker på at karbonprisbanene er lavere enn det som er nødvendig for å realisere internasjonale klimamål og for lave til å oppnå nasjonale mål om utslippskutt innen 2030, se f.eks. (Rosendahl & Wangsness).

Vår samfunnsøkonomiske analyse (og analysen i KVU) viser at tiltakskostnadene ved utslippskutt i jernbanesektoren er vesentlig høyere enn det som tidligere har vært lagt til grunn i Klimakur 2030 (Miljødirektoratet, Enova, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet og NVE, 2020). Også dette er en indikasjon på at karbonprisene kan være for lave.

Følsomhetsanalysene med høyere karbonpris øker samfunnsøkonomisk lønnsomhet like mye i alle konsepter, men påvirker ikke rangeringen mellom konseptene. K1 Biodiesel blir samfunnsøkonomisk lønnsomt både på Raumabanen og Røros- og Solørbanen, øvrige konsept forblir ulønnsomme.

11.9.3 Teknologisk utvikling

Det er store forskjeller mellom konseptene når det gjelder teknologisk modenhet. K0 Nullalternativet, K1 Biodiesel og K4 Elektrifisering baseres på kjent teknologi, mens K2 Hydrogen og K3 Batteri innebærer å kjøpe inn kjøretøy som *ikke* finnes på markedet i dag. Kostnader og løsninger er basert på innspill fra leverandørmarkedet om forventet fremtidig utvikling, og har betydelig usikkerhet knyttet til seg.

I K2 Hydrogen er det en tilleggsdimensjon ved at det også må etableres hydrogen-fyllstasjoner med tilkobling til hovedspor. Slike løsninger finnes det kun et fåtall av i Europa i dag, og det mangler generelt regelverk for bruk av hydrogen i jernbanesammenheng. K2 Hydrogen utpeker seg som det mest utfordrende konseptet, og er også det konseptet med høyest usikkerheten i investeringskostnaden.

K3 Batteri vurderes å være mindre utfordrende enn K2 Hydrogen. Batteriteknologi, i motsetning til hydrogen, benyttes i større grad i jernbanens kjøretøy i dag, men i begrenset form. Usikkerheten i K3 Batteri er derfor mer knyttet til skalerbarheten i eksisterende løsninger, enn helt nye løsninger.

Usikkerheten knyttet til teknologisk utvikling i de to konseptene kan både ha bidratt til over- og undervurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet og tiltakskostnader ved de to konseptene. Utsatt gjennomføring vil kunne redusere denne usikkerheten.

11.9.4 Konkurransflater innenfor godstransport

Godsoperatørene er selv ansvarlige for sitt materiell, noe som gjør nyttevirkningene i form av utslippsreduksjoner usikre i alle konsepter, særlig på kort sikt. Generelt er usikkerheten også større i konseptene med høyere driftskostnader, dvs. K3 Batteri og K2 Hydrogen. K1 Biodiesel har også høyere driftskostnader, men det knyttes alene til energiprisene, og vi vurderer derfor handlingsrommet til å være noe større som reduserer denne usikkerheten. Det er også noe usikkerhet knyttet til netto nyttevirkningene for persontrafikken ettersom det er besluttet kjøp av nytt kjøretøymateriell.

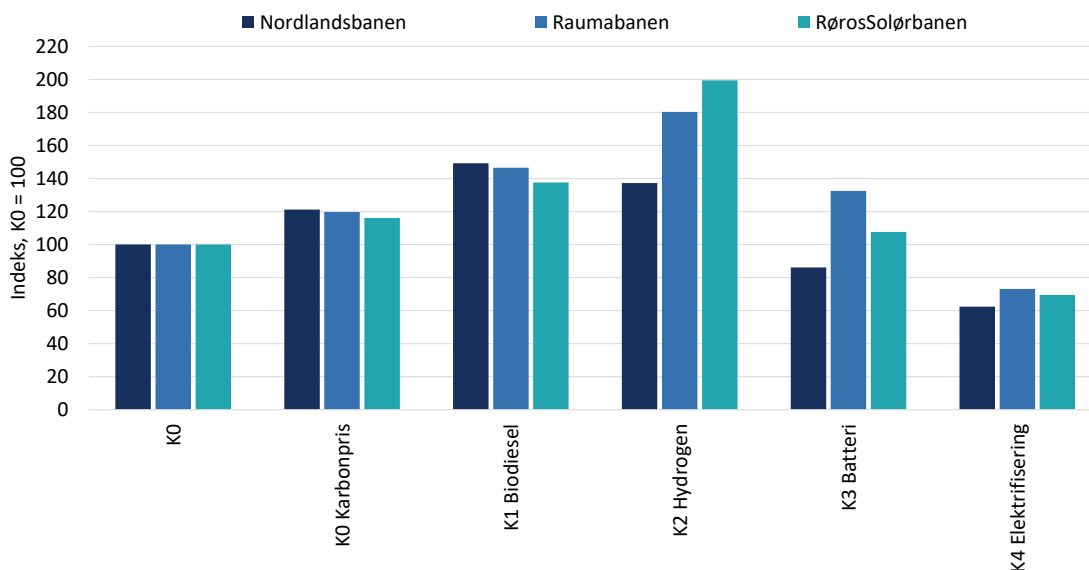
Godstrafikk på jernbanen er konkurranseutsatt, med konkurranseflate mot andre transportformer, mens persontrafikken er statlig støttet (subsidiert). Konkurransen mellom godstransport på bane og vei er sterk for kombitransport og tømmertransport. Samtidig vil tungtransport på vei sannsynligvis omstilles til nullutslipp raskere enn godstransport på bane, og på kort sikt vil også kostnadene knyttet til omstilling være lavere. Godstransport er dermed mer følsom for endringer

i driftskostnader og kundegrunnlaget. Dette gir en interessekonflikt med hensyn til økonomisk risiko assosiert med valg av energibærere.

Forskjellen i godsoperatørens kostnader i de forskjellige konseptene er illustrert i Figur 11.26. Det framgår at elektrifisering vil gi en betydelig reduksjon i operatørens kostnader på alle banestrekninger, dvs. at jernbanens konkurransevne relativt til andre transportformer styrkes sammenliknet med dagens situasjon.

- For K3 Batteri beregner vi en reduksjon i operatørens kostnader på Nordlandsbanen, men en økning i kostnadene på de andre banestrekningene. Forskjellene kan forklares med at godslokomotivene utnyttes mer effektivt på Nordlandsbanen.
- K1 Biodiesel og K2 Hydrogen innebærer betydelige kostnadsøkninger for operatørene på alle banestrekninger, dvs. at jernbanens konkurransevne svekkes innenfor godstransport dersom det ikke iverksettes tiltak for å motvirke dette.
- K0 Karbonpris viser kostnader for operatørene under forutsetning av at avgiftene på diesel utvikles i takt med karbonprisbanen. Vi ser at operatørens kostnader i dette tilfelle blir lavere enn for K1 Biodiesel og K2 Hydrogen på alle banestrekninger og høyere enn K4 Elektrifisering på alle banestrekninger.

Figur 11.26 Kapitalkostnader (lokomotiver) og energikostnader for godstransport



Kilde: Vista Analyse

11.10 Samlet vurdering og anbefaling, inkludert rangering

Det er store forskjeller i prissatte konsekvenser mellom de ulike konseptene; forskjellene i ikke-prissatte konsekvenser vurderes å være klart mindre. Vår samlede rangering av konseptene i Tabell 11.19 reflekterer derfor i stor grad rangeringen basert på netto nåverdi for de ulike konseptene.

På Nordlandsbanen rangerer vi K3 Batteri foran K0 Fossil diesel (Nullalternativet) selv om konseptet ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Dette har sammenheng med at tiltakskostnaden (kr/tonn redusert CO₂-utslipp) er klart lavere enn i K1 Biodiesel.

K2 Hydrogen rangeres på Nordlandsbanen og Raumabanen lavere enn rangeringen basert på prissatte konsekvenser. Begrunnelser for dette er at det må regnes med noe lavere nytte i K2 Hydrogen siden vi ikke har tatt hensyn til nyttetap i forbindelse med bytte av kjøretøy og at K2 Hydrogen kommer gjennomgående dårlig ut i rangering basert på ikke-prissatte virkninger.

Tabell 11.19 Rangering av konseptene (rangering av prissatte/ikke-prissatte virkninger angitt i parentes)

Rangering	Nordlandsbanen	Raumabanen	Røros- og Solørbanen*
1	K3 Batteri (2/2)	K0 Fossil diesel (1/1)	K0 Fossil diesel (1/1)
2	K0 Fossil diesel (1/1)	K1 Biodiesel (2/1)	K1 Biodiesel (2/1)
3	K1 Biodiesel (3/1)	K2 Hydrogen (3/2)	K3 Batteri (3/2)
4	K2 Hydrogen (4/4)	K3 Batteri (4/3)	K2 Hydrogen (4/4)
5	K4 Elektrifisering (5/3)	K4 Elektrifisering (5/4)	K4 Elektrifisering (5/3)

Kilde: Vista Analyse

* For ikke-prissatte virkninger viser tabellen rangeringen for Rørosbanen da denne er viktigst for den samlede rangeringen av Røros- og Solørbanen. For rangering av ikke-prissatte virkninger for Solørbanen se Tabell 11.17.

Verken K0 Fossil diesel eller K1 Biodiesel inngår i rangeringen av alternativene i KVV (Hovedrapport, s. 74-75). For konseptene som inngår både i KVV og KS1 er det følgende forskjeller:

- Både KVV og KS1 rangerer K3 Batteri først på Nordlandsbanen. KVV rangerer K2 Hydrogen foran K4 Elektrifisering mens KS1 rangerer K4 Elektrifisering foran K2 Hydrogen.
- KVV rangerer K2 Hydrogen foran K3 Batteri på Raumabanen. KS1 rangerer K3 Batteri foran K2 Hydrogen. Både KVV og KS1 rangerer K4 Elektrifisering sist.
- På Røros- og Solørbanen er rangeringen i KS1 den motsatte av rangeringen i KVV. I KVV rangeres K4 Elektrifisering først og K3 Batteri sist, vi rangerer K3 Batteri først og K4 Elektrifisering sist.

KVV rangerte tre ulike konsepter først på hver sin delstrekning (K3 Batteri på Nordlandsbanen, K2 Hydrogen på Raumabanen og K4 Elektrifisering på Røros- og Solørbanen. Blant konseptene som inneholder investering i infrastruktur kommer K3 Batteri best ut på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen, mens K3 Batteri og K2 Hydrogen kommer tilnærmet likt ut på Raumabanen. Selv om vi, på Raumabanen og Røros- og Solørbanen anbefaler videreføring av Nullalternativet, gir vår analyse dermed et mer enhetlig svar om hvilken retning infrastruktur og kjøretøy bør utvikles.

K2 Hydrogen kommer på alle strekninger vesentlig dårligere ut enn K1 Biodiesel. Samtidig er tiltakskostnaden ved bruk av biodrivstoff (om lag 5 000 kr/tonn) klart høyere enn karbonprisbanen i perioden fram mot 2050. Det er lav sannsynlighet for at det vil komme gjennombrudd i teknologien for hydrogenkjøretøy som kan endre på dette forholdet. Vi vurderer derfor at videre utredning av hydrogenkjøretøy på norske jernbanestrekninger i dag har liten hensikt.

Elektrifisering Stjørdal–Steinkjer

Med utgangspunkt i vurderinger i KVV, har vi utredet samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer. Vi beregner høy samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved utbyggingen, men viser videre at det er nødvendig å redusere kostnadene ved utbygging

av K3 Batteri nord for Steinkjer dersom elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer skal bidra til reduserte tiltakskostnader (høyere samfunnsøkonomisk lønnsomhet) for Nordlandsbanen. Vi mener det vil være mulig å redusere investeringskostnadene nord for Steinkjer i tilstrekkelig grad, og anbefaler elektrifisering Stjørdal–Steinkjer videreført til forprosjektfase.

Videre utredning av K3 Batteri Steinkjer–Bodø

Det er behov for videre utredning av K3 Batteri nord for Steinkjer før endelig konseptvalg. Utredningen bør sees i sammenheng med kjøretøystrategien og søke å avklare:

- hvilket ambisjonsnivå for teknologisk utvikling av batterikjøretøy utbyggingen skal tilpasses
- riktig tidspunkt for gjennomføring

Dette bør likevel ikke være til hinder for å gjennomføre mindre tiltak, f.eks. tiltak for å kutte utslippene fra malmtransporten Ørtfjell–Mo i Rana, dersom slike tiltak kan gjennomføres med tilstrekkelig lav tiltakskostnad.

Nullalternativet anbefales videreført på Raumabanen og Røros- og Solørbanen

For Raumabanen og Røros- og Solørbanen anbefaler vi at samtlige utrede konsepter forkastes og at KO Fossil diesel videreføres. For å redusere klimagassutslippene kan likevel stasjonær lading vurderes. For persontog bør dette sees i sammenheng med strategi for utskifting av kjøretøy.

Framtidig bruk av biodiesel / e-fuel på jernbanen bør avklares

I Miljødirektoratets utredning av kraftbehov til transport mot 2050 (Miljødirektoratet, 2022) er det forutsatt at biodrivstoff og e-fuel utgjør en betydelig andel av energiforsyningen til transportsektoren i nullutslippsscenarioer. Samtidig er det forutsatt at jernbanesektoren skal drives 100 % på elektrisitet. Våre analyser viser at 100 % elektrisk drift på jernbanen ikke er et riktig premiss dersom effektivitet og samfunnsøkonomisk lønnsomhet tillegges vekt i valg av løsning for å nå utslippsmålene.

Løsningene for å nå utslippsmålene bør baseres på samme kriterier på tvers av transportsektoren, dvs. at biodiesel og e-fuel også i jernbanesektoren vurderes som en løsning for utslippskutt på linje med andre energibærere. Jernbanedirektoratets vurderinger i KVU er i stor grad basert på at biodiesel (eller e-fuel) ikke skal brukes på det norske jernbanenettet i fremtiden.

Dersom dette skal være et førende premiss for utviklingen, vil det innebære betydelig høyere kostnader ved å nå mål om utslippsreduksjoner på jernbanen. Vi mener derfor det er viktig at det tydeliggjøres hvilke forutsetninger Jernbanedirektoratet skal legge til grunn for sitt arbeid med utslippsreduksjoner i jernbanesektoren.

En slik avklaring er også viktig for hvilket mulighetsrom kjøretøystrategien for årene framover kan utformes innenfor. Innkjøp av nye dieselskjøretøy må også sees i sammenheng med framtidige rammebetingelser for bruk av diesel og bio-diesel/e-fuel på det norske jernbanenettet. Dersom biodrivstoff i fremtiden ikke ansees som en fullverdig løsning for utslippskutt på jernbanen, bør innkjøp av nye dieseldrevne kjøretøy allerede nå begrenses mest mulig.



Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver

12 Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver

12.1 Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver i KVV

Arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver behandles i egne kapitler i Hovedrapporten og vedleggene og i Vedlegg 3.3 (Underlagsinformasjon om arbeidsmaskiner). Det ble også gjennomført et eget verksted om arbeidsmaskiner, og det finnes flere svar på RFI om arbeidsmaskiner.

Skinnegående arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver i Norge er dieseldrevne, og bidrar dermed til klimagassutslipp fra jernbanesektoren. Utslippene fra arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver er omtrent 20 000 tonn CO₂ i året, dvs. i størrelsesorden 40 % av utslippene fra jernbanetransporten. Det er viktig å være klar over at de elektrifiserte banestrekningene står for 80 % av de samlede utslippene fra arbeidsmaskiner, siden disse banene har størst trafikk.

KVV-en har valgt å holde arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver utenfor hovedanalysen, i og med at man ikke ønsker at disse skal være førende for valg av konsept for person- og godstogene. Disse kjøretøyene har andre behov og krav knyttet til bruksmønster og arbeidsoppgaver. I tillegg er det betydelig variasjon innen type maskiner og behov for fleksibilitet i drift. Det er også andre typer utfordringer knyttet til tidsperspektiv og eier- og brukerstruktur. KVV-en har derfor valgt å håndtere dieseldrevne arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver i form av supplerende vurderinger som kommer i tillegg til alternativanalysen av de ulike konseptene. Biodrivstoff er ikke vurdert.

12.1.1 Arbeidsmaskiner

Arbeidsmaskinene benyttes av Bane NOR og andre aktører som gjennomfører drift og vedlikehold på jernbaneinfrastruktur i Norge, og det benyttes forskjellige typer arbeidsmaskiner med ulike formål. Arbeidsmaskiner har behov for å ta seg fram på jernbanen også i avvikssituasjoner, samtidig som de må kunne ha tilstrekkelig energikapasitet til å utføre nødvendige arbeidsoppgaver. Derfor er ikke elektrisitet fra kontaktledning hensiktsmessig som eneste energikilde for arbeidsmaskiner. Svakheten ved batteri og hydrogen er at de opptar en større andel av kjøretøyets nyttelast eller volum for å utføre samme arbeid, sammenlignet med diesel.

Potensialet for reduksjoner i klimagassutslipp varierer mellom ulike typer arbeidsmaskiner. Det foreslås i KVV-en en trinnvis tilnærming hvor man først fokuserer på løsninger for banestrekninger som allerede er elektrifisert, som står for hoveddelen av utslippene fra arbeidsmaskiner.

1. På de **elektrifiserte banene** utgjør arbeidsmaskiner i **kategori A** (lastetraktor) og **B** (revisjonsvogner og ledningsvogner) hoveddelen av de skinnegående arbeidsmaskinene. Her finnes det hybride batteri/kontaktledning-kjøretøy med høy teknologisk modenhet tilgjengelig i markedet. Det er mulig å erstatte fossil dieseldrift med hybrid batteri-kontaktledning eller kun batteridrift, og det antas kun å kreve en enkel DC-lading hvor maskinene er stasjoner. For rene batterimaskiner, hydrogenmaskiner og hybride maskiner med hydrogen-kontaktledning er det også høy teknologisk modenhet, men KVV-en påpeker at slike type maskiner har lavere tilgjengelighet i markedet. Det vil være hensiktsmessig at arbeidsmaskinene

- bruker samme energibærer som konsept som velges for person- og godstrafikk for de ulike banestrekningene.
2. Dersom dagens **ikke-elektrifiserte baner** gjennomgår del- eller hel-elektrifisering, vil samme teknologivalg for kjøretøy som beskrevet i punkt 1 kunne gjentas også for disse banestrekningene. Da vil man på sikt kunne oppnå en ensartet flåte arbeidsmaskiner av typen kategori A og B.
 3. For arbeidsmaskiner i **kategori C** (maskiner med høyt energi- og effektbehov, som høyfjellsfres, sporjusterings- og pakkmaskiner, linjelok, pukksuger, mm) og **kategori D** (vedlikeholdstog, brann- og redningstog, målevogn, snøkostemaskin) er den teknologiske modenheten langt lavere, men KVU-en beskriver at det fram mot 2050 vil være sannsynlig at det også for disse maskintypene vil være mulig med innføring av nullutslippsteknologi. Her er det i stor grad snakk om løsninger som vil redusere dieselforbruket for arbeidsmaskinene, som eksempelvis hybrid diesel-kontaktledning kjøretøy (eller tribid kontaktledning-diesel-batteri). Det påpekes også at hydrogen kan være en løsning for en begrenset andel av arbeidsmaskinene innenfor disse kategoriene, men at hydrogen generelt ikke er en hensiktsmessig løsning for en stor andel av arbeidsmaskinene på jernbanen.

12.1.1.1 Mange berørte aktører

En kompliserende faktor med overgang til nullutslippsløsninger er at eventuelle tiltak som innføres påvirker mange aktører innen drift og vedlikehold. Som følge av eier- og brukerstrukturen i sektoren vil det være opp til hver enkelt aktør å velge energibærer for sine arbeidsmaskiner.

KVU-en peker på at klima- og miljøkrav i anskaffelser, i kombinasjon med tilgang til kjøretøy med høyere grad av modenhet over tid, vil kunne bidra til utslippsreduksjoner fra skinnegående arbeidsmaskiner på sikt. Eksempelvis tilsier anskaffelsesforskriften (§ 7-9) at klima- og miljøhensyn skal vektas med minimum 30 % i offentlige anskaffelser fra 2024. Dette vil kunne påvirke anskaffelser innen drift og vedlikehold i jernbanen, og gi aktørene incentiver til å gjøre investeringer i maskiner med lavere utslipp.

KVU-en beskriver videre at dette kan suppleres med andre ordninger som bidrar til å stimulere til nullutslippsløsninger. Utskifting (eller ombygging) av arbeidsmaskiner vil kunne skje gradvis i tråd med at eksisterende kjøretøy utrangeres. I følge KVU-en vil mange arbeidsmaskiner kunne skiftes til utslippsfrie alternativer innen 2034, som følge av kort restlevetid, kostnader knyttet til ERTMS eller øvrige oppgraderingsbehov.

Det anbefales at Bane NOR tar en rolle som pådriver for etablering av nødvendig infrastruktur for energiforsyning for tilrettelegging for overgang til klimavennlige energibærere for arbeidsmaskiner. Videre påpeker KVU-en at det er vesentlig at dette gjenspeiles i avtaler mellom Jernbanedirektoratet og Bane NOR (og bevilgninger til drift og vedlikehold).

12.1.2 Skiftelokomotiver

Den teknologiske modenheten for skiftelokomotiver er høy for både batteri, hybrid batteri-kontaktledning og hydrogen. Valg av energibærer for skiftelokomotivene er uavhengig av energibærer på banestrekningene. Det kan i visse sammenhenger være synergieffekter ved eksisterende energiforsyning.

Skiftelokomotivene som opererer inne på godsterminalene nærmer seg levetid, og anses som utskiftningsklare av KVV-en. Det vil, ifølge KVV-en, kunne forventes at skiftelokomotivene kan byttes ut mot utslippsfrie løsninger innen 2030. Det påpekes samtidig at det vil kunne være behov for incentivordninger for eierne av skiftelokomotivene (CargoNet og OnRail AS) for å sikre at dette skjer. For etablering av nødvendig infrastruktur til skiftelokomotivene anbefaler KVV-en dialog mellom Bane NOR og operatørene, hvor det bør vurderes om Bane NOR skal få ansvar for felles infrastrukturløsninger.

12.1.3 Tiltak og virkemidler

Skinnegående arbeidsmaskiner omfatter ulike typer maskiner, de brukes til ulike formål og eies av ulike aktører. Mulige tiltak for å redusere utslipp varierer fra maskintype til annen.

KVV-en identifiserer og anbefaler flere tiltak som bidrar til reduserte klimagassutslipp fra arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver *uten* skifte av energibærer. Disse er blant annet

- Etablering av system for innsamling av data om dieselforbruk fra arbeidsmaskiner/skiftelokomotiver for ulike bruksområder og kjøretøytyper. En slik sentral datafangst kan benyttes til målrettede tiltak for å redusere utslipp.
- Optimalisering av vedlikehold og kjøring og mindre tomgangskjøring som reduserer operasjonstid, omlegging av driftsmodell for beredskap, smarte energisystem- og maskinløsninger kan også bidra til utslippsreduksjoner med dieseldrift.
- Bane NOR kan stille krav om reduksjoner i klimagassutslipp i konkurransegrunnlag i forbindelse med infrastrukturavtaler, i tillegg til en incentivordning (driftet av Bane NOR) som stimulerer overgangen til nye teknologier.

12.2 Vår vurdering av arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver i KVV

Vi støtter KVV-ens argumentasjon om at arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver har andre behov og krav enn kjøretøy for person- og godstransport, og det er derfor hensiktsmessig å behandle disse kjøretøyene i form av supplerende vurderinger på siden av alternativanalysen for de ulike banestrekningene. Siden dieseldrevne arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver opererer på både elektrifiserte- og ikke-elektrifiserte banestrekninger, er det vesentlig at man vurderer helhetlige løsninger for hele jernbaneinfrastrukturen.

Det er mange aktører og ulike bruksmønstre og arbeidsoppgaver for arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver. Tiltak som innebærer rask innfasing av utslippsfrie løsninger vil kunne innebære omstillingskostnader for aktører innen drift og vedlikehold ettersom det, for ulike typer utslippsfrie arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver, er betydelig variasjon med hensyn til teknologisk modenhet og pris. På den andre siden er det heller ingen grunn til at aktørene selv skal kjøpe inn kjøretøy med nullutslippsteknologi, dersom dette innebærer merkostnader sammenlignet med bruk av eksisterende kjøretøy (eller innkjøp av nye dieseldrevne kjøretøy).

Ettersom mange arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver nærmer seg slutten på sin levetid, som følge av blant annet kort restlevetid eller manglende ERTMS-tilpasning, peker KVV-en på muligheten for gradvis overgang til utslippsfrie løsninger som kan realiseres gjennom anskaffelsesforskriften (§ 7-9), hvor klima- og miljøhensyn skal vektas med minimum 30 % i offentlige

anskaffelser fra 2024. Vi støtter derfor KVV-ens vurdering om at utformingen av krav i anskaffelser vil kunne være et effektivt virkemiddel til å stimulere aktører innen drift og vedlikehold til kjøp og bruk av utslippsfrie løsninger når kjøretøy skal byttes ut som følge av utrangering. Samtidig påpeker vi at det vil være et behov for å tilpasse kravene i anskaffelsene over tid i tråd med teknologisk modenhet og utvikling for ulike typer kjøretøy, slik at ikke tiltakskostnaden blir unødvendig høy.

KVV anbefaler også at Bane NOR tar en rolle som pådriver for etablering av nødvendig infrastruktur for energiforsyning for tilrettelegging av overgang til klimavennlige energibærere for arbeidsmaskiner. Vår vurdering er den samme her: at det er fornuftig så lenge det bygger oppunder samfunns målet om *kostnadseffektive* utslippsreduksjoner.

12.3 Vår tilråding

Vi støtter KVV-ens forslag om å vektlegge lav- eller nullutslippsteknologi i anskaffelsene, i den grad slik teknologi er tilgjengelig. Vektlegging og krav kan medføre ekstra kostnader for aktørene (eiere av utstyr). Så langt som mulig bør derfor virkemidlene brukes med sikte på å gi kostnadseffektive utslippsreduksjoner og fremme teknologiutvikling.

Enova har ulike støtteordninger, bl.a. støtte ved innkjøp av utslippsfrie anleggsmaskiner. Vi anbefaler at disse generelle støtteordningene brukes også til å gi incentiver til lav- og nullutslippsteknologi på jernbanen, framfor særordninger.

Vi støtter også KVV-ens forslag til ulike optimaliseringstiltak.



Vurderinger og anbefalinger

13 Vurdering og tilråding av konsept

For Nordlandsbanen anbefaler vi elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer og at konsept K3 Batteri videreutvikles med sikte på avklaring av investeringskostnader, hvilket ambisjonsnivå for batteriteknologi utbyggingen bør tilpasses og tidspunkt for gjennomføring.

For de øvrige strekningene anbefales ingen av de utredede konseptene gjennomført nå. Konsept K1 Biodiesel gir klart lavest tiltakskostnader og gir mulighet for en rask reduksjon av klimagassutslipp. Bimodale kjøretøy (batteri/diesel) kan, på alle strekninger, også være et viktig virkemiddel for overgang til nullutslippsløsninger.

K2 Hydrogen har høye tiltakskostnader og er teknologisk mindre modent enn K3 Batteri. Hydrogenbaserte løsninger har derfor liten hensikt.

13.1 Elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer

Vår uavhengig analyse viser at en elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer vil være samfunnsøkonomisk lønnsom, og bidra til betydelige utslippsreduksjoner i jernbanesektoren. Vi anbefaler derfor at dette prosjektet tas videre til forprosjektfase.

13.2 Avklaring av kostnader, tidspunkt og ambisjonsnivå for gjennomføring av K3 Batteri fra Steinkjer til Bodø

Det er videre en robust konklusjon at K3 Batteri er det klart beste av konseptene som er vurdert for Nordlandsbanen, men kostnadene knyttet til utbygging må reduseres betydelig dersom det skal være aktuelt å gjennomføre de nærmeste årene. Vi anbefaler derfor at det tas en strategisk beslutning om at K3 Batteri skal ligge til grunn for framtidige tiltak for utslippsreduksjoner på Nordlandsbanen.

Beslutningen om elektrifisering av strekningen Stjørdal–Steinkjer gjør det nødvendig å bearbeide utformingen av konseptet nord for Steinkjer, da elektrifisering av denne delstrekningen ikke inngår i batterikonseptet for Nordlandsbanen slik det er utformet i KVU. I denne fasen bør det særlig vurderes:

- a. Tidspunkt for ombygging til batteridrift (Senere utbygging reduserer usikkerhet knyttet til batterikostnader og -egenskaper)
- b. Hvilket ambisjonsnivå som bør legges til grunn for framtidens batterikjøretøy ved tilrettelegging av infrastrukturen (omfang av omformerstasjoner og kontaktledning)
- c. Muligheter og begrensinger ved å satse på hybridkjøretøy (bimodale KL + batteri/diesel) i en overgangsfase.

Dette er i tråd med oppsummeringen fra Alternativanalysen i KVU Green:

«Med dagens batteriteknologi er det dokumentert at en teknologiovergang til batteridrift er mulig dersom det finnes en infrastruktur for lading. Forskning og utvikling viser at det er et vesentlig potensial for forbedring av batteriegenskaper for jernbanekjøretøy.

Dette medfører at videre utvikling av batteriteknologi ikke er relevant for om en teknologiovergang fra diesel til batteri er mulig, men det vil ha betydning for kostnadsbildet og hvilken robusthet det er mulig å bygge inn i de ulike ruteplaner og driftsopplegg. Det påvirker også hvordan batteriene vil integreres i kjøretøyet, særlig for lokomotiver til godstog».

(KVU Vedlegg 6 Alternativanalysen)

Dersom gjennomføring av konseptet utsettes for å redusere usikkerheten knyttet til hva som er den beste utformingen, bør det likevel gjennomføres punktvis tiltak, f.eks. knyttet til malmtransporten, dersom tiltakene er lønnsomme i seg selv eller har lave tiltakskostnader.

13.3 Avklare føringer for kjøretøystrategi og videre arbeid med utslippsreduksjoner på Raumabanen, Rørosbanen og Solørbanen

Nordlandsbanen står for mer enn tre fjerdedeler av klimagassutslippene på norske jernbanestrekninger, og mer enn halvparten av kjøretøyene som brukes på ikke-elektrifiserte strekninger. Valg av løsning for reduksjon av klimagassutslippene på Nordlandsbanen, har derfor også konsekvenser for valg av løsninger på Raumabanen, Rørosbanen og Solørbanen. En utvikling der jernbanen har ulike løsninger på ulike banestrekninger vil gi økte kostnader både for kjøretøy og drift/vedlikehold av infrastruktur samtidig som det kan bli vanskeligere å opprettholde driften i avvikssituasjoner.

En strategisk beslutning om K3 Batteri for Nordlandsbanen vil derfor langt på vei også være førende for framtidig kjøretøystrategi for persontog og for hvilke løsninger som senere kan bli aktuelle for de andre strekningene for å redusere utslipp.

Vi vurderer at vår analyse (og KVU) langt på vei avklarer at hydrogenkjøretøy de fleste steder vil være en mindre effektiv løsning for å redusere utslippene av klimagasser sammenliknet løsninger basert på batteri og delelektrifisering. Inntil det, eventuelt, kommer teknologiske gjennombrudd som endrer på dette, mener vi derfor videre planlegging for bruk av hydrogenkjøretøy på det norske jernbanenettet kan stanses.

For Raumabanen, hvor trafikkmengden er for lav til å oppveie de høye investeringskostnadene ved å elektrifisere, innebærer det at det bør legges til rette for batteridrift med stasjonær lading om/når dette gir tilstrekkelig lave tiltakskostnader.

Tilsvarende kan dette vurderes for deler av Røros- og Solørbanen dersom det identifiseres at stasjonær lading kan gi kostnadseffektive utslippsreduksjoner på delstrekninger, f.eks. for tømmertransporten på Solørbanen.

For Røros- og Solørbanen er det også utredningsbehov knyttet til strekningens framtidige rolle (økt kapasitet Oslo-Trondheim, redundans, bruk av nye fjerntog). Mulighetsrommet kan her avgrenses til elektrifisering og batteribaserte løsninger.

14 Føringer for forprosjektfasen

Overordnet struktur i KVU-ens føringer for neste fase er i tråd med krav i R-108, men det gis ingen føringer for forprosjektfasen. Det pekes på videre utredningsbehov og optimalisering av konsept. Utreder burde vært tydeligere på at anbefalte konsept ikke i tilstrekkelig grad var modent for konseptvalg og heller ikke en videreføring til forprosjektfase.

I kapittelet pekes det på at elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer, som ikke er del anbefalingen i KVU, kan være «lavhengende frukt» som vil gi betydelig utslippsreduksjon og mulighet for å kjøre elektriske tog på hele Trønderbanen.

KS1 støtter videreføring av prosjektet Stjørdal–Steinkjer til forprosjekt. Dette prosjektet er imidlertid allerede planlagt på detaljplannivå, og kan videreføres gjennom Bane NOR sin prosjektmodell.

14.1 Føringer for forprosjektet i KVU

KVU-ens kapittel 8 beskriver føringer for neste fase. Kapittelet innleder med å peke på kravene til innhold fra R-108/23, og beskriver videre at det er identifisert rom for og behov for videre modning og optimalisering av de anbefalte konseptene. Dette forventes å være viktig for optimalisering av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten, ved å øke nyttegevinster og redusere kostnader ved overgang til klimavennlige løsninger på jernbanen, sammenlignet med det som er identifisert i KVU-fasen.

Videre utredningsbehov

For hver banestrekning beskrives føringer for videre utredningsarbeid basert på hvilket konsept som anbefales videreført og det angis behov for oppdatert kunnskap om infrastrukturen, videre optimalisering av anbefalt konsept og optimalisering av tidsplan. Det er videre beskrevet hva som anses å være kritiske suksessfaktorer som knyttes til kjøretøyanskaffelser og trafikkavvikling i anleggsfasen.

Det er også pekt på utredningsbehov for å avklare hvordan i hovedsak Bane NOR skal arbeide videre med utslippsreduksjoner for arbeidsmaskiner og skiftelokomotiv, herunder etablering av utslippsfri skifting (flytte på godsvogner) på godsterminaler og stille krav ifm. anskaffelser.

Gjennomførings-/Kontraktstrategi

Gjennomføringsstrategi er omtalt. Det beskrives hvordan arbeidet med å utforme en gjennomføringsstrategi skal organiseres med Jernbanedirektoratet i en koordinerende rolle for aktørene Bane NOR, Norske tog og godsoperatørene, hva en slik strategi bør inneholde og hva den bør svare ut. Videre beskrives i eget delkapittel prioritering og anbefalt tidfesting av tiltak, der det pekes på følgende rekkefølge for prioritering av tiltak, men uten å tidfeste gjennomføringen:

1. Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer og Ørtfjell–Mo i Rana (malmtog)
2. Batterikonsept på resten av Nordlandsbanen
3. Elektrifisering av Røros- og Solørbanen, samt tiltak på Raumabanen

KVV oppgir at det er for tidlig å si noe konkret om kontraktstrategi.

Optimaliseringstiltak

Det er i mulighetsstudien pekt på en del optimaliseringstiltak for å kjøre person- og godstog mer energieffektivt og dermed redusere utslipp. Optimaliseringstiltakene ble ikke videreført til alternativanalyse fordi tiltakene entydig lå hos en av sektorens aktørers ansvar. I kapittel 8 anbefales allerede igangsatt arbeid med optimaliseringstiltak videreført.

Grensesnitt til andre prosjekter og programperspektiv

Det listes opp grensesnitt til andre prosjekter og programperspektiv, herunder godsstrategien NTP 2022-2033, planlagt utvikling av togtilbudet, erstatning av regiontog på de ikke-elektrifiserte strekningene (type 93) og ombygging til nytt sikrings- og signalsystem ERTMS. I tillegg pekes det på KVV Nord-Norgebanen og tilsving på Hamar, Kongsvinger og Elverum.

Risikoreduserende tiltak

Risikoreduserende tiltak er basert på KVV-ens usikkerhetsanalyse, og det trekkes frem blant annet hvordan prosjektet kan redusere risiko ved å holde mulighetsrommet åpent og sikre løsningsvalg basert på så moden teknologi som mulig. I tillegg pekes det på at prosjektmodenheten bør økes for å sikre at prosjektet er tilstrekkelige definert i forprosjektet for å kunne gjennomføres.

Styringsmessig fleksibilitet

KVV beskriver under styringsmessig fleksibilitet at anbefalt konsept på Nordlandsbanen og Røros- og Solørbanen bør anses som overordnede anbefalinger av konsept, og ikke forslag til detaljert hvordan infrastruktur, kjøretøy og drift med den nye energibæreren bør løses. Det pekes på at dette må modnes gjennom videre optimalisering, utredning og planlegging.

Videre beskrives det at de bimodale togene (diesel-kontaktledning) og når eventuelt batteritog anskaffes gir fleksibilitet til å ta ut gevinster for hver ny parsell (med kontaktledning) som settes i drift. Dette skaper styringsmessig fleksibilitet til å sette i gang med de tiltakene som gir størst effekt først, men også til å endre prioritering underveis.

14.2 Vår vurdering

KVV har fulgt den overordnede strukturen i R-108 når det gjelder kapittelet om føringer for neste fase. Det burde likevel kommet tydeligere frem at ingen av konseptene faktisk anbefales videreført til en forprosjektfase – som i et normalprosjekt innen jernbanesektoren ville tilsa en videreføring til Bane NOR og utarbeidelse av hovedplan.

KVV-ens kapittel 8 burde, med unntak av noen få beskrivelser, vært omdøpt til «videre optimalisering» som ville gitt en tydeligere føringer for beslutningstaker.

Det er med andre ord inkonsistens mellom det som står i anbefalinger i kapittel 7 og det som beskrives i kapittel 8. Mens det i kapittel 7 anbefales en rask gjennomføring av K3 Batteri på

Nordlandsbanen, pekes det på i kapittel 8 videre utredningsbehov og at delstrekningen Stjørdal–Steinkjer kan være aktuell å elektrifisere som en første prioritering. Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer inngår ikke i K3 Batteri slik det er prissatt og analysert. En slik anbefaling gir dermed behov for en oppdatering av batterikonseptet, og vil påvirke både kostnadsbildet og nyttesiden.

14.3 Tilråding om prosjekt videre til forprosjektfasen

Vi har, på bakgrunn av funn i KVV arbeidet, analysert nærmere elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer og anbefaler prosjektet videreført til forprosjektfase. Prosjektet har høy samfunnsøkonomisk lønnsomhet og representerer en mulighet for raske utslippskutt i jernbanesektoren.

Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer er allerede planlagt på detaljplan-nivå, og slik vi har oppfattet det, er prosjektet spilt inn ifm. Jernbanedirektoratet og Bane NOR oppdaterte forslag til prioriteringer i forbindelse med NTP 2025-2036.

Videre styring og organisering av prosjektet bør defineres av Bane NOR

Verken KVV eller KS1 omfatter en detaljert vurdering av prosjektet “Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer”. Det foreligger derfor ikke tilstrekkelig grunnlag for kvalitetssikrer til å anbefale gjennomføringsstrategi for prosjektet, fastsette styringsmål eller detaljere ut hva som bør omfattes i sentralt styringsdokument.

Bane NOR er i gang med ferdigstilling av det tilgrensede prosjektet elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen og har i tillegg et detaljert kunnskapsgrunnlag om elektrifisering av delstrekningen. Det vurderes derfor mest hensiktsmessig at prosjektet videreføres gjennom Bane NOR sin prosjektmodell, og at videre detaljering av styring og organisering av prosjektet defineres av Bane NOR.

Ferdigstilling innen 2032-2035 kan gi økt samfunnsøkonomisk lønnsomhet og gevinster utover investeringsprosjektet

Strekningen Stjørdal–Steinkjer trafikkeres i dag av bimodale togsett av type 76 som ble satt i drift i 2022. Ved elektrifisering av strekningen på tidlig 2030-tallet kan disse, ved behov, omdisponeres til andre strekninger uten kontaktledning. Dette gir potensielt to effekter knyttet til kjøretøystrategien:

- Type 93 dieseltog som forventer å nå sin levetid innen 2032, kan erstattes med elektriske tog, som både er rimeligere i innkjøp og i drift.
- Eliminere behov for innkjøp av nytt fjerntogmateriell til Røros- og Solørbanen, til en verdi av ca. 2 mrd. kr.

Vi viser til nærmere omtale av kjøretøystrategi i avsnitt 11.6.

14.4 Tilråding om styringsmål og endringslogg

Det tilrådes at styringsmål fastsettes på bakgrunn av eksisterende detaljplan og at endringsloggen etableres med dette som utgangspunkt. Deretter kan det gjennomføres en oppdatering av

grunnlaget slik at prosjektet er tilstrekkelig definert, i tråd med krav i Statens prosjektmodell, før det legges frem for KS2.

Vi har vurdert forventet investeringskostnad for elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer til 1,4 mrd. kr ekskl. mva. på bakgrunn av tilgjengelig grunnlag for K4 Elektrifisering. Anslaget omfatter ikke kostnader til materiell.

Usikkerhetsanalysen i KS1 er gjennomført for elektrifisering av hele Nordlandsbanen og resultatet gir et relativt høyt standardavvik på grunn av andelen tunneler og bruer som må tilpasses kontaktledningsanlegg. På delstrekningen Stjørdal–Steinkjer er omfanget av dette beskjedent. Resultatet fra usikkerhetsanalysen for K4 Elektrifisering på Nordlandsbanen vurderes derfor ikke representativt for delstrekningen Stjørdal–Steinkjer, og det er ikke grunnlag for kvalitetssikrer å angi P50 og P85 verdier for prosjektet. Det vurderes mest hensiktsmessig at styringsmålet fastsettes på bakgrunn av best tilgjengelig informasjonen man har om tiltaket, som ligger hos Bane NOR.

14.5 Tilrådning om prosjekt videre til avklaringsfase

K3 Batteri på Nordlandsbanen bør videreutvikles slik at det tilpasses endringen med elektrifisering av delstrekningen Stjørdal–Steinkjer. Utover det vises det til beskrivelser under anbefaling for innspill til videre utredningsarbeid med Nordlandsbanen, Røros- og Solørbanen samt Raumabanen.

15 Samlet vurdering og anbefaling

15.1 Råd til departementet

Vår alternativanalyse viser at alle konsepter er samfunnsøkonomisk ulønnsomme, og med unntak av K3 Batteri på Nordlandsbanen har alle høye tiltakskostnader. For de øvrige strekningene gir K1 Biodiesel klart lavest tiltakskostnad og mulighet for en rask reduksjon av klimagassutslipp.

Basert på vår vurdering og tilrådning av konsept, samt føringer for forprosjekt, bør departementet som prosjekteier avklare forutsetninger og sette retningslinjer for bruk av biodrivstoff og e-fuel i jernbanesektoren på kort og lang sikt.

Framtidige rammebetingelser for bruk av diesel og biodiesel/e-fuel på det norske jernbanenettet bør også gi føringer for innkjøp av nye dieseldrevne kjøretøy. Dersom biodrivstoff i framtiden ikke ansees som en fullverdig løsning for utslippskutt på jernbanen, bør innkjøp av nye dieseldrevne kjøretøy allerede nå begrenses mest mulig.

Bimodale hybridkjøretøy (KL+batteri/diesel) kan, på alle strekninger, også være et viktig tiltak for overgang til nullutslippsløsninger. I større grad muliggjør dette å bygge ut infrastrukturen (KL-anlegg) basert på forventning om teknologiutvikling og det gir et mer pålitelig tilbud.

Departementet bør avklare prioritering i tid av prosjektet «Elektrifisering av Stjørdal–Steinkjer». En tidlig gjennomføring kan bidra til gevinster utover selve prosjektet og økt samfunnsøkonomisk lønnsomhet gjennom tilpasninger i kjøretøystrategi.

15.2 Råd til Jernbanedirektoratet

Det bør gjennomføres en videre utredning av K3 Batteri (med deelektrifisering) for strekningen Steinkjer–Bodø på Nordlandsbanen. Utredningen bør avklare ambisjonsnivå for batteriteknologi, investeringskostnader gitt ulike ambisjonsnivå og tidspunkt for gjennomføring (bygge ut så raskt som mulig eller avvente teknologisk utvikling).

Avklare føringer for videre utvikling av løsninger for reduserte klimagassutslipp på Raumabanen og Røros- og Solørbanen; konsekvenser for kjøretøystrategi, stasjonær lading mm. For Røros- og Solørbanen bør dette sees i sammenheng med utredning av banestrekningens rolle (behov for økt kapasitet Oslo-Trondheim, betydning av redundans)

Vurder mulighet for omdisponering av Type 76-materiell til Rørosbanen i stedet for innkjøp av nye fjerntog til Rørosbanen.

Forutsetninger utarbeidet i forbindelse med Nasjonal Transportplan (NTP) kan være nyttig input også ved gjennomføring av konseptvalgutredninger (KVU), men bør ikke være styrende for valg av forutsetninger i KVU-en. Det må tas høyde for at NTP-forutsetninger kan være utdatert på det tidspunkt KVU gjennomføres (som godsmengder på Nordlandsbanen) eller at forutsetningene kan være basert på driftsmodeller som ikke nødvendigvis er tilpasset konseptene som skal analyseres i KVU (som tømmertransport på Røros/Solørbanen). Vårt råd til Jernbanedirektoratet er at alle forutsetninger for KVU bør vurderes på selvstendig grunnlag.

15.3 Råd til forprosjektorganisasjonen (Bane NOR)

- Fastsette styringsmål på bakgrunn av eksisterende plangrunnlag, og etablere endringslogg.
- Sørge for erfaringsutveksling fra pågående prosjekt Elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen.
- Oppdatere grunnlaget slik at det oppfyller krav i Statens prosjektmodell før fremleggelse til KS2.

Referanser

- Avinor, Bane Nor, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier og Statens vegvesen. (2022). *Retningslinjer for virksomhetenes transport- og samfunnsøkonomiske analyser til Nasjonal transportplan 2025-2036*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/sd/ntp/ntp-2025-2036/utredningsoppdraget-leveranse-oktober-22/vedlegg-1-retningslinjene-for-soa2217801.pdf>
- Bane NOR. (2023). *Punktlighetsrapport 2022*. Oslo: Bane NOR.
- DFØ. (2023). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Direktoratet for forvaltning og økonomistyring.
- Finansdepartementet. (2021a). *Meld. St. 14 (2020–2021)*. Perspektivmeldingen. Melding til Stortinget.
- Finansdepartementet. (2021b). *R-109/21 Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser*.
- Finansdepartementet. (2022, 12 22). *Karbonprisbaner for bruk i samfunnsøkonomiske analyser i 2023*. Hentet 01 2024 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/karbonprisbaner-for-bruk-i-samfunnsokonomiske-analyser-i-2023/id2878113/>
- Finansdepartementet. (2023, 12 21). *Karbonprisbaner for bruk i samfunnsøkonomiske analyser i 2024*. Hentet 01 2024 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/karbonprisbaner-for-bruk-i-samfunnsokonomiske-analyser-i-2024/id3020031/>
- Finansdepartementet. (2023). *R-108/23 Statens prosjektmodell - Krav til utredning, planlegging og kvalitetssikring av store investeringsprosjekter i staten*.
- Flügel, S., Halse, A. H., Hulleberg, N., Jordbakke, G. N., Veisten, K., Sundfør, H. B., & Kouwenhoven, M. (2020). *Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer. Dokumentasjonsrapport til Verdsettingsstudien 2018-2019. TØI 1762/2020*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Halse, A. H., Mjøsund, C., Killi, M., Flügel, S., Jordbakke, G. N., Hovi, I. B., . . . Jong, G. d. (2019). *Bedrifters verdsetting av raskere og mer pålitelig transport. Den norske verdsettingsstudien for godstransport 2018. TØI 1680/2019*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Jernbanedirektoratet. (2017). *Standard for dimensjonering av jernbanekapasitet*. OSLO: Jernbanedirektoratet.
- Jernbanedirektoratet. (2021). *NULLFIB2*. Nullutslipp - batteridrift på jernbanen.
- Jernbanedirektoratet. (2022). *Ikke-prissatte virkninger i jernbanesektoren - hovedrapport*. Oslo: Jernbanedirektoratet.

- Jernbanedirektoratet. (2023a). *Dokumentasjon av SAGA v2.8. Dokument nr: 201800113-24*. Hentet fra https://www.jernbanedirektoratet.no/content/uploads/2023/11/dokumentasjon-av-saga-v2_8.pdf
- Jernbanedirektoratet og Bane NOR. (2023b). *Jernbanesektorens oppdaterte forslag til prioriteringer Nasjonal transportplan 2025-2036*. <https://www.banenor.no/contentassets/3b3082176875401599cacce18b56b987/oppdatert-forslag-prioriteringer-jernbanen.pdf>.
- Jernbanemagasinet, september 2017. (2017). *Bimodale tog snart på norske spor*. Oslo: Jernbanedirektoratet.
- Klima- og Miljødepartementet. (2021). *Klimaplan for 2021-2030 (Meld. St 13 2020-2021)*. Oslo: Klima- og Miljødepartementet.
- Klima- og Miljødepartementet. (2023). *NOU 2023:25. Omstilling til lavutslipp— Veivalg for klimapolitikken mot 2050*.
- Klimautvalget 2050. (2023). *Omstilling til lavutslipp. Veivalg for klimapolitikken mot 2050. NOU 2023: 25*. Av Martin Skancke, Erik Trømborg, Astrid Lilliestråle, Gro S. Hanssen, Klaus Mohn, Lars Petter Maltby, Marianne Hansen, Mari H. Einang, Eirik Newth, Ola Kvaløy, Kristin Halvorsen, Audun Korsæth og Signe Nybø: Klima- og miljødepartementet. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-25/id3006059/>
- Madslie, A., Hovi, I., & Hansen, W. (2022). *Framskrivinger for godstransport til NTP 2025-2036. TØI 1918/2022*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Miljødirektoratet. (2019). *Metodikk for tiltaksanalyser - Oppdatert versjon 2019*. Methodenotat M-1084.
- Miljødirektoratet. (2020). *Tabeller for omregning fra energivare til utslipp*. Hentet 02 2024
- Miljødirektoratet. (2022). *Kraftbehov til transport. Nullutslippsscenarioer for 2050*. Oslo: Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet. (2023a, 01 30). *Biodrivstoff*. Hentet 01 2024 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/transport/biodrivstoff/>
- Miljødirektoratet. (2023b). *Et 2035-bidrag som sikrer omstilling nasjonalt*.
- Miljødirektoratet, Enova, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet og NVE. (2020). *Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030*. Miljødirektoratet, rapport M-1625. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/klimakur>
- Multiconsult. (2020). *Vurdering av ikke-prissatte konsekvenser*. Oslo: Jernbanedirektoratet.
- Norske tog. (2019). *Langtidsplan for toganskaffelser - innspill fra Norske tog*. Oslo.
- NVE. (2023). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023. Energiomstillingen – en balansegang*. Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr. 25/2023.

- Rosendahl, K., & Wangsness, P. (Nr 3, 2023). Karbonpriser til bruk i nyttekostnadsanalyser i Norge. *Samfunnsøkonomen*, 34-44.
- Samferdselsdepartementet. (2021). *Meld. St. 20 (2020-2021)*. Nasjonaltransportplan 2023-2033.
- Statens vegvesen, Avinor, Jernbanedirektoratet og Kystverket. (2023). *KVV for transportløsninger i Nord-Norge. Godstransport. Situasjon- og problembeskrivelse*. Oslo.
- Stortinget. (2023). *Innst. 52S (2023-2024) fra transport- og kommunikasjonskomiteen*. Oslo: Stortinget.
- Utvalg oppnevnt av Nærings- og fiskeridepartementet. (2022). *Grønn verdiskaping og økt bearbeiding i sjømatindustrien*. Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet.



Vedlegg

A Grunnlagsdokumenter

Vedlegg A.1 nedenfor gir en oversikt over dokumentene som har vært gjenstand for kvalitetssikringen, og A.2 gir en oversikt over supplerende dokumenter. I tillegg til rapportene og vedleggene har vi fått en betydelig mengde regneark med beregninger av kostnader og samfunnsøkonomiske analyser.

A.1 KVU Green – hovedrapporten og vedlegg

KVU Green: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren. Hovedrapport (versjon 2, 3.10.2023)

Vedlegg 1 – Grunnleggende informasjon om jernbanen og de ikke-elektrifiserte strekningene

Vedlegg 2 – Problembeskrivelse

Vedlegg 3 – Behovsanalyse

Vedlegg 3.1 – Interessentanalyse

Vedlegg 3.2 – Arbeidsverksted 1

Vedlegg 3.3 – Underlagsinformasjon om arbeidsmaskiner

Vedlegg 4 – Strategiske mål og rammebetingelser

Vedlegg 5 – Mulighetsstudie

Vedlegg 5.1 – Mulighetsrommet

Vedlegg 5.2 – Arbeidsverksted 2

Vedlegg 5.3 – Arbeidsverksted om arbeidsmaskiner

Vedlegg 6 – Alternativanalyse v2

Vedlegg 6.1 – Samfunnsøkonomisk analyse v3

Vedlegg 6.2 – Energisimulering

Vedlegg 6.3 – Usikkerhetsanalyse investeringer (unntatt offentlighet)

Vedlegg 6.4 – Usikkerhetsvurdering vedlikeholdskostnader (unntatt offentlighet)

Vedlegg 6.5 – Grunnkalkyle (unntatt offentlighet)

Vedlegg 6.6 – Infrastrukturforutsetninger

Vedlegg 6.7 – Arealbeslag og kostnader for hydrogendepoter

Vedlegg 6.8 – Klimagassberegninger

Vedlegg 7 – Begreper og forkortelser

Analyse av ikke-prissatte virkninger

A.2 Supplerende dokumenter

- Som tilsvar til Notat 1 har Jernbanedirektoratet utarbeidet et notat, Kommentarer til Notat 1 – KS1 av KVV Green, saksref. 202301110-1, datert 7.11.2023.
- Svar på spørsmål om antall kjøretøy prissatt i kalkylen, Jernbanedirektoratet notat, datert 20.11.2023
- Presentasjon fra møte med Jernbanedirektoratet 12.01.2024, om forutsetninger og avklaringer knyttet til foreløpige funn fra KS1

B Oversikt over møter og samtaler

Aktivitet	Dato
KVU Green Hovedrapport versjon 1 mottatt	19. september 2023
Oppstartsmøte	29. september 2023
KVU Green versjon 2 mottatt	5. oktober 2023
Mottatt tilleggsinformasjon (regneark, underlag for grunnkalkyle, osv.)	11. oktober 2023, 17. oktober 2023, 26. oktober 2023, 1. november 2023, 20. november 2023, 6. desember 2023, 7. desember 2023, 13. desember 2023, 23. desember 2023.
Møte med prosjektgruppen i Jernbanedirektoratet	24. oktober 2023
Arbeidsmøte med prosjektgruppen i Jernbanedirektoratet for gjennomgang av kostnadskalkyler	06. november 2023
Oversendelse av Notat 1	30. oktober 2023
Møte om Notat 1	08. november 2023
Oversendt spørsmål om antall kjøretøy prissatt i kalkylen	10. november 2023
Mottatt tilbakemelding fra Jernbanedirektoratet om Notat 1	
Mottatt tilbakemelding fra Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet om oppfølging av Notat 1	13. november 2023
Mottatt tilbakemelding om antall kjøretøy	22. november 2023
Usikkerhetsseminar	22.-24. november 2023
Møte med prosjektledere fra Jernbanedirektoratet om foreløpige resultater fra usikkerhetsseminaret	30. november 2023
Mottatt høringsnotat og høringsuttalelser om KVU Green	1. desember 2023
Midtveismøte med Samferdselsdepartementet og Finansdepartementet	8. januar 2024
Møte med prosjektgruppen i Jernbanedirektoratet (avklaringer etter midtveismøte)	12. januar 2024
Sluttpresentasjon av KS1	7. februar 2024
Mottatt kommentarer på sluttpresentasjon fra Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet	13. februar 2024
Mottatt kommentarer på sluttpresentasjon fra prosjektgruppen i Jernbanedirektoratet	14. februar 2024
Oversendelse av endelig KS1-rapport	1. mars. 2024

C Notat 1

D Jernbanedirektoratets tilsvaer til Notat 1

E Tiltakskostnader – om metoden

I analyser av tiltak der formålet er å redusere klimagassutslipp skal det beregnes tiltakskostnad. Tiltakskostnad brukes til å sammenligne ulike tiltak, også på tvers av sektorer.

Om metoden for å beregne tiltakskostnader

I Finansdepartementets retningslinjer for samfunnsøkonomiske analyser R-109 står det at for tiltak som «eksplisitt tar sikte på å redusere utslipp av klimagasser, skal det i tillegg gjennomføres en analyse av hvilken karbonpris som er nødvendig for at prosjektet skal være lønnsomt (break-even analyse)». Dette er den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden, slik den er definert av Miljødirektoratet.

I Miljødirektoratets veileder for tiltaksanalyser i beregningen av tiltakskostnader (Miljødirektoratet, 2019) er tiltakskostnader definert som:^{28,29}

$$-\frac{\left(\text{Netto nåverdi av samfunnsøkonomiske virkninger fra basisår til tiltakets slutt (NNV)} - \text{nåverdien av samlet CO}_2\text{utslipp spart fra basisår til tiltakets slutt}\right)}{\text{Samlet CO}_2\text{utslipp spart fra basisår til tiltakets slutt}}$$

Nåverdien av sparte CO₂-utslipp verdsettes og neddiskonteres på samme måte som i beregningen av netto nåverdi av samfunnsøkonomiske virkninger, dvs. karbonprisbanen for ikke-kvotepiktig sektor og kalkulasjonsrenten for samfunnsøkonomiske analyser i dette tilfelle. Verdien regnes for alle sparte (netto) CO₂-utslipp fra basisår til tiltakets slutt, dvs. summen av reduserte utslipp i levetiden fratrukket eventuelle økte utslipp i byggefasen. I praksis innebærer det at det regnes en restverdi for sparte utslipp utover analyseperioden. Utslppsreduksjonene neddiskonteres ikke.

Tiltakskostnaden avhenger av tiltakets levetid, og er samtidig uavhengig av lengden på analyseperioden, så lenge det regnes restverdier for kostnads- og nyttevirksomheter ut tiltakets levetid.

Sammenhengen mellom NNV, tiltakskostnad og karbonprisbanen

Et spørsmål som har dukket opp i arbeidet med kvalitetssikringen av KVV Green er hvordan netto nåverdi av tiltaket kan være negativ når tiltakskostnaden er lavere enn karbonprisbanen i årene hvor utslppsreduksjonene finner sted. Det enkle svaret er at man ikke kan sammenligne tiltakskostnaden som er neddiskontert, direkte med karbonprisbanen slik tiltakskostnaden er definert.

Med utgangspunkt i definisjonen av tiltakskostnad ovenfor kan vi beregne netto nåverdi som:

²⁸ I formelen i Miljødirektoratets veileder står det «Netto nåverdi av samlet samfunnsøkonomiske kostnader» i telleren. Det innebærer altså at det er nåverdien av *kostnader fratrukket nyttevirksomheter*, dvs. -NNV, og kan skape forvirring hos mange. I nevneren i Miljødirektoratets veileder er

²⁹ Det fremkommer ikke av veilederen at man skal trekke fra nåverdien av sparte utslipp fra denne netto kostnaden, men det har fremkommet av tilbakemeldinger fra Miljødirektoratet til KVV Green.

$$NNV = \text{Samlet CO}_2\text{utslipp spart} \times \left(\frac{\text{Nåverdien av samlet CO}_2\text{ utslipp spart}}{\text{Samlet CO}_2\text{ utslipp spart}} - \text{Tiltakskostnad} \right)$$

Nåverdien av sparte CO₂-utslipp er gitt av den neddiskonterte strømmen av årlige utslipp verdsatt etter karbonprisbanen. Nåverdien av sparte CO₂-utslipp per tonn (siste ledd i likningen) er lik den vektete nåverdien av karbonprisbanen, der vektene er de årlige utslippene. Med like store utslippsreduksjoner hvert år vil nåverdien av sparte CO₂-utslipp per tonn være lik nåverdien av karbonprisbanen i den aktuelle perioden.

Som et eksempel kan vi ta K3 Batteri på Nordlandsbanen. Tiltakskostnaden er i KS1 beregnet til å være 1 139 kr/tonn. Nåverdien av sparte CO₂-utslipp i samme konsept er derimot bare 757 kr/tonn. Differansen mellom tiltakskostnaden og nåverdien av utslippsreduksjonene er altså 382 kr/tonn. Dette er for øvrig det samme som netto nåverdi per tonn CO₂ redusert (som vi får ved å dele begge sider av ligningen ovenfor på summen av totale CO₂-utslipp redusert):

$$\frac{NNV}{\text{Samlet CO}_2\text{ utslipp spart}} = \frac{\text{Nåverdien av samlet CO}_2\text{ utslipp spart}}{\text{Samlet CO}_2\text{ utslipp spart}} - \text{Tiltakskostnad}$$

Samlet CO₂-utslipp spart over tiltakets levetid (75 år) for K3 Batteri på Nordlandsbanen er 3,7 mill. tonn CO₂. Differansen mellom nåverdien av av sparte CO₂-utslipp per tonn (757 kr/tonn) og tiltakskostnaden (1 139 kr/tonn), som er -382 kr/tonn, multiplisert med samlet CO₂-utslipp spart (3,7 mill tonn), gir oss den beregnede netto nåverdien av tiltaket lik -1 413 mill. kroner.

Hva hvis man neddiskonterer utslippene?

I beregningen av tiltakskostnader tar man ikke hensyn til når utslippsreduksjonene oppstår. Ett tonn CO₂-utslipp mindre i 2033 er like bra som ett tonn CO₂-utslipp mindre i 2060 eller i 2107. Samtidig neddiskonterer vi kostnadene av å redusere et tonn utslipp i 2107 mer enn kostnaden av å redusere et tonn utslipp i 2033. Det fører til at tiltak med mange kostbare utslippsreduksjoner langt frem i tid, får lavere tiltakskostnad enn et tilsvarende tiltak hvor utslippene kuttes i dag. Utslippsreduksjoner langt frem i tid reduserer altså tiltakskostnaden. Det skjer for eksempel ved at man strekker levetiden ut, og kan være en svakhet ved metoden som gjør det vanskelig å sammenligne tiltak med ulik levetid. Tabell E.1 illustrerer betydningen av levetiden for tiltakskostnaden for K1 Biodiesel i Nordlandsbanen.

Tabell E.1 Tiltakskostnader (kr/tonn) beregnet med ulike forutsetninger om tiltakets levetid, Nordlandsbanen

	1 år	10 år	30 år	75 år
K1 Biodiesel	5 000	4 000	2 900	1 600

Kilde: Vista Analyse

En forenklet tilnærming til dette problemet ville være å neddiskontere utslippene i tonn med samme kalkulasjonsrente som vi neddiskonterer kostnaden av å redusere utslippene.³⁰ Alternativt kunne man konstruere en rente som tar hensyn til drivhuseffekten av utslipp i dag kontra i morgen.

³⁰ Man kunne også tenke seg en rente som tok hensyn til drivhuseffekten, for tilegne utslippskutt i dag mer vekt enn utslippskutt i morgen – som er nettopp det motsatte av tiltakskostnadene slik de regnes i dag gjør.

Dersom vi hadde neddiskontert utslippene (tonn CO₂) med kalkulasjonsrenten, ville «nåverdien» av samlede utslippsreduksjonen i K3 Batteri på Nordlandsbanen vært bare 799 434 tonn CO₂ (kan f.eks. kalles 2023-tonn). Tiltakskostnaden ville med denne utslippsreduksjonen i nevneren være 5 279 kr/tonn. Det kan for mange være intuitivt enklere å forstå at dette er et klimatiltak med negativ netto nytte, ettersom man må vente helt til 2080 før karbonprisbanen er høyere enn denne tiltakskostnaden.

Tiltakskostnad i våre beregninger

Tiltakskostnad er beregnet under forutsetning om 75 års levetid for alle konsepter selv om levetiden for investeringene som inngår varierer mellom konseptene. Dette gir tiltakskostnader som er sammenliknbare på tvers av konseptene i vår analyse, men ikke mot investeringstiltak med kortere levetid i andre analyser. K1 Biodiesel har ingen investeringer, og har en tiltakskostnad på ca. 5 000 kr/tonn når det vurderes som kortsiktig (årlig) tiltak.

F Resultater i KVV

F.1 Resultater av prissatte virkninger

Nedenfor viser vi resultatene av de prissatte virkningene i KVV per banestrekning, omtalt i kapittel 9.1.

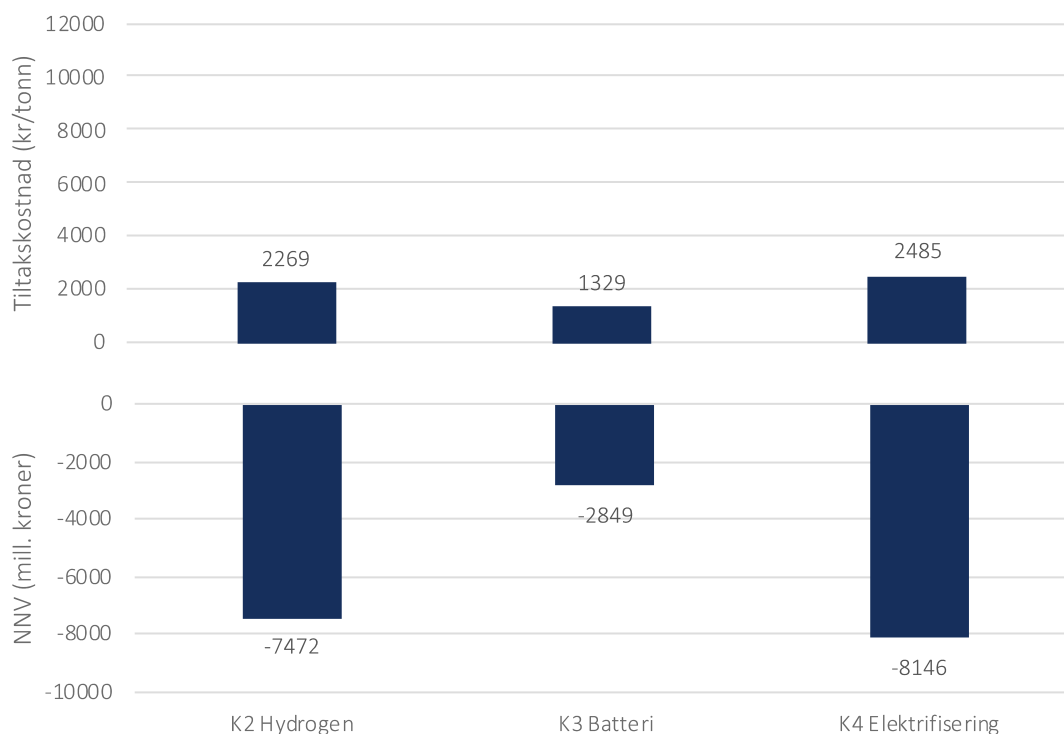
Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten er negativ i alle konsepter på alle banestrekninger. K3 Batteri på Nordlandsbanen er eneste alternativ som havner i tiltakskategori under 1 500 kr/tonn. Alle konsepter på Raumabanen og Røros- og Solørbanen er betydelig høyere enn dette.

F.1.1 Nordlandsbanen

Figur F.1 oppsummerer resultatene av de prissatte virkningene i KVV for Nordlandsbanen.

Alle konsepter har negativ netto nytte. K3 Batteri kommer best ut med samlet netto nytte på -2,9 mrd. kroner og en tiltakskostnad på 1 329 kr/tonn. Netto nytte i K2a Hydrogen og K4 Elektrifisering er betydelig svakere, med hhv. -7,5 mrd. kroner og 8,1 mrd. kroner. Tiltakskostnaden i disse konseptene er hhv. 2 269 og 2 485 kr/tonn.

Figur F.1 Prissatte virkninger i KVV for Nordlandsbanen, netto nåverdi (mill. kroner) og tiltakskostnad (kr/tonn)

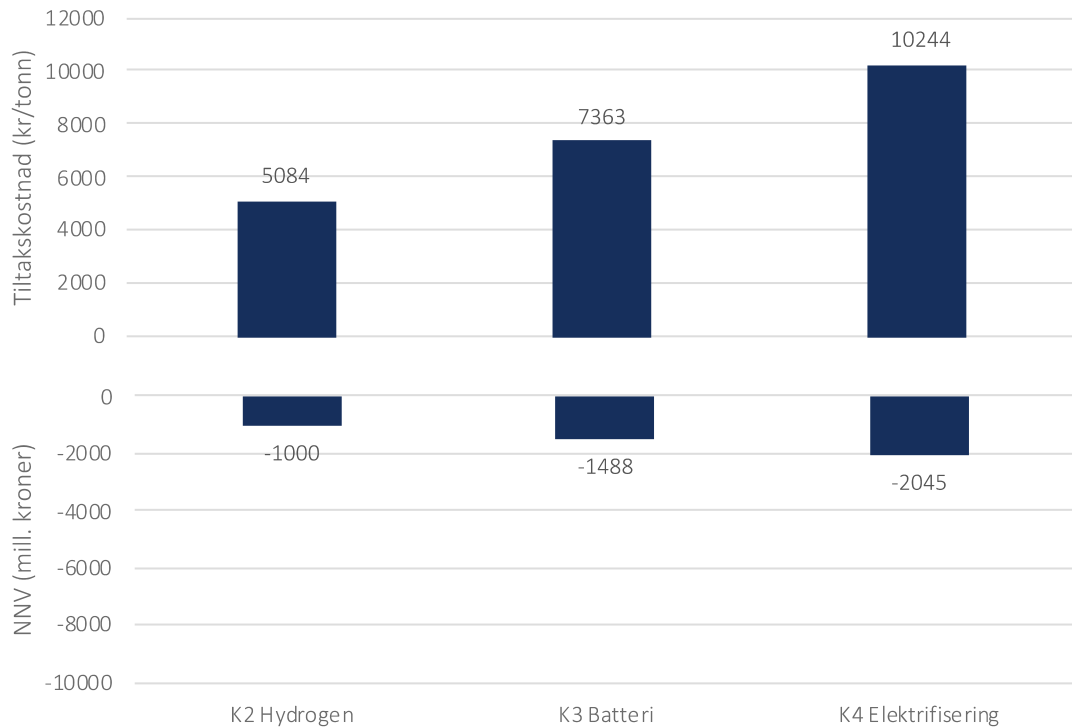


Kilde: KVV Green

F.1.2 Raumabanen

Figur F.2 oppsummerer resultatene av de prissatte virkningene i KVV for Raumabanen. Alle konsepter har negativ netto nytte og høye tiltakskostnader. K2a Hydrogen kommer best ut etter prissatte virkninger, med samlet netto nytte på -1 mrd. kroner, men med en tiltakskostnad på 6 084 kr/tonn. Netto nytte i K3 Batteri og K4 Elektrifisering er hhv. -1,5 mrd. kroner og 2 mrd. kroner. Tiltakskostnaden i disse konseptene er hhv. 7 363 og 10 244 kr/tonn.

Figur F.2 Prissatte virkninger i KVV for Raumabanen, netto nåverdi (mill. kroner) og tiltakskostnad (kr/tonn)

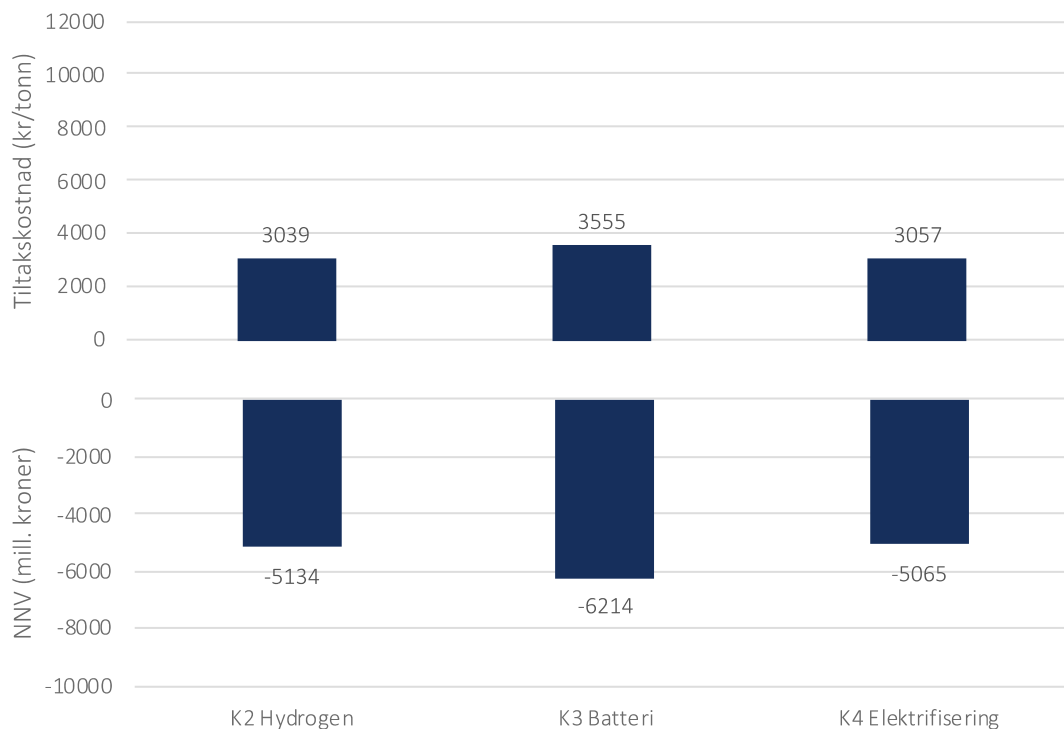


Kilde: KVV Green

F.1.3 Røros- og Solørbanen

Figur F.3 oppsummerer resultatene av de prissatte virkningene i KVV for Røros- og Solørbanen. Alle konsepter har negativ netto nytte og høyere tiltakskostnad enn Nordlandsbanen. K4 Elektrifisering kommer best ut etter prissatte virkninger med samlet netto nytte på -5,065 mrd. kroner, og en tiltakskostnad på 3 057 kr/tonn. K2a Hydrogen kommer noe dårligere ut med netto nytte på -5,134 mrd. kroner og tiltakskostnad på 3 039 kr/tonn. K3 Batteri kommer dårligere ut med en netto nytte på -6,2 mrd. kroner og en tiltakskostnad på 3 057 kr/tonn.

Figur F.3 Prissatte virkninger i KVU for Røros- og Solørbanen, netto nåverdi (mill. kroner) og tiltakskostnad (kr/tonn)



Kilde: KVU Green

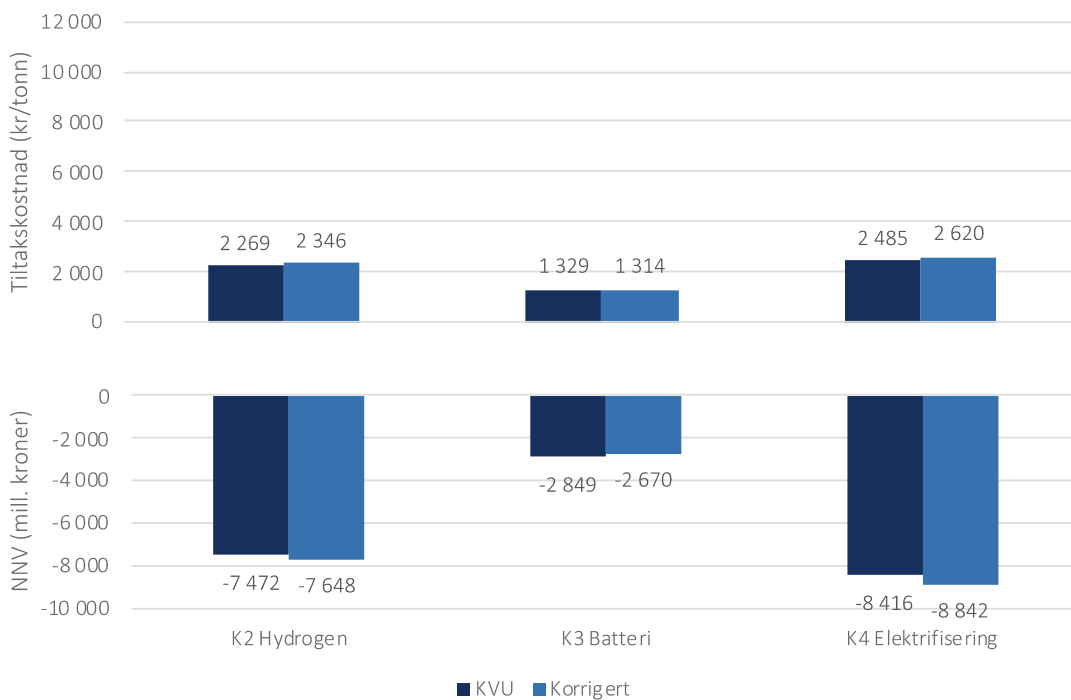
F.2 Virkninger av beregningsfeil i KVU

Vi har oppdaget en del beregningsfeil i KVU, se oversikten i kapittel 9.7.2.

Feilene har størst betydning for netto nåverdi for K3 Batteri (-907 mill. kr) og K4 Elektrifisering (-540 mill. kr) på Røros- og Solørbanen. Feilene har mest å si for tiltakskostnadene på banene med lavest utslipp. Tiltakskostnaden for K2 Hydrogen på Raumabanen øker med 521 kroner, mens tiltakskostnadene for K3 Batteri og K4 Elektrifisering på Røros- og Solørbanen reduseres med henholdsvis 332 og 179 kroner. For Nordlandsbanen er endringene i tiltakskostnadene relativt små, fra en reduksjon på 15 kroner (K3 Batteri) til en økning på 135 kroner (K2 Hydrogen).

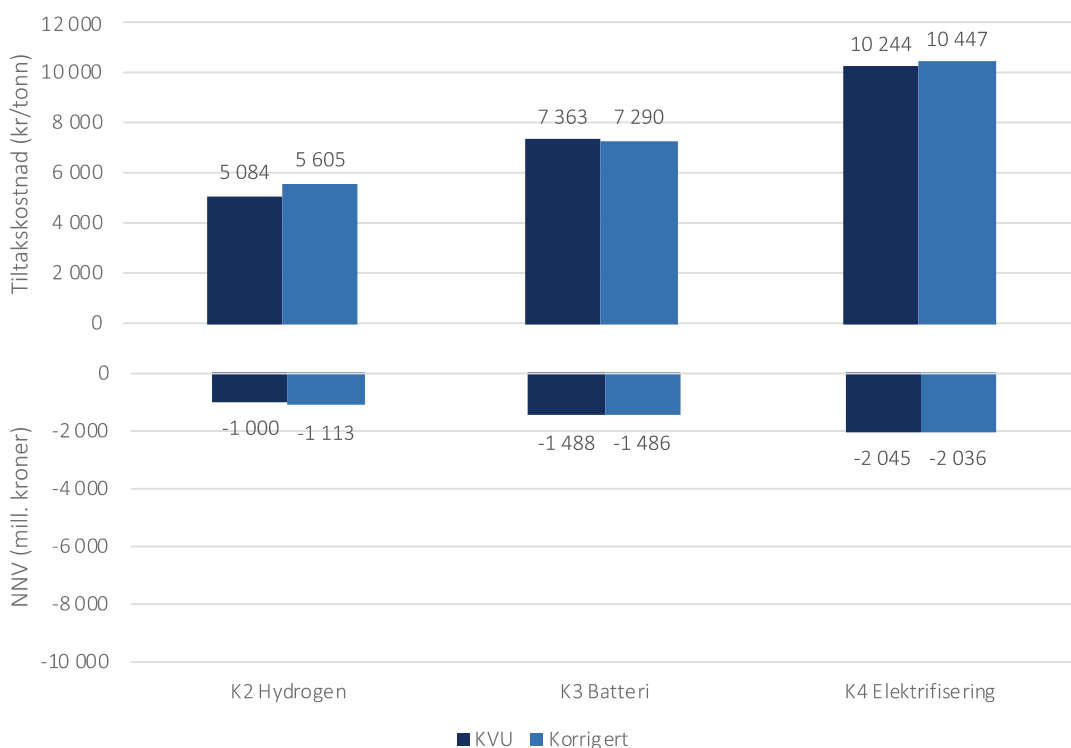
Figur F.4 til Figur F.6 sammenstiller betydningen av beregningsfeilene og viser de korrigerte netto nåverdiene og tiltakskostnadene for hvert konsept på Nordlandsbanen, Raumabanen og Røros- og Solørbanen.

Figur F.4 Nordlandsbanen, NNV og tiltakskostnader i KVV før og etter feilrettinger



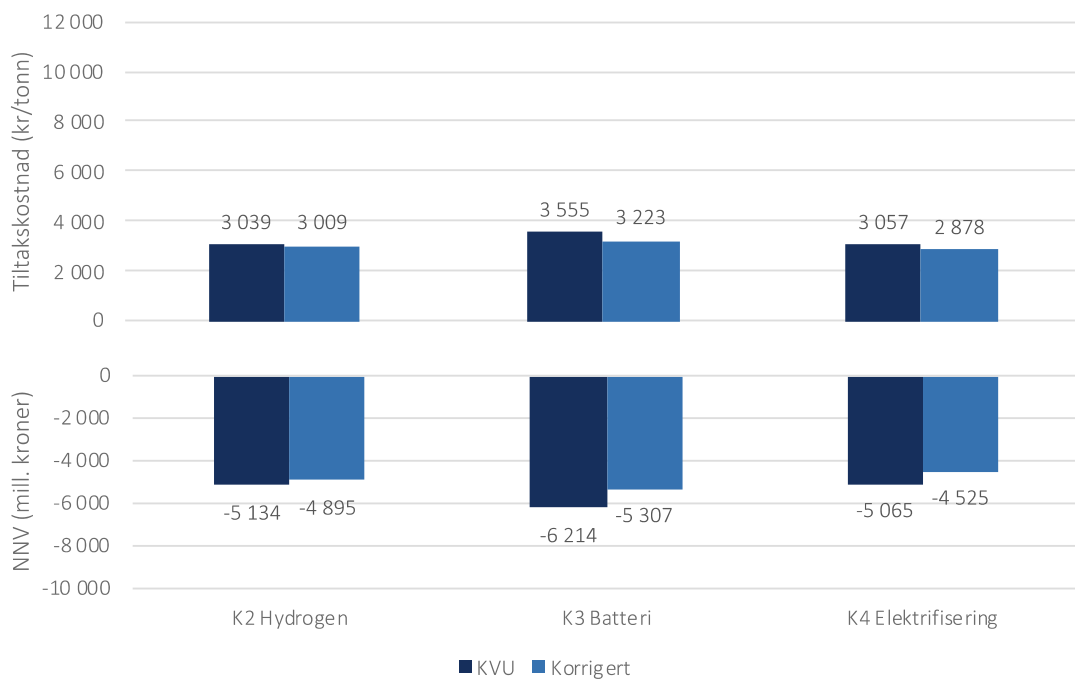
Kilde: KVV Green/Vista Analyse

Figur F.5 Raumabanen, NNV og tiltakskostnader i KVV før og etter feilrettinger



Kilde: KVV Green/Vista Analyse

Figur F.6 Røros- og Solørbanen, NNV og tiltakskostnader i KVU før og etter feilrettinger



Kilde: KVU Green/Vista Analyse

G Vår samfunnsøkonomisk analyse

G.1 Prissatte virkninger i vår samfunnsøkonomisk analyse

Tabellene nedenfor gir utfyllende informasjon om resultatene fra den samfunnsøkonomiske analysen omtalt i kapittel 11.

Tabell G.1 Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Nordlandsbanen

Hovedtabell Nordlandsbanen Nåverdi, mill. 2023-kroner i 2023	K2			K4 Elektri-
	K1 Biodiesel	Hydrogen	K3 Batteri	fisering
Trafikanter				
Trafikantnytte, referanse	0	0	0	0
Trafikantnytte, overført og nyskapt	0	0	0	0
Andre transportmidler (bil, buss, fly)	0	0	0	0
Godskunder	-2 902	-2 506	1 180	3 482
Helsevirkninger for gående og syklende, overført fra bi	0	0	0	0
Endring for trafikanter	-2 902	-2 506	1 180	3 482
Operatører				
Markedsinntekter, persontog	0	0	0	0
Offentlig kjøp av persontransport, persontog	1 094	4 033	-817	-2 897
Endring i drift, avgifter og persontog	-1 094	475	2 088	2 085
Endring i materiell persontog	0	-4 508	-1 271	813
Endring i avgifter og offentlig kjøp, buss og fly	0	0	0	0
Endring for operatører	0	0	-0	0
Det offentlige				
Endring i avgifter (herunder bom- og fergeavgifter)	-1 216	-1 215	-1 202	-1 185
Endring i vedlikehold av infrastruktur	0	-244	-244	-1 332
Offentlig kjøp av persontransport på tog og buss	-1 094	-4 033	817	2 897
Investeringer	-0	-2 298	-4 320	-15 281
Reinvesteringer	0	-700	-193	-216
Endring for det offentlige	-2 309	-8 490	-5 142	-15 116
Samfunnet for øvrig				
Endring i ulykker	0	0	0	0
Endring i støy	0	0	0	-32
Endring i lokale utslipp	0	694	694	1 557
Endring i CO2-utslipp	2 806	2 806	2 806	2 806
Endring i CO2-utslipp i byggefasen	0	-2	-30	-69
Endring i CO2-utslipp arealbeslag	0	0	0	0
Restverdi av tiltak	0	0	0	0
Endring i skattefinansiering	-733	-1 932	-921	-2 704
Endring for samfunnet for øvrig	2 073	1 566	2 549	1 558
Samfunnsøkonomisk brutto nåverdi	-3 137	-5 833	4 002	8 520
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi (NNV)	-3 137	-9 430	-1 414	-10 077
Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)	-1,36	-1,11	-0,27	-0,67
Netto nåverdi per kostnadskrone (NNK)		-6,96	-0,36	-0,73
CO2-utslipp (mill.tonn)	-3,72	-3,72	-3,70	-3,68
Verdi av redusert CO2-utslipp (mill.kr)	2 806	2 806	2 806	2 806
Tiltakskostnad, kroner/tonn	1 596	3 287	1 139	3 504

Kilde: Vista Analyse

Tabell G.2 Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, optimalisering av K3 Batteri Nordlandsbanen

Hovedtabell	Stjørdal- Steinkjer	Mo i Rana- Ørtfjell	K3*	Alt. A	Alt. B1	Alt. B2
Nåverdi, mill. 2023-kroner i 2023						
Trafikanter						
Trafikantnytte, referanse	0	0	0	0	0	0
Trafikantnytte, overført og nyskapt	0	0	0	0	0	0
Andre transportmidler (bil, buss, fly)	0	0	0	0	0	0
Godskunder	418	10	762	762	762	376
Helsevirkninger for gående og syklende, overført fra bi	0	0	0	0	0	0
Endring for trafikanter	418	10	762	762	762	376
Operatører						
Markedsinntekter, persontog	0	0	0	0	0	0
Offentlig kjøp av persontransport, persontog	-1 398	-17	-347	-347	-347	428
Endring i drift, avgifter og persontog	1 030	17	1 059	1 059	1 059	715
Endring i materiell persontog	369	0	-712	-712	-712	-1 144
Endring i avgifter og offentlig kjøp, buss og fly	0	0	0	0	0	0
Endring for operatører	0	0	-0	-0	-0	0
Det offentlige						
Endring i avgifter (herunder bom- og fergeavgifter)	-265	-118	-938	-938	-938	-776
Endring i vedlikehold av infrastruktur	-174	-11	-70	-70	-70	-70
Offentlig kjøp av persontransport på tog og buss	1 398	17	347	347	347	-428
Investeringer	-1 077	-1 189	-4 319	-3 599	-2 309	-2 309
Reinvesteringer	-116	-92	-126	-93	-36	-113
Endring for det offentlige	-234	-1 394	-5 105	-4 353	-3 006	-3 696
Samfunnet for øvrig						
Endring i ulykker	0	0	0	0	0	-0
Endring i støy	0	0	0	0	0	-0
Endring i lokale utslipp	142	81	552	552	552	455
Endring i CO2-utslipp	669	294	2 137	2 137	2 137	2 137
Endring i CO2-utslipp i byggefasen	-30	-30	0	0	0	0
Endring i CO2-utslipp arealbeslag	0	0	0	0	0	0
Restverdi av tiltak	0	0	0	0	0	0
Endring i skattefinansiering	-10	-281	-950	-800	-530	-704
Endring for samfunnet for øvrig	771	64	1 739	1 890	2 159	1 888
Samfunnsøkonomisk brutto nåverdi	2 386	218	2 729	2 729	2 729	1 475
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi (NNV)	955	-1 320	-2 604	-1 702	-85	-1 431
Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)	4,09	-0,95	-0,51	-0,39	-0,03	-0,39
Netto nåverdi per kostnadskrone (NNK)	0,90	-1,13	-0,61	-0,48	-0,04	-0,63
CO2-utslipp (mill.tonn)	-0,88	-0,37	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83
Verdi av redusert CO2-utslipp (mill.kr)	669	294	2 137	2 137	2 137	2 137
Tiltakskostnad, kroner/tonn	-326	4 406	1 678	1 358	786	1 263

Kilde: Vista Analyse

Tabell G.3 Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Raumabanen

Hovedtabell Raumabanen Nåverdi, mill. 2023-kroner i 2023	K2			K4 Elektrifisering
	K1 Biodiesel	Hydrogen	K3 Batteri	
Trafikanter				
Trafikantnytte, referanse	0	0	0	0
Trafikantnytte, overført og nyskapt	0	0	0	0
Andre transportmidler (bil, buss, fly)	0	0	0	0
Godskunder	-116	-214	-46	123
Helsevirkninger for gående og syklende, overført fra bi	0	0	0	0
Endring for trafikanter	-116	-214	-46	123
Operatører				
Markedsinntekter, persontog	0	0	0	0
Offentlig kjøp av persontransport, persontog	63	349	28	-208
Endring i drift, avgifter og persontog	-63	36	112	115
Endring i materiell persontog	0	-385	-140	92
Endring i avgifter og offentlig kjøp, buss og fly	0	0	0	0
Endring for operatører	0	0	-0	-0
Det offentlige				
Endring i avgifter (herunder bom- og fergeavgifter)	-56	-56	-62	-58
Endring i vedlikehold av infrastruktur	0	-49	-111	-217
Offentlig kjøp av persontransport på tog og buss	-63	-349	-28	208
Investeringer	0	-171	-693	-1 838
Reinvesteringer	0	-61	-32	-35
Endring for det offentlige	-119	-686	-926	-1 940
Samfunnet for øvrig				
Endring i ulykker	0	0	0	0
Endring i støy	0	0	0	0
Endring i lokale utslipp	0	32	32	32
Endring i CO2-utslipp	123	123	123	123
Endring i CO2-utslipp i byggefasen	0	-0	-3	-26
Endring i CO2-utslipp arealbeslag	0	0	0	0
Restverdi av tiltak	0	0	0	0
Endring i skattefinansiering	-35	-157	-190	-379
Endring for samfunnet for øvrig	89	-2	-37	-250
Samfunnsøkonomisk brutto nåverdi	-147	-623	-139	181
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi (NNV)	-147	-901	-1 009	-2 067
Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)	-1,23	-1,31	-1,09	-1,07
Netto nåverdi per kostnadskrone (NNK)		-14,64	-1,84	-1,30
CO2-utslipp (mill.tonn)	-0,16	-0,16	-0,16	-0,15
Verdi av redusert CO2-utslipp (mill.kr)	123	123	123	123
Tiltakskostnad, kroner/tonn	1 647	6 261	6 994	15 019

Kilde: Vista Analyse

Tabell G.4 Hovedtabell samfunnsøkonomisk lønnsomhet, Røros- og Solørbanen

Hovedtabell Røros- og Solørbanen Nåverdi, mill. 2023-kroner i 2023	K2			K4 Elektrifisering
	K1 Biodiesel	Hydrogen	K3 Batteri	
Trafikanter				
Trafikantnytte, referanse	0	0	0	0
Trafikantnytte, overført og nyskapt	0	0	0	0
Andre transportmidler (bil, buss, fly)	0	0	0	0
Godskunder	-519	-1 501	-58	342
Helsevirkninger for gående og syklende, overført fra bi	0	0	0	0
Endring for trafikanter	-519	-1 501	-58	342
Operatører				
Markedsinntekter, persontog	0	0	0	0
Offentlig kjøp av persontransport, persontog	543	823	-334	-1 020
Endring i drift, avgifter og persontog	-543	204	707	774
Endring i materiell persontog	0	-1 027	-373	246
Endring i avgifter og offentlig kjøp, buss og fly	0	0	0	0
Endring for operatører	-0	0	0	-0
Det offentlige				
Endring i avgifter (herunder bom- og fergeavgifter)	-309	-309	-299	-290
Endring i vedlikehold av infrastruktur	0	-147	-527	-902
Offentlig kjøp av persontransport på tog og buss	-543	-823	334	1 020
Investeringer	0	-1 058	-3 527	-6 173
Reinvesteringer	0	-476	-65	-70
Endring for det offentlige	-852	-2 812	-4 084	-6 416
Samfunnet for øvrig				
Endring i ulykker	-0	-0	-0	-0
Endring i støy	-0	-0	-0	-0
Endring i lokale utslipp	0	162	162	162
Endring i CO2-utslipp	714	714	714	714
Endring i CO2-utslipp i byggefasen	0	-1	-24	-44
Endring i CO2-utslipp arealbeslag	0	0	0	0
Restverdi av tiltak	0	0	0	0
Endring i skattefinansiering	-219	-703	-824	-1 255
Endring for samfunnet for øvrig	495	173	29	-423
Samfunnsøkonomisk brutto nåverdi	-876	-2 300	198	995
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi (NNV)	-876	-4 140	-4 113	-6 497
Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)	-1,03	-1,47	-1,01	-1,01
Netto nåverdi per kostnadskrone (NNK)		-9,50	-1,40	-1,25
CO2-utslipp (mill.tonn)	-0,95	-0,95	-0,94	-0,92
Verdi av redusert CO2-utslipp (mill.kr)	714	714	714	714
Tiltakskostnad, kroner/tonn	1 667	5 090	5 146	7 803

Kilde: Vista Analyse

G.2 Ikke-prissatte virkninger i vår samfunnsøkonomisk analyse

Tabellene nedenfor gir utfyllende informasjon om vår vurdering av ikke-prissatte virkninger, omtalt i kapittel 11.7.

Tabell G.5 viser hvordan enhetsverdi og kvantum (omfang) til sammen gir den samlede vurderingen.

Tabell G.6 til Tabell G.9 viser de samlede vurderingene av ikke-prissatte virkninger for hvert konsept for hver banestrekning i henhold til verdimatrisemetoden. Her viser vi også K1 Biodiesel, hvor vi antar at det ikke er noen forskjell i de ikke-prissatte virkningene sammenlignet med K0

Nullalternativet. Ettersom samtlige øvrige konsepter innebærer ulike grader av negative ikke-prissatte virkninger vil de for samtlige banestrekninger være rangert dårligere enn K1 Biodiesel.

Tabell G.5 Skalaen i verdimatrisemetoden

Enhetsverdi Kvantum	Enhetsverdi		
	Liten	Middels	Høy
Stort negativ	Middels negativ	Stor negativ	Meget stor negativ
Middels negativ	Liten negativ	Middels negativ	Stor negativ
Lite negativt	Ubetydelig/ingen	Liten negativ	Middels negativ
Hverken eller	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig/ingen
Lite positivt	Ubetydelig/ingen	Liten positiv	Middels positiv
Middels positivt	Liten positiv	Middels positiv	Stor positiv
Stort positivt	Middels positiv	Stor positiv	Meget stor positiv

Kilde: (DFØ, 2023)

Tabell G.6 Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Nordlandsbanen

Konsept	K1 Biodiesel	K2 Hydrogen	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
Pålitelighet	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Sikkerhet	Ubet./ingen	Liten negativ	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Friluftsliv	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Naturressurser	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Landskapsbilde	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ
Naturmangfold	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Kulturarv	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Rangering	1	4	2	3

Kilde: Vista Analyse

Tabell G.7 Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Raumabanen

Konsept	K1 Biodiesel	K2 Hydrogen	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
Pålitelighet	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Sikkerhet	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Friluftsliv	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Naturressurser	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Landskapsbilde	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Liten negativ
Naturmangfold	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Kulturarv	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Rangering	1	2	3	4

Kilde: Vista Analyse

Tabell G.8 Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Rørosbanen

Konsept	K1 Biodiesel	K2 Hydrogen	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
Pålitelighet	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Sikkerhet	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Friluftsliv	Ubet./ingen	Liten negativ	Ubet./ingen	Liten negativ
Naturressurser	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Landskapsbilde	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ
Naturmangfold	Ubet./ingen	Liten negativ	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Kulturarv	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Rangering	1	4	2	3

Kilde: Vista Analyse

Tabell G.9 Oppsummering og rangering av ikke-prissatte virkninger, Solørbanen

Konsept	K1 Biodiesel	K2 Hydrogen	K3 Batteri	K4 Elektrifisering
Pålitelighet	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Sikkerhet	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Friluftsliv	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Naturressurser	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Landskapsbilde	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ
Naturmangfold	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen	Ubet./ingen
Kulturarv	Ubet./ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ
Rangering	1	2	3	3

Kilde: Vista Analyse

H Kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse

Eget dokument (unntatt offentlighet).



Vista Analyse AS
Meltzers gate 4
0257 Oslo

post@vista-analyse.no
vista-analyse.no