

Arbeidsverksted 2

Vedlegg 5.2 KVV GREEN

Hva er en KVV?

For store statlige investeringsprosjekter (> 1 mrd. kr), så skal det gjennomføres en konseptvalgutredning (KVV) med ekstern kvalitetssikring (KS1). I en KVV analyseres transportbehov og andre samfunnsbehov og man vurderer ulike prinsipielle måter å løse behovene på (konsepter). Det skal også inngå en samfunnsøkonomisk analyse av de ulike alternativene. Samferdselsdepartementet har gitt Jernbanedirektoratet i oppdrag å gjennomføre en konseptvalgutredning for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane.

Prosjektledere: Stephen Oommen (Jernbanedirektoratet) og Thomas Odiin (WSP)

Assisterende prosjektledere: Dag Wilhelm Aarsland (Jernbanedirektoratet) og Ludvig Hambro (WSP)

Prosessleder på verkstedet: Maren Foseid (WSP)

Foto: Ludvig Hambro (WSP)

Verkstedrapport: Jørgen Osnes (WSP)

Verkstedrapporten er ikke et ordrett referat, men gjengir oppgaver, arbeidsform og en sammenfatning av forslag og innspill som kom frem på verkstedet i Oslo 5. desember 2022.

Utarbeidet av WSP	Saksnummer 22-7
Godkjent av Jernbanedirektoratet	Dokumentnummer 202300894-7
Dato 05.12.2022	Versjon 01
Endringslogg:	

Innhold

1	Innledning.....	4
1.1	Hensikt og bakgrunn.....	4
1.2	Agenda.....	4
1.3	Deltakere	4
1.4	Oppsummering av arbeidet så langt	5
1.5	Bruk av digitale verktøy under arbeidsverkstedet.....	6
2	Inspirasjonsforedrag	7
3	Gruppeoppgave: Konseptutvikling.....	8
3.1	1a – Ikke-fossil diesel	9
3.2	1b – Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering	9
3.3	2a – Hydrogen.....	9
3.4	2b – Hydrogen med del-elektrifisering	9
3.5	3a – Batteri med lading i stillestand	10
3.6	3b – Batteri med del-elektrifisering.....	10
3.7	4a – Elektrifisering	11
3.8	4b – Elektrifisering uten KL i tunneler	11
3.9	Avslutning.....	11
4	Individuell oppgave: Realistiske konsepter	12
5	Avslutning og veien videre	13
6	Vedlegg.....	14

1 Innledning

Arbeidsverksted 2 ble gjennomført som del av mulighetsstudiet.

1.1 Hensikt og bakgrunn

Samferdselsdepartementet ber i supplerende tildelingsbrev nr. 3 Jernbanedirektoratet om å sette i gang arbeidet med å utarbeide en konseptvalgutredning (KVU) for reduserte utslipp av klimagasser på jernbanen samt at det gjennomføres samfunnsøkonomiske analyser.

KVUen skal blant annet inneholde:

- En vurdering av alternativer som reduserer utslipp fra jernbanen, samt de samfunnsøkonomiske kostnadene ved disse.
- En vurdering av driftsform (dagens løsning vurdert opp mot el, batteri, hybrid, hydrogen, etc.) og tilknyttede behov for investeringer.
- En vurdering av behov for ombygging eller utskifting av eksisterende jernbanekjøretøy.
- Kartlegge behov for infrastrukturtiltak for energiforsyning.
- En vurdering av fordeler og ulemper ved ulike teknologier skal belyses, herunder energieffektiviteten til ulike energibærere.
- En vurdering av rekkefølgen av tiltak basert på kostnad per tonn CO₂.
- Utredningen skal belyse utslipp som teller på det norske klimaregnskapet.

1.2 Agenda

Hensikt	Ansvarlig	Tidsramme
Oppsummering av arbeidet så langt	Stephen Oommen, Thomas Odiin	
Inspirasjonsforedrag	Miljødirektoratet	
Presentasjon av mulige konsepter	Thomas Odiin	
Gruppeoppgaver energibærere	Maren Foseid	
Lunsj		11:45-12:30
Gruppeoppgaver fortsetter		
Oppsummering og veien videre		

Tabell 1 - Agenda til Arbeidsverksted 2 KVU Green

1.3 Deltakere

Det ble gjort en bred interessentanalyse tidligere i KVUen, den og Arbeidsverksted 1 var utgangspunktet for deltakerlisten på arbeidsmøtet. Representerte aktører vises i Figur 1. Fullstendig deltakerliste er lagt ved som vedlegg.



Figur 1 - Sammenstilling av aktørene representert ved Arbeidsverksted 2

1.4 Oppsummering av arbeidet så langt

Ved Thomas Odiin og Maren Foseid, WSP

Thomas presenterte hvordan prosjektgruppen har jobbet med KVUen så langt, og la frem en oppsummering av de fire fullførte fasene Problembeskrivelsen, Behovsanalysen, Strategiske mål og Rammebetingelser for konseptvalg, samt Mulighetsstudie hvor prosjektet nærmer seg ferdig.

Problembeskrivelsen ble utdypet med et overblikk over dagens situasjon med fokus på klimautslipp, konsekvensene av videre utslipp på jernbanen og andre konsekvenser fossil dieseldrift har. Det blir også fokusert på hvorfor det er viktig at vi ser på utslippene til jernbanen, selv om disse ikke nødvendigvis er så store relativt til andre sektorer.

Det ble under behovsanalysen presentert det prosjekttløsende behovet *Samfunnet har behov for at jernbanesektoren bidrar til at Norges forpliktelser til å redusere klimagassutslipp nås*. Men en rekke andre viktige behov, slik som arbeidsmiljø, lokalmiljø, regelverk, langsiktige løsninger, energieffektive løsninger, tilgjengelige kompatible arbeidsmaskiner, forutsigbarhet og tilpassinger av eksisterende løsninger ble også presentert.

Under strategiske mål og rammebetingelser for konseptvalg ble samfunnsmålet presentert som *Redusere klimagassutslipp fra jernbanen*, med følgende effektmål:

- 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 energiresurser.
- Togtilbudets attraktivitet ivaretas uavhengig av valgt klimavennlige løsninger.

Videre ble rammebetingelser med utgangspunkt i samfunns- og effektmålene presentert som

1. Løsningen må bidra til å redusere klimagassutslipp som teller på Norges klimagassregnskap i 2030 og bidrar til et lavutslippssamfunn i 2050.
2. Løsningen må ikke bidra til å øke de globale klimagassutslippene.

Og andre rammebetingelser:

3. Teknologiske løsninger skal ha et akseptabelt modenhetsnivå, være kompatible med dagens teknologi og tilfredsstillende krav til interoperabilitet. Valgt løsning skal minimum tilfredsstillende eller være bedre enn fastsatte krav til driftsstabilitet og regularitet.

I gjennomgangen av mulighetsstudiet så langt ble firetrinnsmetodikken presentert som valgt metodikk for å åpne mulighetsrommet. Metodikken ser på tiltak som kan redusere behovet, tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende løsninger, mindre investeringer og større investeringer. Ved bruk av firetrinnsmetodikken har det kommet opp nesten 50 muligheter i mulighetsrommet.

Disse mulighetene gikk så gjennom en silingsprosess basert på prosjektets rammer, behov og måloppnåelse. Det ble presentert hvordan prosjektet hadde jobbet med silingen, samt hvilke egenutviklede verktøy som var brukt. Silingen resulterte i 9 konsepter som prosjektet vil jobbe videre med.

1.5 Bruk av digitale verktøy under arbeidsverkstedet

WSP valgte å benytte seg av digitale verktøy under arbeidsverkstedet. Programmene Menti og Miro ble begge brukt for å inkludere interessentene i verkstedet. Programmet Menti er et enkelt responsverktøy der man hurtig får overblikk over deltageres synspunkter. Svarene ble rangert i sanntid, noe som gjorde det enkelt for deltagerne å følge prosessen. Miro er et arbeidsrom hvor deltagerne har mulighet til å legge igjen tilbakemeldinger på Post-it lapper på forhåndsdefinerte spørsmål. Under gjennomføringen ble de forhåndsdefinerte kortene gjennomgått i plenum, før deltagerne fikk mulighet til å fylle de ut i gruppene.



Bilde 1 - Bruk av det digitale verktøyet Menti. Foto: Ludvig Hambro, WSP

2 Inspirasjonsforedrag

Utslippskutt i (og ved hjelp av) jernbanesektoren

Ved Lars Henning Wøhncke, Miljødirektoratet

Miljødirektoratet ble invitert til å holde et inspirasjonsforedrag om utslippskutt i og ved hjelp av jernbanesektoren. Foredraget gikk inn på relevante problemstillinger og relevante funn for KVV Green, deriblant hvordan vi ligger an til å nå klimamålene, både for Norge som en helhet og for den norske transportsektoren. Det ble også gjort sammenligninger med andre transportsektorer og oppfordret til mer arbeid for å nå de satte klimamålene. Det vises til vedlagte lysbilder fra presentasjonen.



Bilde 2 - Presentasjon Miljødirektoratet. Foto: Ludvig Hambro, WSP

3 Gruppeoppgave: Konseptutvikling

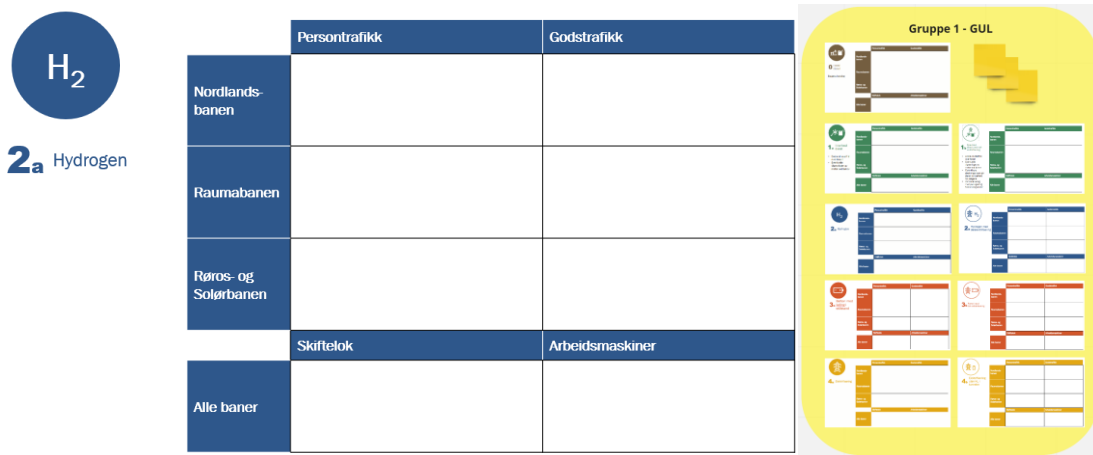
Ved Thomas Odiin og Maren Foseid, WSP

Som en innledning ble det holdt en kort innledning til oppgaven og de ni konseptene etter silingsprosessen ble presentert. Thomas gikk kort gjennom hvert enkelt prosjekt før Maren presenterte Miro og bruken av verktøyet.

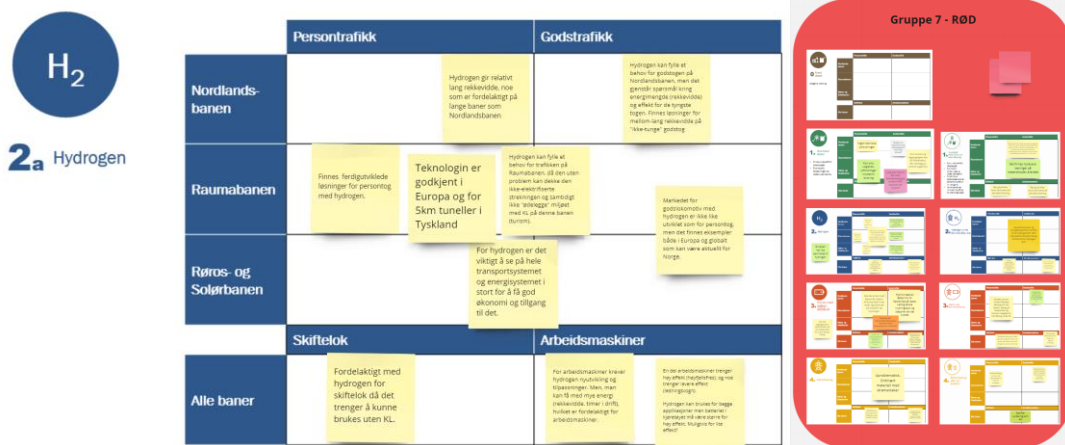
Deltagerne ble bedt om å bidra på beskrivelse og detaljering av konseptene, og fikk spørsmålene:

- Hvilke segmenter i konseptene kan være aktuelle?
- Er konseptet mer aktuelt for en spesiell geografi eller type kjøretøy?
- Er konseptet uaktuelt for deler av jernbanenettet?
- Finnes det spesielle problempunkter?
- Finnes det spesielle løsninger for deler av konseptene?

Gruppene fikk en mer detaljert forklaring av hvert enkelt konseptkort før de fikk 15 minutter på å supplere gruppevis.



Figur 2 - Eksempel på konseptkort og utklipp fra Miro før gruppeoppgaven



Figur 3 - Eksempel på utfylt konseptkort og utklipp fra Miro etter gruppeoppgaven

Gruppene jobbet bra med oppgavene og det kom en rekke gode innspill. Det er tydelig at gruppene har forskjellige meninger om en del teknologier, og da spesielt knyttet til modenhet. En oppsummering av innspillene for de forskjellige konseptene følger.

3.1 1a – Ikke-fossil diesel

Flere av gruppene kommenterte at bruken av eksisterende infrastruktur, eksisterende tog og hurtig overgang var store fordeler ved bruke av Ikke-fossil diesel. I tillegg kan eksisterende kjøretøy bli brukt ut levetiden. Det ble også nevnt at dette kan være en god løsning i overgangsfasen til en annen teknologi.

Allikevel ble det påpekt utfordringer spesielt knyttet til type drivstoff, om produksjons av drivstoff kan utfordre f.eks. matproduksjon, den norske og globale tilgjengeligheten, og om jernbanen er en sektor som blir prioritert når det kommer til bruken av ikke-fossilt drivstoff. Infrastrukturkostnadene er lave, men driftskostnadene kan bli betraktelig dyrere ettersom ikke-fossil diesel kan være svært dyrt. Videre ble det påpekt utfordringer knyttet til lave temperaturer og enkelte typer ikke-fossil diesel.

3.2 1b – Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

De fleste punktene fra 1a – Ikke-fossil diesel går også igjen her.

Flere av gruppene kommenterte fordelene ved bruken hybride maskiner, spesielt at bimodale kjøretøy og arbeidsmaskiner kan brukes på alle banestrekker. Hvordan Raumabanen og Rørosbanen kan kombineres med Dovrebanen blir flere ganger trukket frem som eksempel. Det samme gjør elektrifisering opp Saltfjellet og på andre energikrevende strekninger. Det blir også nevnt som en god løsning for å slippe å elektrifisere tunneller, broer og andre kostbare områder. Det blir også nevnt som en god løsning i en overgangsfase fra delelektrifisering til helelektrifisering. Videre er lang rekkevidde, god forutsigbarhet og god kapasitet noen av punktene som går igjen. En løsning som ikke krever KL hele veien vil også kunne spare naturen i områder hvor det ikke er ønsket å bygge ut ledningsnett.

Det ble satt spørsmål til hvordan andre land vil håndtere de ulike teknologiene og om det blir for mange ulike system. Det ble også satt spørsmål om kostnaden til del-elektrifisering gjør løsningen for dyr. Videre blir det nevnt at forbrenningsmotorer også krever mye vedlikehold sammenlignet med andre teknologier.

Det ble kommentert at del-elektrifisering for skiftmateriell ikke er nødvendig ettersom terminalene gjør det vanskelig med KL.

3.3 2a – Hydrogen

Flere av gruppene kommenterte at teknologien begynner å bli moden for persontrafikk, og at det allerede finnes kommersielle tog for opptil 1 000 km godkjent for bruk i EU. Det blir også nevnt at teknologien er godkjent i Europa for opptil 5 km tunell. Videre ble det nevnt at det er planlagt/bygges flere hydrogenfabrikker på strategisk smarte steder for jernbanen. Modenheten for godstrafikk er ikke på samme nivå som persontrafikk. Det blir også nevnt at hydrogen satses på i EU. Videre nevnes det at det vil gå raskere å innføre hydrogen enn å bygge ut KL på resterende banestrekninger.

Flere av gruppene påpeker at regelverket rundt sikkerheten til bruken og lagring av hydrogen ikke er modent, og at det må oppdateres før hydrogen kan brukes. Det er behov for utbygging av lokal infrastruktur for fylling. Enkelte nevner også at hydrogentanker brenselceller, og batteri blir for plasskrevende, spesielt for arbeidsmaskiner.

Det blir satt spørsmål om driftskostnaden for hydrogen i forhold til andre teknologier. Det ble også gjort enkle utregninger av energieffektivitet, men ved etterkontroll av utregningene kommer det frem at disse ikke stemmer.

3.4 2b – Hydrogen med del-elektrifisering

De fleste punktene fra 2a – Hydrogen går også igjen her.

Flere av gruppene kommenterte fordelene ved bruken hybride maskiner, spesielt at bimodale kjøretøy og arbeidsmaskiner kan brukes på alle banestrekker. Hvordan Raumabanen og Rørosbanen kan kombineres med Dovrebanen blir flere ganger trukket frem som eksempel. Det samme gjør elektrifisering opp Saltfjellet og på andre energikrevende strekninger. Det blir også nevnt som en god løsning for å slippe å elektrifisere tunneller, broer og andre kostbare områder. Det blir også nevnt som en god løsning i en overgangsfase fra

delelektrifisering til helelektrifisering. Videre er lang rekkevidde, god forutsigbarhet og god kapasitet noen av punktene som går igjen. En løsning som ikke krever KL hele veien vil også kunne spare naturen i områder hvor det ikke er ønsket å bygge ut ledningsnett.

Det ble satt spørsmål til hvordan andre land vil håndtere de ulike teknologiene og om det blir for mange ulike system. Det ble også satt spørsmål om kostnaden til del-elektrifisering gjør løsningen for dyr. Videre blir det nevnt at forbrenningsmotorer også krever mye vedlikehold sammenlignet med andre teknologier.

Det ble kommentert at del-elektrifisering for skiftmateriell ikke er nødvendig ettersom terminalene gjør det vanskelig med KL.

Flere grupper stiller spørsmål ved lønnsomheten ved å både bruke hydrogen og KL, og det blir nevnt at hydrogen muligens ikke blir lønnsomt om det også elektrifiseres.

3.5 3a – Batteri med lading i stillestand

Flere av gruppene påpeker at teknologien ikke er moden for lange strekker, spesielt for godstrafikk. For lange avstander vil det kreves mange ladestopp, eller behov for batteribytte. Det antas at dagens teknologi ikke har mer enn 120 km rekkevidde. Det kan kreve opptil flere batterivogner, spesielt for gods. Mulighetene for regenerering ved bremsing blir trukket frem som en viktig fordel.

Det blir påpekt at det kreves mer utvikling for å gjøre batteridrift aktuelt for godstog ettersom det vil kreve mye vekt, og batteriene vil ta mye av nyttelasten.

Det er flere muligheter for lading underveis, enten ved plattformer eller på designerte ladestasjoner. Ladestopp underveis vil kreve kryssingsspor. Batteribytte kan også være et alternativ som vil bruke kortere tid. Dette kan skje både underveis og på endestoppene. Det skjer mye utvikling innenfor batteribytte i skipsindustrien, dette er noe jernbanen kan utnytte. Flere av gruppene trekker frem utfordringene knyttet til tilgang til nettkapasitet, og belastningen lading kan gi strømnettet. En løsning kan være langtidslading om vognene byttes ved endestasjonene.

Det ble også stilt spørsmål rundt sikkerhetssertifisering av batterier med tanke på brannikkerhet, da spesielt i tunneller.

Flere av gruppene ser fordelene for batteri i skiftelok. Batterier har mulighet til å gi høy effekt og skifteløket kan lades når det ikke brukes. Arbeidsmaskiner må derimot ha lademuligheter på fremmøtested.

3.6 3b – Batteri med del-elektrifisering

De fleste punktene fra 3a – Batteri med lading i stillestand går også igjen her.

Flere av gruppene kommenterte fordelene ved bruken hybride maskiner, spesielt at bimodale kjøretøy og arbeidsmaskiner kan brukes på alle banestrekker. Hvordan Raumabanen og Rørosbanen kan kombineres med Dovrebanen blir flere ganger trukket frem som eksempel. Det samme gjør elektrifisering opp Saltfjellet og på andre energikrevende strekninger. Det blir også nevnt som en god løsning for å slippe å elektrifisere tunneller, broer og andre kostbare områder. Det blir også nevnt som en god løsning i en overgangsfase fra delelektrifisering til helelektrifisering. Videre er lang rekkevidde, god forutsigbarhet og god kapasitet noen av punktene som går igjen. En løsning som ikke krever KL hele veien vil også kunne spare naturen i områder hvor det ikke er ønsket å bygge ut ledningsnett.

Det ble satt spørsmål til hvordan andre land vil håndtere de ulike teknologiene og om det blir for mange ulike system. Det ble også satt spørsmål om kostnaden til del-elektrifisering gjør løsningen for dyr. Videre blir det nevnt at forbrenningsmotorer også krever mye vedlikehold sammenlignet med andre teknologier.

Det ble kommentert at del-elektrifisering for skiftmateriell ikke er nødvendig ettersom terminalene gjør det vanskelig med KL.

Det blir påpekt at denne løsningen gir togene muligheten til å lade underveis, og at dette vil løse flere av problemene som en helbatteriløsning har. Flere grupper ser på dette som en veldig god løsning på veien mot helelektrifisering.

3.7 4a – Elektrifisering

Flere av gruppene påpeker at elektrifisering er en god, pålitelig og moden løsning. Alle kjøretøy vil også kunne bli brukt på alle strekninger. Dette vil også kunne gi lavere kostnader knyttet til anskaffelser i fremtiden. Det blir også nevnt at elektrifisering vil ha de laveste driftskostnadene, men samtidig de høyeste investeringskostnadene. Elektrifisering blir derfor nevnt som en veldig kostnadseffektiv løsning om det er nok trafikk, men at trafikken i Norge ikke er høy nok per dags dato. Andre grupper beskriver det som en lite samfunnsøkonomisk løsning. Det er spesielt stor usikkerhet knyttet til kostnadene for elektrifisering av tunneller og broer, og at det i noen tilfeller vil kreve store ombygginger.

Rørosbanen og Dovrebanen blir tatt opp som gode løsninger for elektrifisering, og da spesielt for godstrafikk ettersom banen kan brukes om hverandre.

Gruppene nevner også at i tillegg til å være dyrt vil utbyggingen av resterende banestrekninger medføre stans i trafikk over lengre perioder. Flere av gruppene stiller også spørsmål til hvor store utslippene for utbygging av KL vil bli. Videre blir det nevnt at KL ikke nødvendigvis er ønsket i alle områder grunnet den visuelle miljøeffekten, da spesielt knyttet til turisme.

Løsningen er ikke aktuell for skiftelok ettersom terminalene gjør det vanskelig med KL. Arbeidsmaskinene vil også ha behov for en alternativ energibærer i tillegg.

3.8 4b – Elektrifisering uten KL i tunneler

De fleste punktene fra 1a – Ikke-fossil diesel går også igjen her.

Flere av gruppene kommenterte fordelene ved bruken hybride maskiner, spesielt at bimodale kjøretøy og arbeidsmaskiner kan brukes på alle banestrekker. Hvordan Raumabanen og Rørosbanen kan kombineres med Dovrebanen blir flere ganger trukket frem som eksempel. Det samme gjør elektrifisering opp Saltfjellet og på andre energikrevende strekninger. Det blir også nevnt som en god løsning for å slippe å elektrifisere tunneller, broer og andre kostbare områder. Det blir også nevnt som en god løsning i en overgangsfase fra delelektrifisering til helelektrifisering. Videre er lang rekkevidde, god forutsigbarhet og god kapasitet noen av punktene som går igjen. En løsning som ikke krever KL hele veien vil også kunne spare naturen i områder hvor det ikke er ønsket å bygge ut ledningsnett.

Det ble satt spørsmål til hvordan andre land vil håndtere de ulike teknologiene og om det blir for mange ulike system. Det ble også satt spørsmål om kostnaden til del-elektrifisering gjør løsningen for dyr. Videre blir det nevnt at forbrenningsmotorer også krever mye vedlikehold sammenlignet med andre teknologier.

Det ble kommentert at del-elektrifisering for skiftemateriell ikke er nødvendig ettersom terminalene gjør det vanskelig med KL.

Flere grupper nevner at det blir for dyrt selv om ikke tunneller og andre vanskelige områder blir elektrifisert.

3.9 Avslutning

Avslutningsvis presenterte Maren veien videre og hvordan vi det vil jobbes med resultatene fra gruppeoppgaven. Gruppene fikk også i oppgave å se på de andre gruppene har lagt inn på sine kort. Verktøyet Miro ble holdt åpen resten av dagen slik at de som ønsket kunne bruke mer tid på hva de andre gruppene hadde gjort, supplere egne ark eller lagre det som var gjort om de ønsket det. Avslutning

4 Individuell oppgave: Realistiske konsepter

Ved Thomas Odiin og Maren Foseid, WSP

Som en innledning ble det holdt en kort innledning til oppgaven og bruken av Menti som et digitalt verktøy.

Her skulle hver enkelt deltager vurdere de forskjellige konseptene på måloppnåelse for redusert klimagassutslipp og realiserbarheten til konseptet. Oppgaven er laget slik at deltagerne skal kunne reflektere over hvordan konseptene står individuelt, men også hvordan de stiller mot hverandre. Resultatet bli fremstilt i en matrise, se **Feil! Fant ikke referanse-kilden..**



Bilde 3 - Foto: Ludvig Hambro



Figur 4 - Resultater etter den individuelle oppgaven

5 Avslutning og veien videre

Ved ass. prosjektlederne Dag Aarsland fra Jernbanedirektoratet og WSP, og Thomas Odiin, Prosjektleder WSP

Mot avslutningen presenterte Thomas hvor langt KVUen har kommet i gjennomføringen, hva som gjenstår, planen videre og når prosjektet skal avsluttes.

Dag informerte om fristen for interessenter til å sende inn innspill

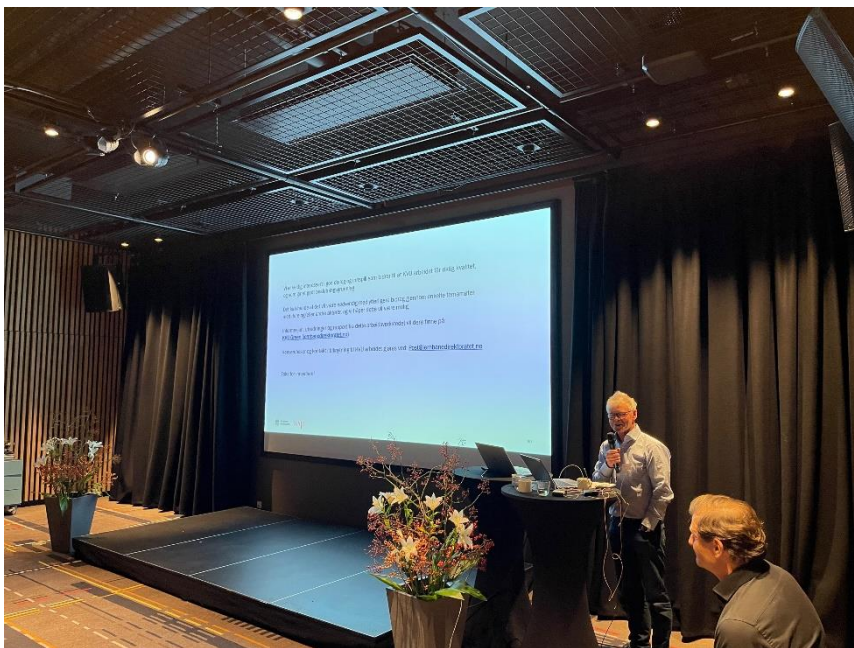
Dag oppfordret til å mer dialog og innspill som kunne bidra til økt kvalitet og beslutningsgrunnlag. Samt informerte om hvor det kan finnes offentlig informasjon om KVU Green ([KVU Green \(jernbanedirektoratet.no\)](https://www.jernbanedirektoratet.no))

Det ble satt en frist for innspill til KVUen mandag 12.12.2022 klokken 12.00. Alle henvendelser og kontakt i tilknytning til KVU arbeidet gjøres ved post@jernbanedirektoratet.no.

Dag presenterte også hvordan det er jobbet med RFI og hvordan vi vil arbeide videre med resultatene av den.

Helt avslutningsvis blir det takket for deltagelsen og gjennomføringen av arbeidsverkstedet.

Takk for innsatsen og god tur hjem.



Bilde 4 – Dag Aarsland takker for god innsats og avslutter Arbeidsverksted 2

6 Vedlegg

- Vedlegg 1 – Deltakerliste Arbeidsverksted 2 (PDF)
- Vedlegg 2 – Presentasjon Arbeidsverksted 2 (PDF)
- Vedlegg 3 – Resultater Gruppeoppgave: Konseptutvikling (PDF)
- Vedlegg 4 – Resultater Individuell Oppgave (PDF)

KVU GREEN: ARBEIDSVERKSTED 2- DELTAGERLISTE

ID	Fornavn og etternavn/ Full name2	Virksomhet/Company	Gruppe
15	Thomas Odiin	AVEC AS	0
2	Stephen Oommen	Jernbanedirektoratet	0
13	Jørgen Osnes	WSP	0
43	Maren Foseid	WSP	0
18	Therese Skåtun	WSP	0
16	Ludvig Hambro	WSP Norge AS	0
45	Njål Svingheim	Jernbanedirektoratet	0
48	Morten Flisnes	Jernbanedirektoratet	1
24	Nils Henning Anderssen	Jernbanedirektoratet	1
51	Paul Mangnar Runnestø	Jernbanedirektoratet	1
25	Lars Henning Wøhncke	Miljødirektoratet	1
17	Bernd Wittgens	SINTEF	1
38	Federico Zenith	SINTEF	1
30	Ingar Østerby	Jernbanedirektoratet	1
49	Beate Elisabeth	Bane NOR	2
26	Eiril Bjørnstad	Bane NOR	2
9	Marit Linnerud	Bane NOR	2
36	Rune A. Eriksen	BaneNor	2
1	Dag Aarland	Jernbanedirektoratet	2
14	Marina Stanimirov	Spordrift AS	2
40	Pia Farstad von Hall	Biogass Norge	3
27	Arnhild Wartainen	Drivkraft Norge	3
38	Ingelin Noresjø	Grønt Landtransportprogram	3
3	Ingebjørg Telnes Wilhelmsen	Norsk Hydrogenforum	3
41	Hans Petter Rebo	Norsk Industri	3
49	Hans Petter Rebo	Norsk Industri	3
21	Kåre Nerm	Norwegian Hydrogen AS	3
6	Johan Näreby	Alstom	4
5	Carl Åge Bjørgan	Alstom Norway	4
52	Øystein Hæhre	Hitachi Energy	4
39	Razieh Nejati Fard	Norske tog AS	4
42	Christian Jahr	Siemens Mobility	4
53	Kim Biensø	Stadler	4
23	Henrik Karlsson	WSP	4
32	Frida Christine Dahl	Innlandet fylkeskommune	5
4	Øystein Sjølie	Innlandet fylkeskommune	5
28	Frode Hjelde	Jernbanedirektoratet	5
11	Elin Kamsvåg	Møre og Romsdal fylkeskommune	5
22	Stian Jensen	Nordland fylkeskommune	5
44	Per Fjeldal	Statens vegvesen	5
34	Sigve Aasebø	Statens vegvesen	5
10	Jimmy Grandin	Trafikverket	5
47	Geir Vadseth	Jernbanedirektoratet	6
8	Erik Halland	CargoNet AS	6
19	Bjørn Bryne	Jernbanedirektoratet	6
46	Vedran Mandic	Jernbanedirektoratet	6
29	Jon Robert Dohmen	Jernbanedirektoratet	6

20	Philip Brännström	SJ AS	6
7	Fredric Madsen	Vygruppen	6
50	Eirik Knutsen Tunesveit	Bane NOR	7
33	Atle Einarson	JDIR	7
37	Per Ståhl	Jernbanedirektoratet	7
35	Roy Sannerhaugen	Mantena AS	7
12	Ulf Marklund	Railcare Group AB	7
31	Odd Einar Straume	Spordrift	7
24	Pål Foshaugen	Bane NOR	7

Arbeidsverksted 2 - KVU for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane

5. Desember 2022

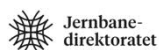




Biogass Norge



Statens vegvesen



Hensikt

- Samferdselsdepartementet ber i supplerende tildelingsbrev nr. 3 Jernbanedirektoratet om å sette i gang arbeidet med å utarbeide en konseptvalgutredning (KVU) for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane samt at det gjennomføres samfunnsøkonomiske analyser.



KVUen skal bl.a. inneholde

- En vurdering av alternativer som reduserer utslipp fra jernbanen, samt de samfunnsøkonomiske kostnadene ved disse.
- En vurdering av driftsform (dagens løsning vurdert opp mot el, batteri, hybrid, hydrogen etc.) og tilknyttede behov for investeringer.
- En vurdering av behov for ombygging eller utskifting av eksisterende jernbanekjøretøy.
- Kartlegge behov for infrastrukturtiltak for energiforsyning
- En vurdering av fordeler og ulemper ved ulike teknologier skal belyses, herunder energieffektiviteten til ulike energibærere.
- En vurdering av rekkefølgen av tiltak basert på kostnad per tonn CO2
- Utredning skal belyse utslipp som teller på det norske klimaregnskapet.

Kilde: Supplerende tildelingsbrev nr. 3



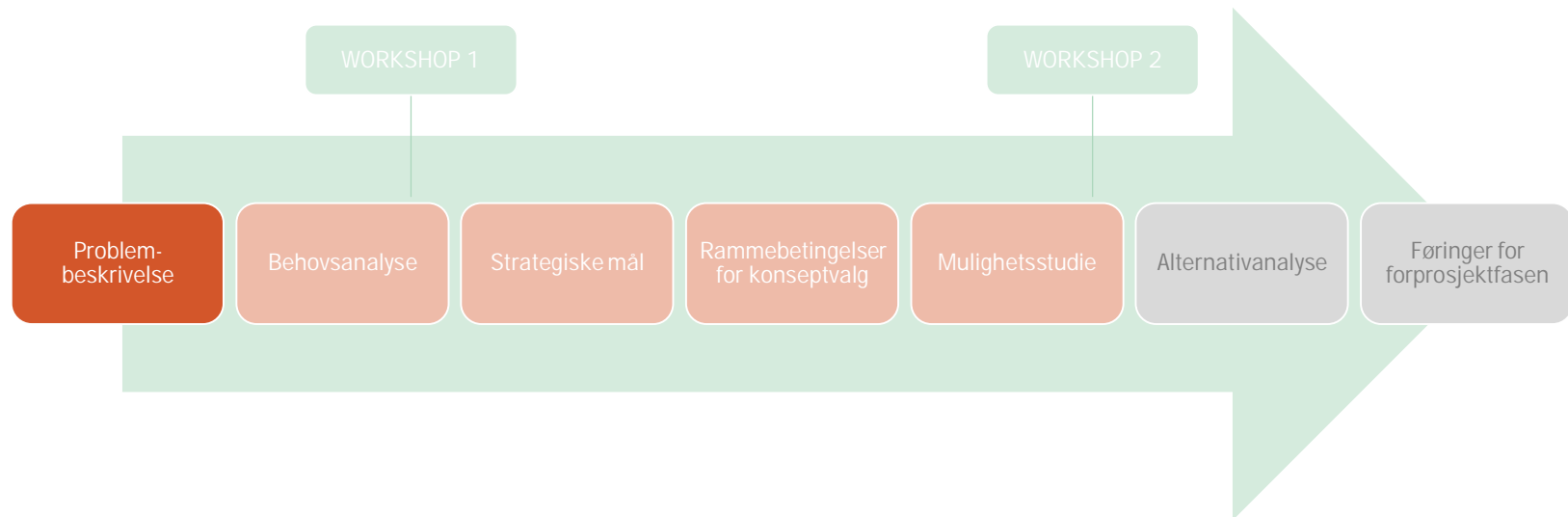
Agenda

Hensikt	Ansvarlig	Tidsramme
Oppsummering av arbeidet så langt	Stephen Oommen, Thomas Odiin	
Inspirasjonsforedrag	Miljødirektoratet	
Presentasjon av mulige konsepter	Thomas Odiin	
Gruppeoppgaver energibærere	Maren Foseid	
Lunsj		11:45-12:30
Gruppeoppgaver fortsetter		
Oppsummering og veien videre		

Oppsummering av arbeidet så langt

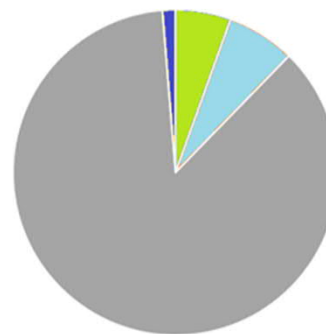


Problembeskrivelse



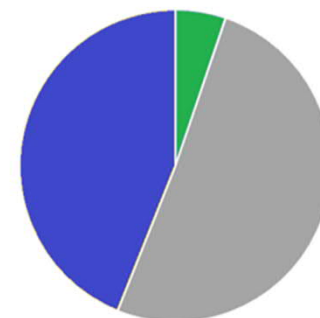
Klimagassutslipp på jernbanen

- Utredningen konsentreres om Persontog, godstog og drift/vedlikehold/fornyelse
- Nybygging er av samme karakter som annen anleggsvirksomhet i samfunnet, og forutsettes å følge klimagassreduserende tiltak i anleggssektoren for øvrig



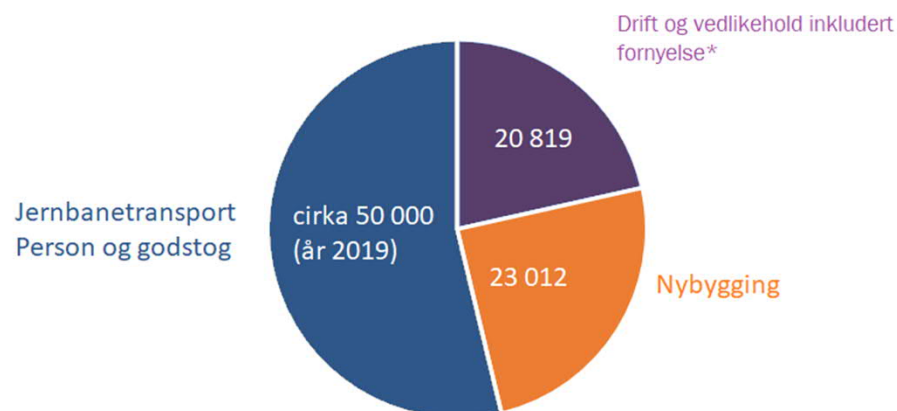
Persontransport	Mill personkm	prosent
Skinnegående transport*	4677	5,5
Lufttransport	5776	6,7
Veitransport	73413	86,4
Sjøtransport	1098	1,3
Sum	84964	

* merk skinnegående, som omfatter mer enn jernbanen



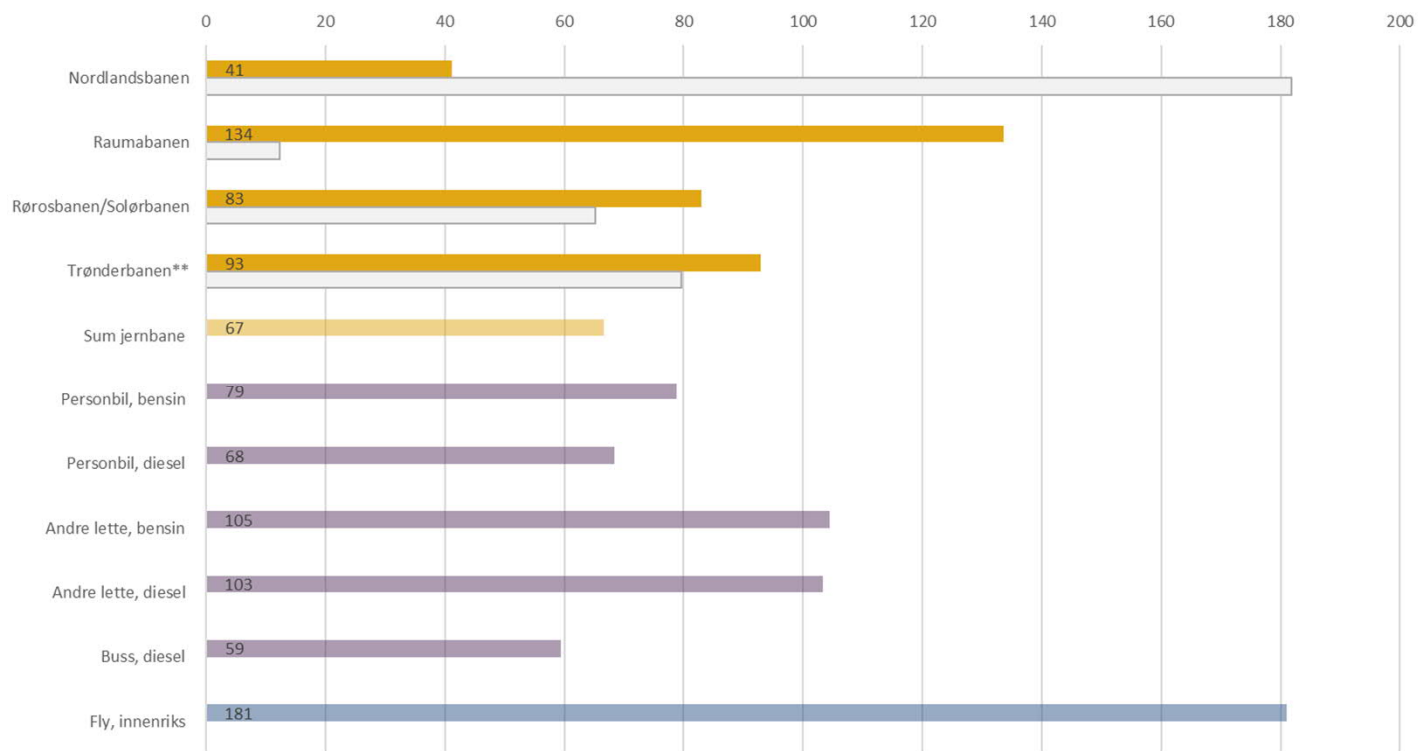
Godstransport	Mill tonnkm	prosent
Jernbanetransport	2106	5,2
Lufttransport	10	0
Veitransport	20526	51
Sjøtransport*	17750	44
Sum	40392	

* merk transport til norsk kontinentalsokkel er ikke inkludert



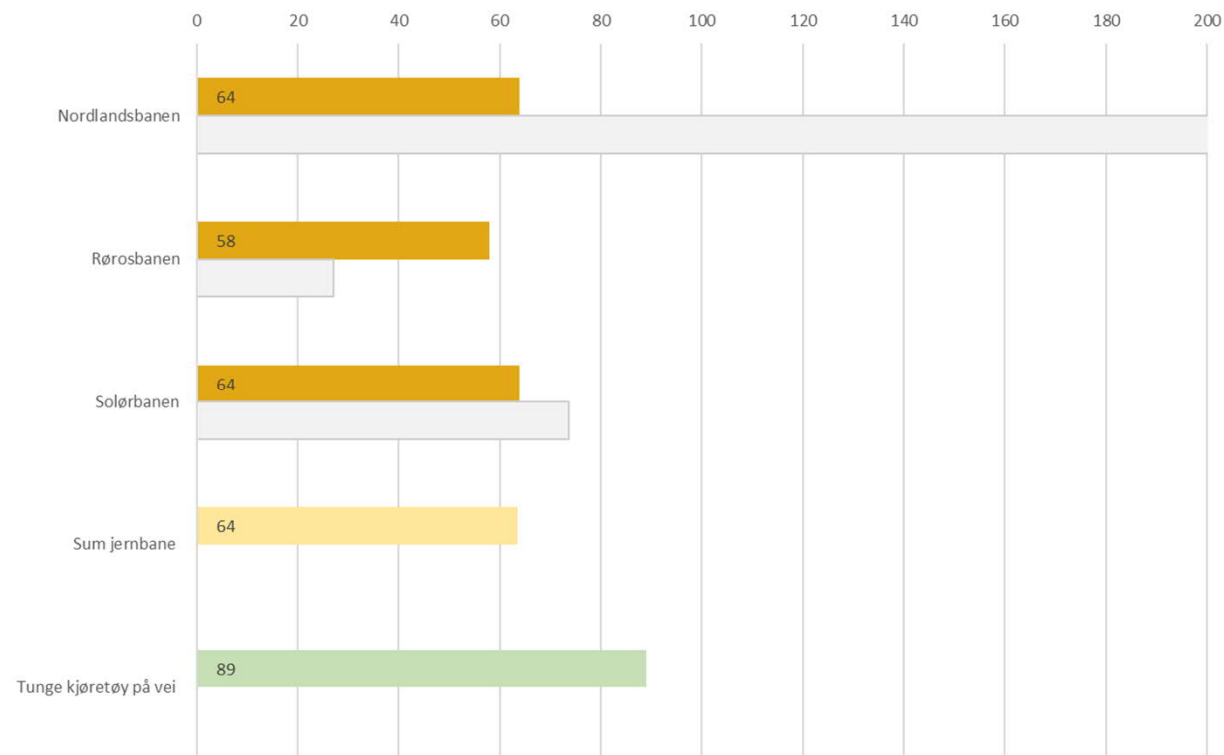
Utslipp gram CO2 per passasjerkilometer

(Grå stolper viser total transport i millioner passasjerkilometer per år på jernbanen)



Utslipp gram CO2 per tonnkilometer gods

(Grå stolper viser total transport i millioner tonnkilometer per år på jernbanen)



Konsekvenser av dagens utfordringer

- Konsekvenser av videre utslipp av klimagasser på jernbanen
 - Jernbanens andel av klimagassutslippene i transportsektoren øker
 - Svekket konkurranseevne på ikke-elektrifiserte strekninger
- Øvrige konsekvenser av fortsatt fossil dieseldrift
 - Lokale miljøpåvirkninger
 - Arbeidsmiljø
 - Energieffektivitet
 - Driftsøkonomi
 - Kunde og brukertilfredshet
 - Juridiske begrensninger

Oppsummert problem

Jernbanesektoren slipper ut klimagasser og bidrar gjennom dette til globale klimaendringer. Selv om jernbanens **andel av klimagassutslipp** i transportsektoren er lav, **vil** den **øke** kraftig i de kommende årene som følge av at de andre transportsektorene er i ferd med å innføre utslippsfrie løsninger.

De dieseldrevne strekningene **vil** i tillegg **kunne tape markedsandeler** som følge av at man ikke kan tilby et utslippsfritt alternativ, spesielt for godssektoren. Det vil kunne gi økt veitrafikk på disse strekningene.

Økt etterspørsel etter utslippsfrie løsninger internasjonalt, og strengere regler i EU/EØS, vil på sikt **redusere tilgangen** til dieseldrevet materiell.

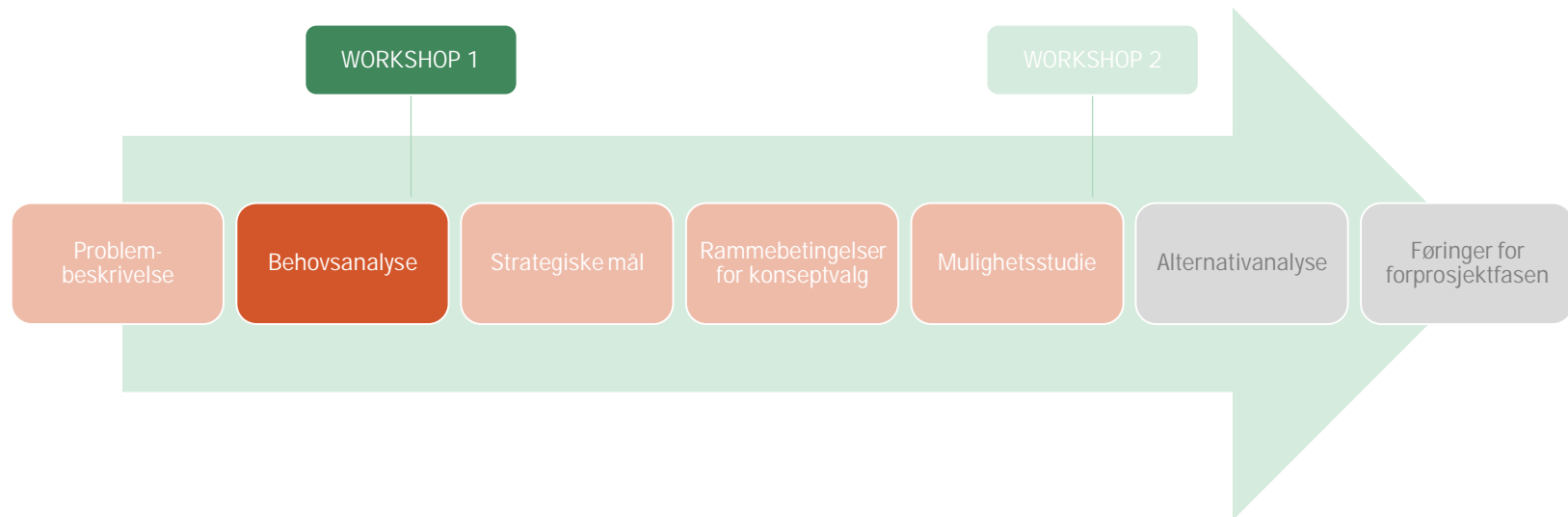
Hva tilsier at det offentlige bør iverksette tiltak?

Man kan hevde at utslippene fra dieseljernbanen uansett vil være lave i sum, og at man derfor ikke trenger å bruke mye ressurser på de relativt små utslippene som gjenstår.

Samtidig er jernbanen holdt frem som en viktig del av løsningen utslippsproblemet, i tillegg til at det vil redusere trengsel, ulykker og dødsfall ved å avlaste veiene.

Med krav til utslippsfrie løsninger vil en utslippsfri jernbane vinne markedsandeler fra vei og luft, mens med fortsatt fossil dieseldrift vil jernbanen tape markedsandeler på de ikke-elektrifiserte strekningene.

Behovsanalyse



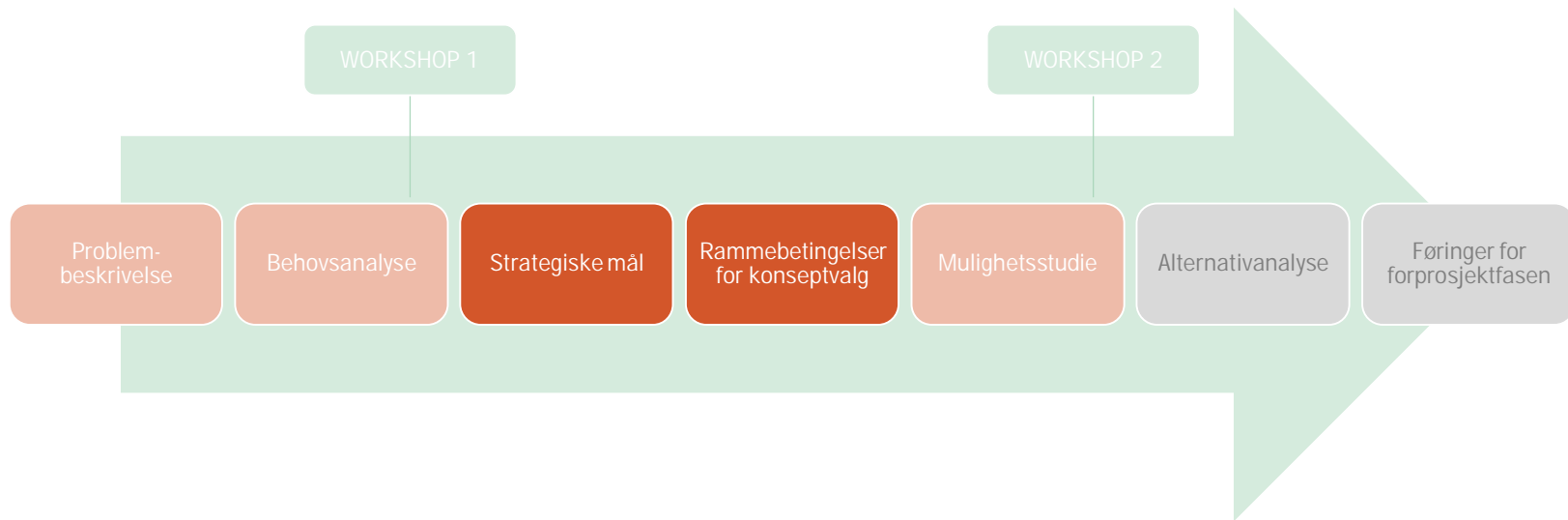
Prosjektutløsende behov

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

Andre viktige behov

- Utslipp fra dagens diesekjøretøy skaper et dårligere **arbeidsmiljø** enn ønskelig, spesielt relatert til støy og luftkvalitet i tunneler og verksteder.
- Utslipp fra dagens diesekjøretøy skaper et dårligere **lokalmiljø** enn ønskelig, spesielt relatert til støy og luftkvalitet i tettbygde strøk.
- Det er behov for kjøretøy som kan tilfredsstillende et stadig strengere **regelverk** knyttet til bruk av dagens arbeidsmaskiner og kjøretøy på ikke-elektrifiserte strekninger.
- Det er behov for teknologisk **langsiktige løsninger**, slik at gjentatte omstillinger kan unngås.
- Det er behov for **energieffektive løsninger** som bidrar til at samfunnets energiresurser brukes på en hensiktsmessig måte
- Det er behov for at **arbeidsmaskiner er kompatible** med hele jernbanenettet og at disse er **tilgjengelige/lovlige for bruk**
- Det er behov for at **alle togene går**, også mens det gjennomføres eventuelt skifte av energibærer
- Det er behov for **forutsigbarhet**, slik at det gjøres nødvendige investeringer relatert til fossildrevet utstyr og infrastruktur tilknyttet disse.
- Det er behov for at tidligere **gjennomførte investeringer kan tilpasses** eventuell ny energibærer.

Strategiske mål og rammebetingelser



Samfunnsmål

Reduserte klimagassutslipp
fra jernbanen

Effektmål

1. Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp **reduseres** med minst 55 % **innen 2030**.
2. Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp **reduseres** med 90-95 % **innen 2050**.
3. Energiløsninger for jernbanen gir mer effektiv bruk av **samfunnets samlede energiresurser**.
4. **Togtilbudets attraktivitet** ivaretas uavhengig av valgte klimavennlige løsninger.

Rammebetingelser med utgangspunkt i samfunns- og effektmålene

1. Løsningen må bidra til å redusere klimagassutslipp som teller på Norges klimagassregnskap i 2030 og bidra til et lavutslippssamfunn i 2050.
2. Løsningen må ikke bidra til å øke de globale klimagassutslippene.

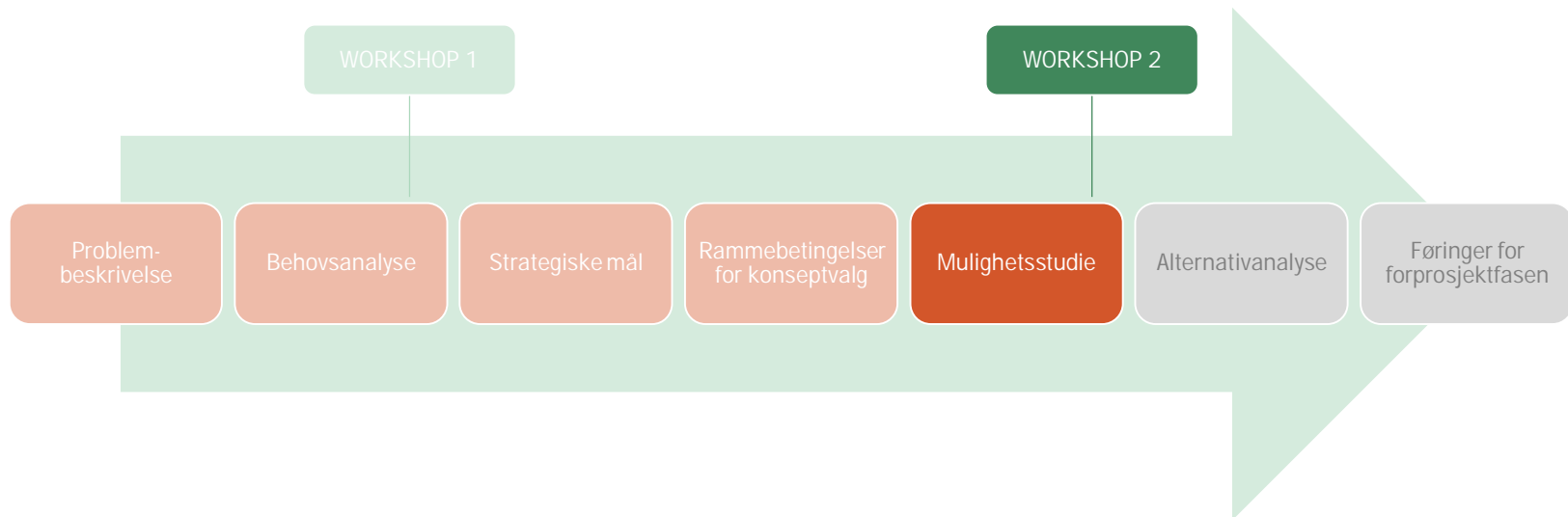
Andre rammebetingelser

3. Teknologiske løsninger skal ha et akseptabelt modenhetsnivå, være kompatible med dagens teknologi og tilfredsstillende krav til interoperabilitet. Valgt løsning skal minimum tilfredsstillende eller være bedre enn fastsatte krav til driftsstabilitet og regularitet.

Andre rammebetingelser (utdyping)

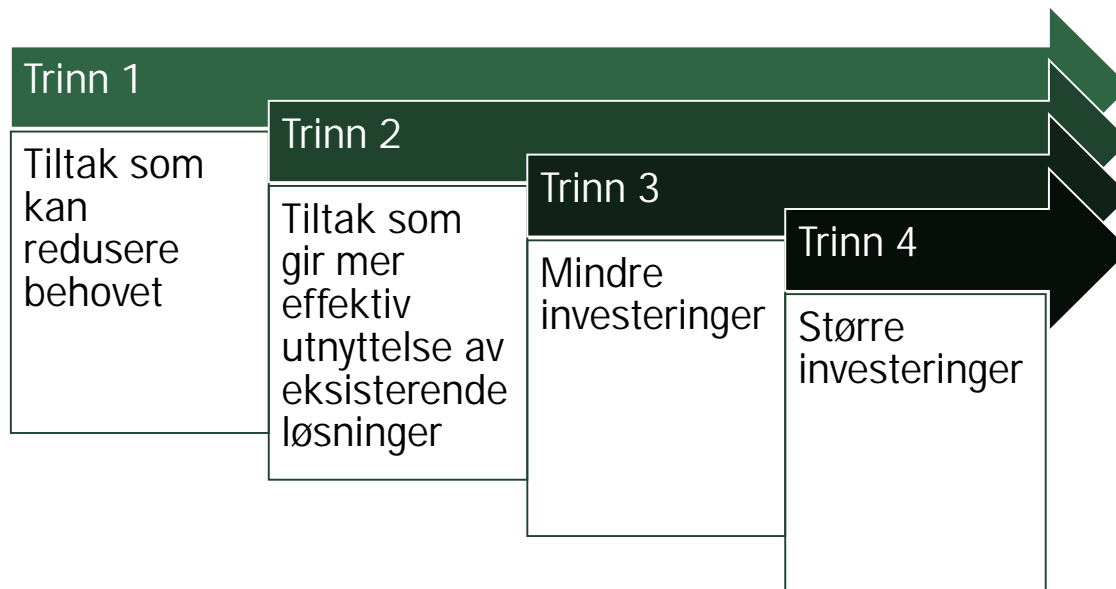
1. Realiserbarhet i drift: Løsningen må ha et driftskonsept som muliggjør effektiv drift under forventede fremtidige myndighetskrav
2. Teknologimodenhet: Prosjektet skal kun vurdere tilgjengelige teknologiske løsninger som har høy grad av gjennomførbarhet for bruk på norsk jernbane. (tilgang på kjøretøyteknikk og tilgang på infrastrukturteknikk)
3. Interoperabilitet: Løsningen må være vurdert mot behovet for interoperabilitet med Sverige for person- og godstoglinjer som går i den grenseoverskridende trafikken.
4. 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.
5. 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.
6. Fremføringssikkerhet: Sikkerheten må tilfredsstillende minimumskrav gitt i gjeldende norsk og europeisk regelverk, og være akseptabel for de aktører som er ansvarlige for sikkerhet og risiko ved fremføringen
7. Arbeidsmiljø: Løsningen må tilfredsstillende minimumskrav i lover og forskrifter, inkludert varslede innstramminger i regelverk.
8. Ytre miljø: Løsningen må tilfredsstillende minimumskrav i lover og forskrifter, inkludert eventuelle varslede innstramminger i regelverk.
9. 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.

Mulighetsstudie



Åpningen av mulighetsrommet

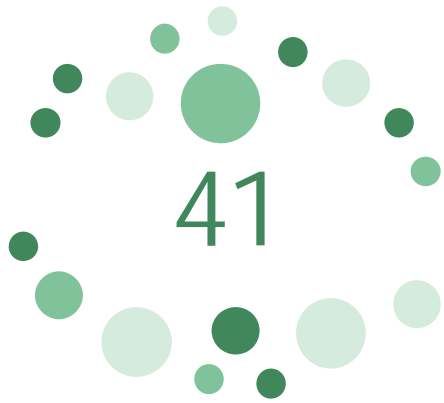
- Ulike tilnærminger, men firetrinnsmetodikken mest utbredt og velprøvd.
- I denne KVV-en er firetrinnsmetodikken valgt.



Lukkingen av mulighetsrommet: Siling

- Alle aktuelle konsept skal vurderes opp mot rammer, behov og måloppnåelse
- I praksis må antallet muligheter begrenses for å unngå at alternativanalysen blir uforholdsmessig ressurskrevende
- Åpenbart svake konsepter skal omtales i mulighetsstudien og det skal begrunnes hvorfor de eventuelt ikke tas med videre

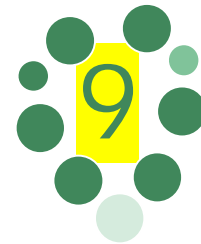
Lukkingen av mulighetsrommet: Siling



Muligheter



Ramme-
betingelser



Konsepter



Effekt-
mål



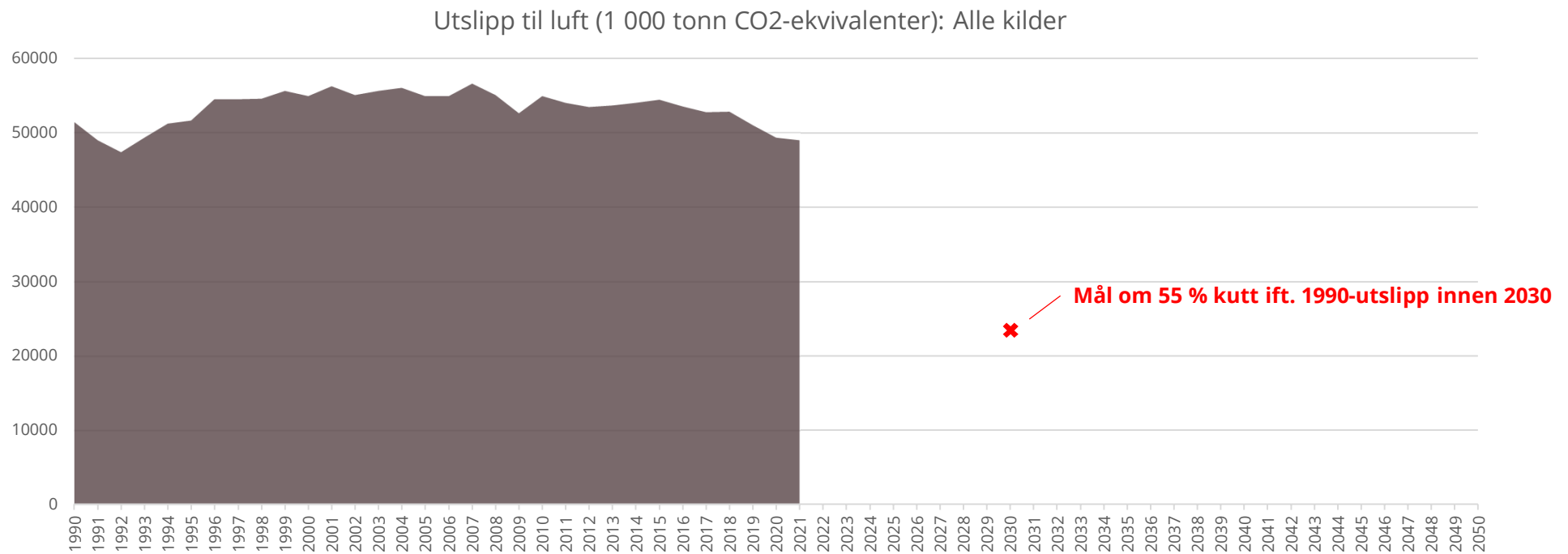
Inspirasjonsforedrag

Miljødirektoratet



Utslippskutt i (og ved hjelp av) jernbanesektoren

Utslippene må ned raskt

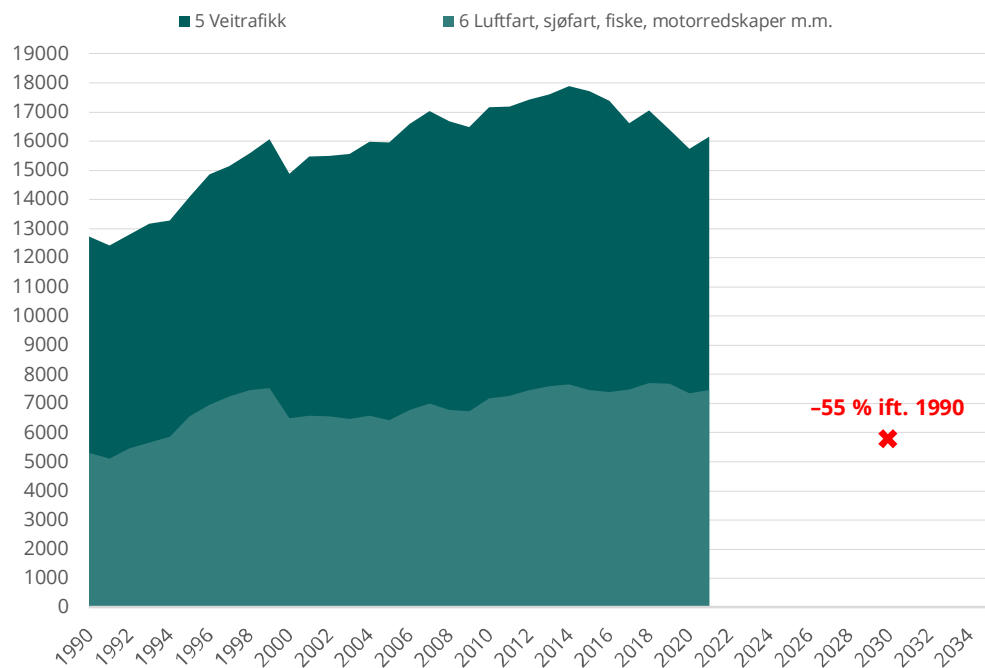


Kilde: «Utslipp til luft», Statistisk sentralbyrå, u.å., <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>.



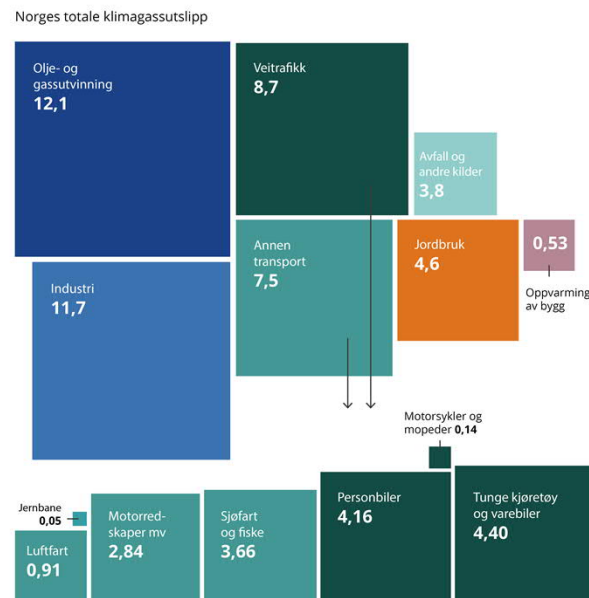
Klimagassutslipp fra transportsektoren

Utslipp fra transport siden 1990
Kilotonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: «Utslipp til luft», Statistisk sentralbyrå, u.å., <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>.

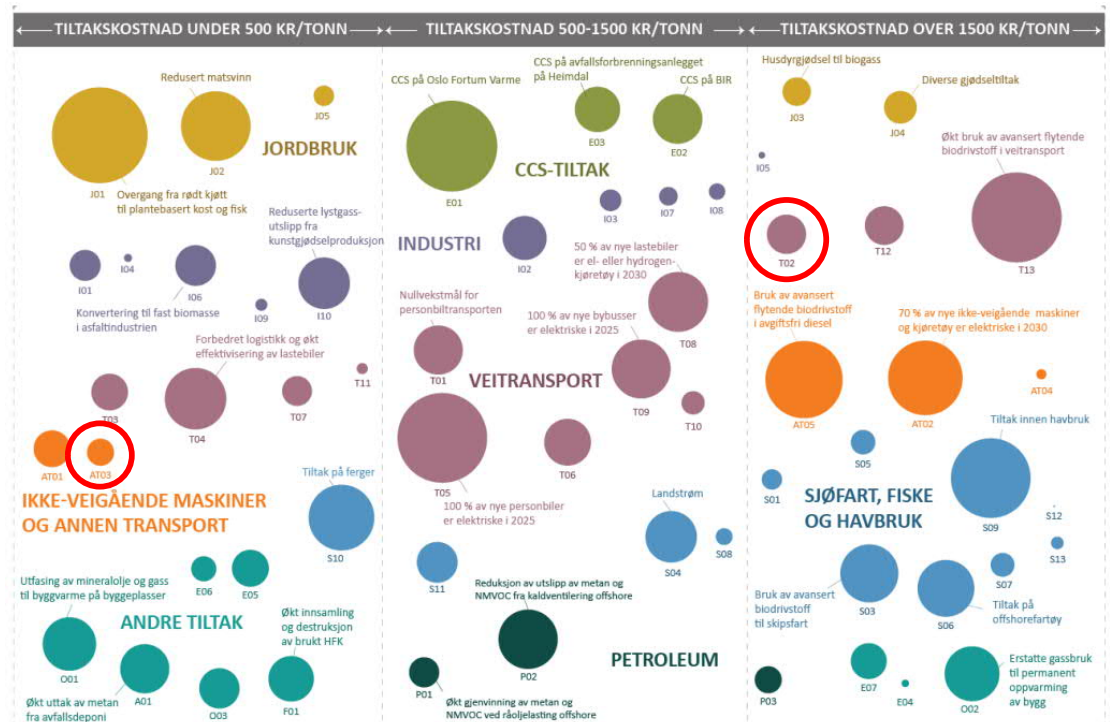
Utslipp av klimagasser fra transport i 2021
Millioner tonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: «Klimagassutslipp fra transport i Norge», Miljøstatus, u.å., <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-transport/>.



Jernbanetiltak i Klimakur 2030





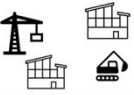

Andre samarbeidsområder innen klima

Jernbanemagasinet



LASTTRAKTORtype 17 55 har gode muligheter for ombygging til batteridrift. Mulighetsstudien skal gi svar på om det er grunnlag for å satse på å bygge om en maskin for forakdrift.

Ser på muligheter for grønnere drift

Kommunale BA-prosjekter	Statlige BA-prosjekter for transport	Andre statlige og fylkeskommunale BA-prosjekter	Private BA-prosjekter
			
Vann og avløp	Veier	Skolebygg	Boliger
Veier	Jernbane	Helse-, omsorgs- og kulturbygg	Næringsbygg
Skolebygg	Flyplasser	Forsvarsbygg	Industribygg
Helse-, omsorgs- og kulturbygg	Sjøfart	Veier	Energiforsyning
Boliger		Strømnett?	Strømnett?



Metoder for å beregne klimagassutslipp fra arealbeslag

Rapport fra et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen, Nye Veier AS, Bane NOR SF, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Avinor AS og Miljødirektoratet



ANBEFALING
01.09.2022

Kilde: «Metoder for å beregne klimagassutslipp fra arealbeslag» (Statens vegvesen, Nye Veier AS, Bane NOR SF, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Avinor AS, Miljødirektoratet, 1. september 2022), <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/fokusomrader/miljo-og-omgivelse/klima/utslipp-fra-arealbeslag-rapport-anbefaling-01-09-2022-revidert-28-09-2022.pdf>.



Kraftbehov



Kraftbehov til transport

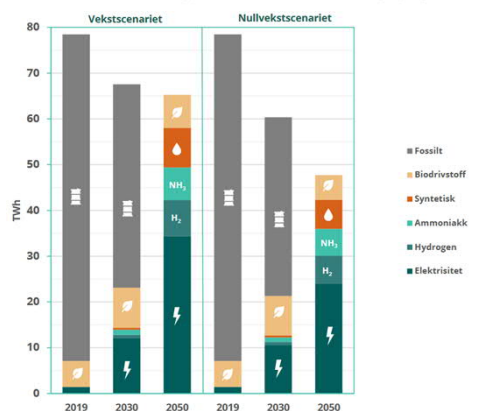
Nullutslippsscenarier for 2050



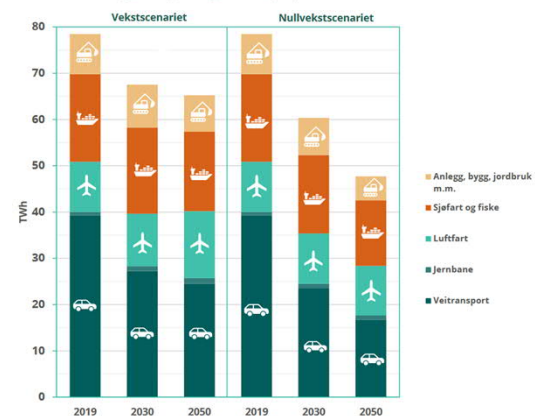
Rapport

M-2383 | 2022

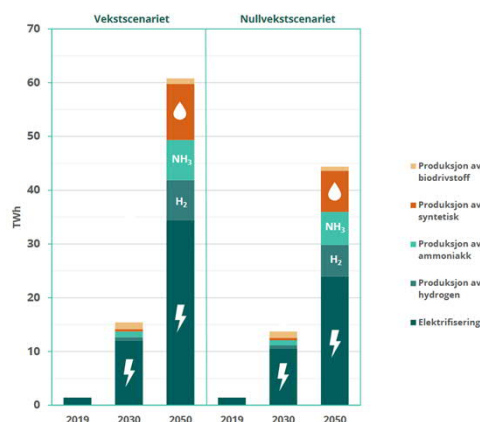
Forbruk av elektrisitet og alternative drivstoff – energi fylt på "tanken"



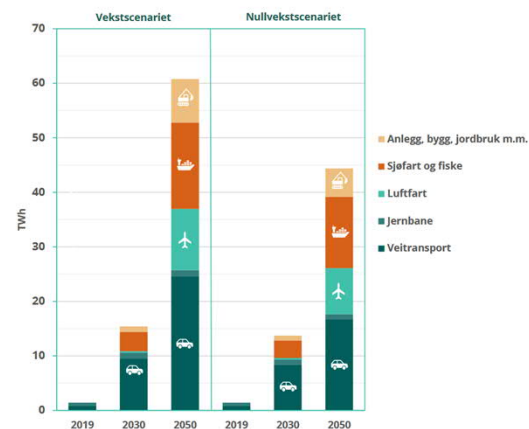
Energibruk per segment - fylt på "tanken"



Kraftbehov



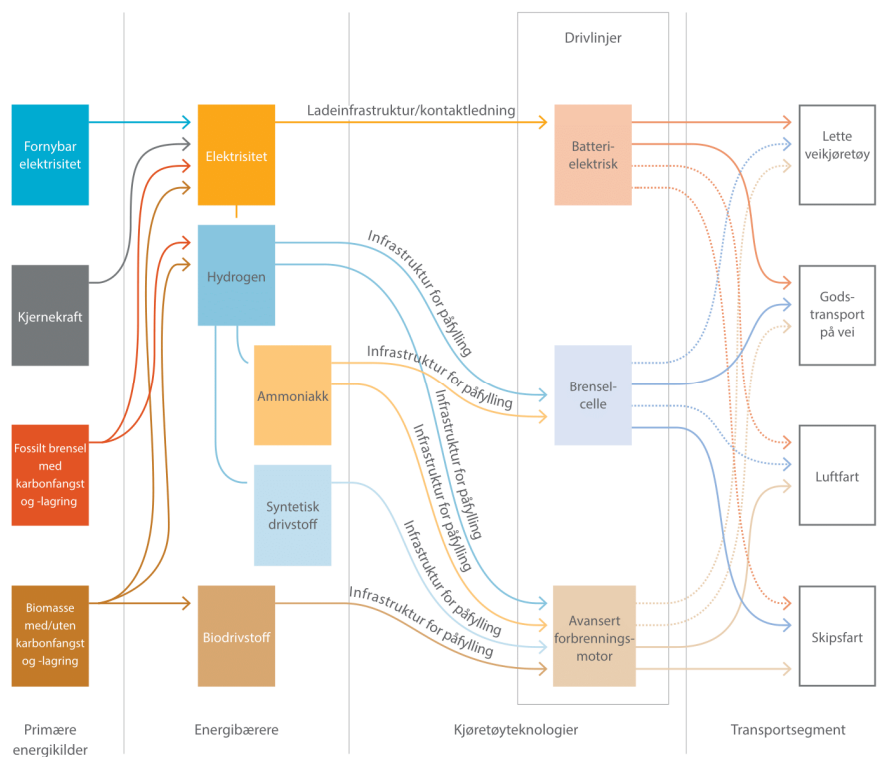
Kraftbehov til elektrifisering og produksjon av alternative drivstoff



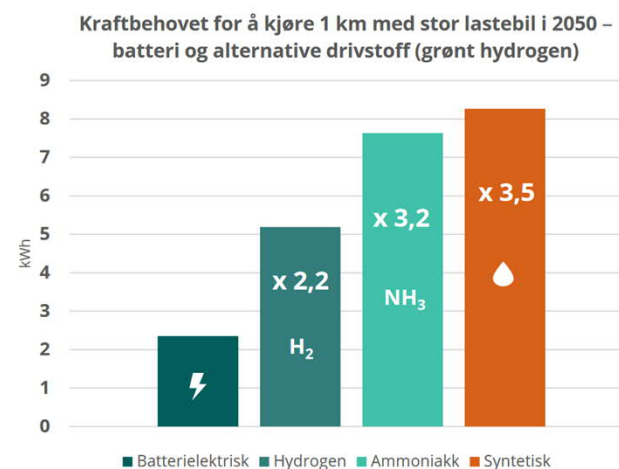
Kilde: «Kraftbehov til transport: Nullutslippsscenarier for 2050» (Oslo: Miljødirektoratet, 29. november 2022), <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/november/kraftbehov-til-transport-nullutslippsscenarier-for-2050/>.



Forskjellige veier til null-/lavutslippstransport



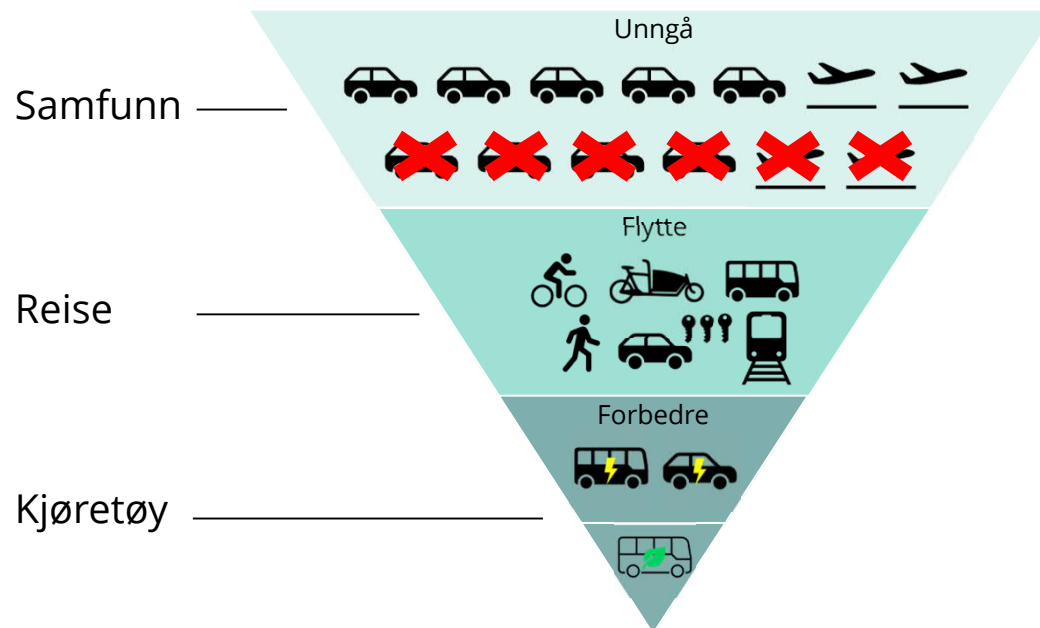
Kilde: «Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change» (Genève: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 4. april 2022), <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>, kap. 10, figur 10.2. side 10–24. Oversettelse: Miljødirektoratet.



Kilde: «Kraftbehov til transport: Nullutslippsscenarioer for 2050» (Oslo: Miljødirektoratet, 29. november 2022), <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/november/kraftbehov-til-transport-nullutslippsscenarioer-for-2050/>, s. 6.



Unngå, flytte, forbedre

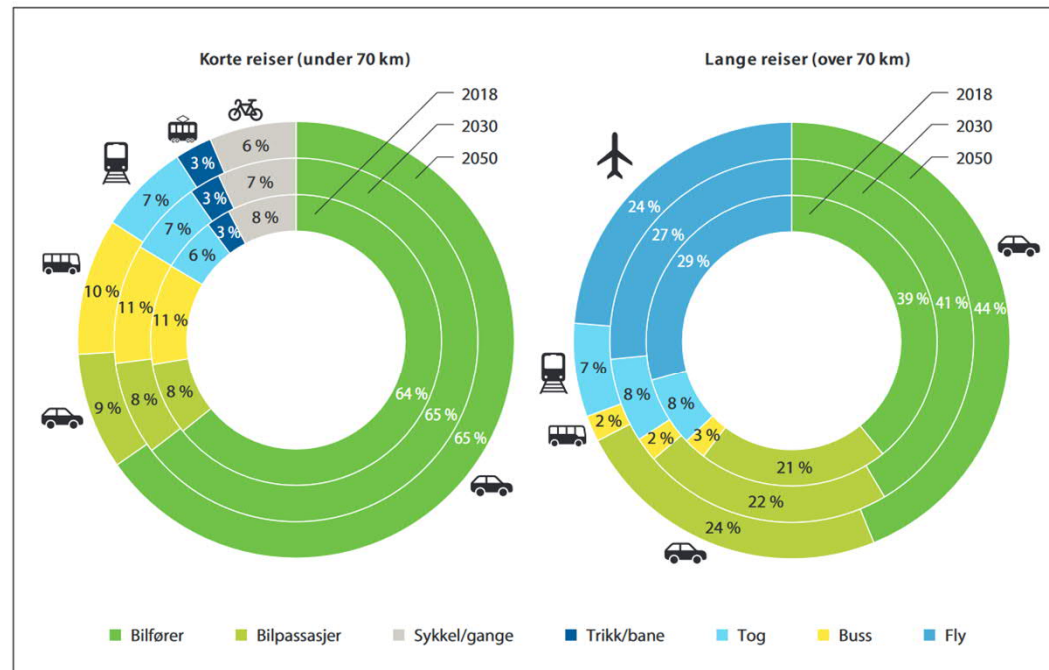


Referanse:

Avoid, shift, improve (ASI). «Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change» (Genève: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 4. april 2022), <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>, kap. 5, s. 9-10.



Jernbanens rolle i et transportmiddelskifte



Figur 2.2 Transportmiddelfordeling for persontransport på norsk område 2018–2050, andel av totalt antall personkilometer

Kilde: «Nasjonal transportplan 2022–2033 (Meld. St. 20 2020–2021)»
 (Samferdselsdepartementet, 2021),
<https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf>, s. 24.



Mulighetsrom for tverrgående klimaatiltak innen jernbane

- Jernbane som en del av kollektivsystemet?
- Jernbane som klimavennlig alternativ til fly på lengre (innenlands)strekninger?
- Jernbane som klimavennlig alternativ til fly i Norden?



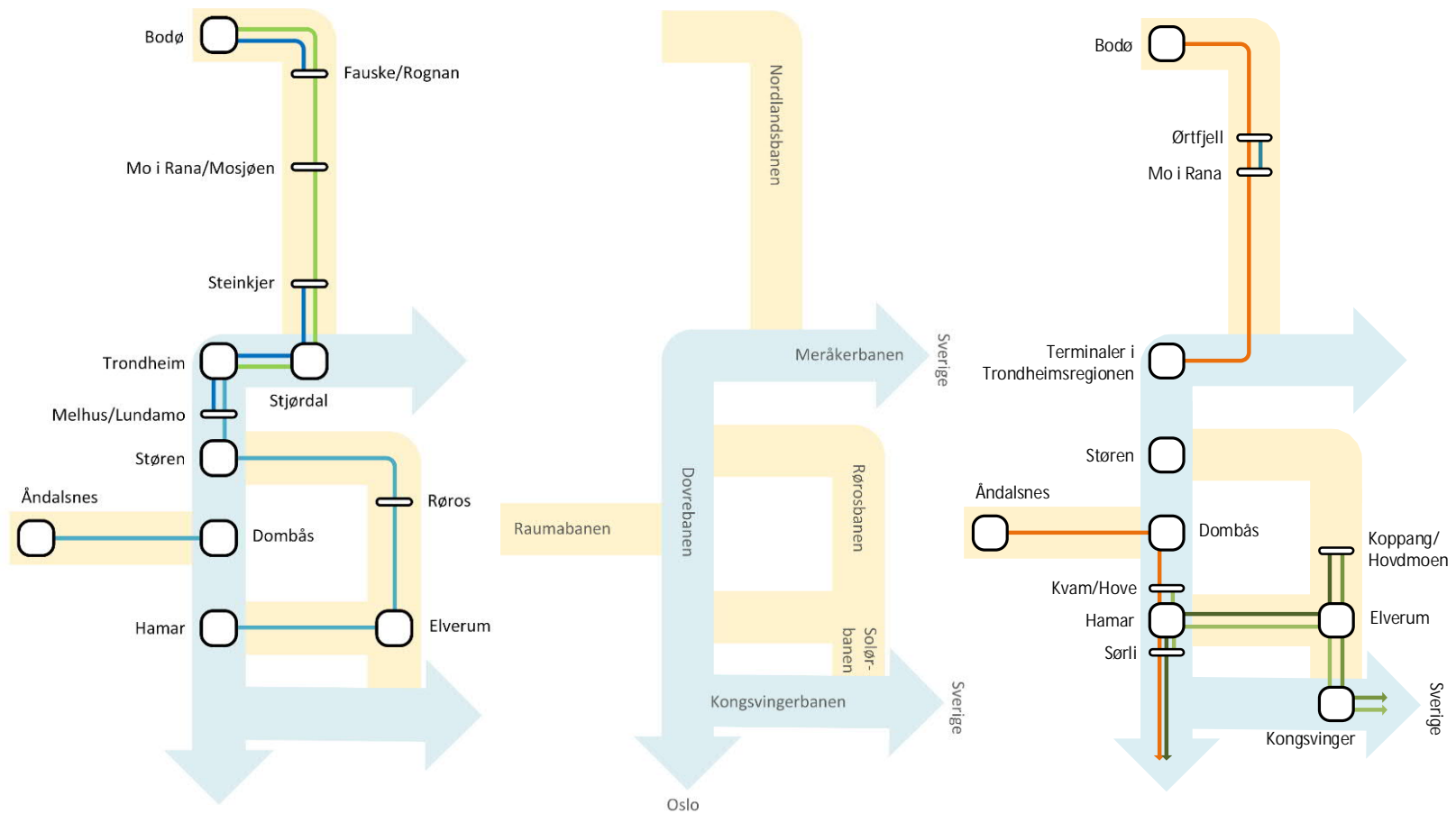


Miljø-
direktoratet

Presentasjon av mulige konsepter



Togtilbudet på ikke-elektrifiserte baner



0 Fossil diesel



1_a Ikke-fossil diesel



2_a Hydrogen



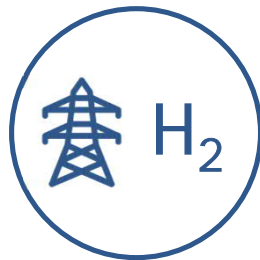
3_a Batteri



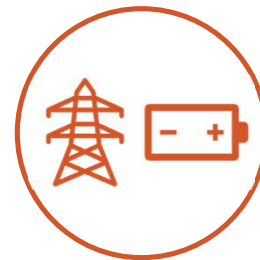
4_a Elektrifisering



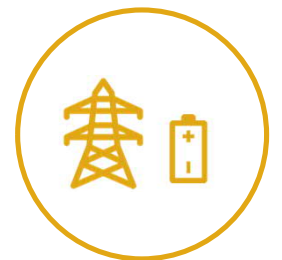
1_b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering



2_b Hydrogen med del-elektrifisering



3_b Batteri med del-elektrifisering



4_b Elektrifisering med batteridrift i tunneler

Gruppeoppgaver

- Beskrivelse og **detaljering** av konsepter
 - Hvilke segmenter i konseptene kan være aktuelle?
 - Er konseptet mer aktuelt for en spesiell geografi eller type kjøretøy?
 - Er konseptet uaktuelt for deler av jernbanenettet?
 - Finnes det spesielle problempunkter?
 - Finnes det spesielle løsninger for deler av konseptene?

Gruppeoppgaven skjer i Miro:

- [KVU Green verksted 2, Online Whiteboard for Visual Collaboration \(miro.com\)](#)

miro KVV Green verksted 2

Settings, Upload, Search, Refresh

Navigation, Undo, Redo, Copy, Paste, Erase, Lasso, Text, Image, Link, Comment, Share

Gruppen 1-7

10% 1/8 ?

Kaffepause



O Fossil diesel

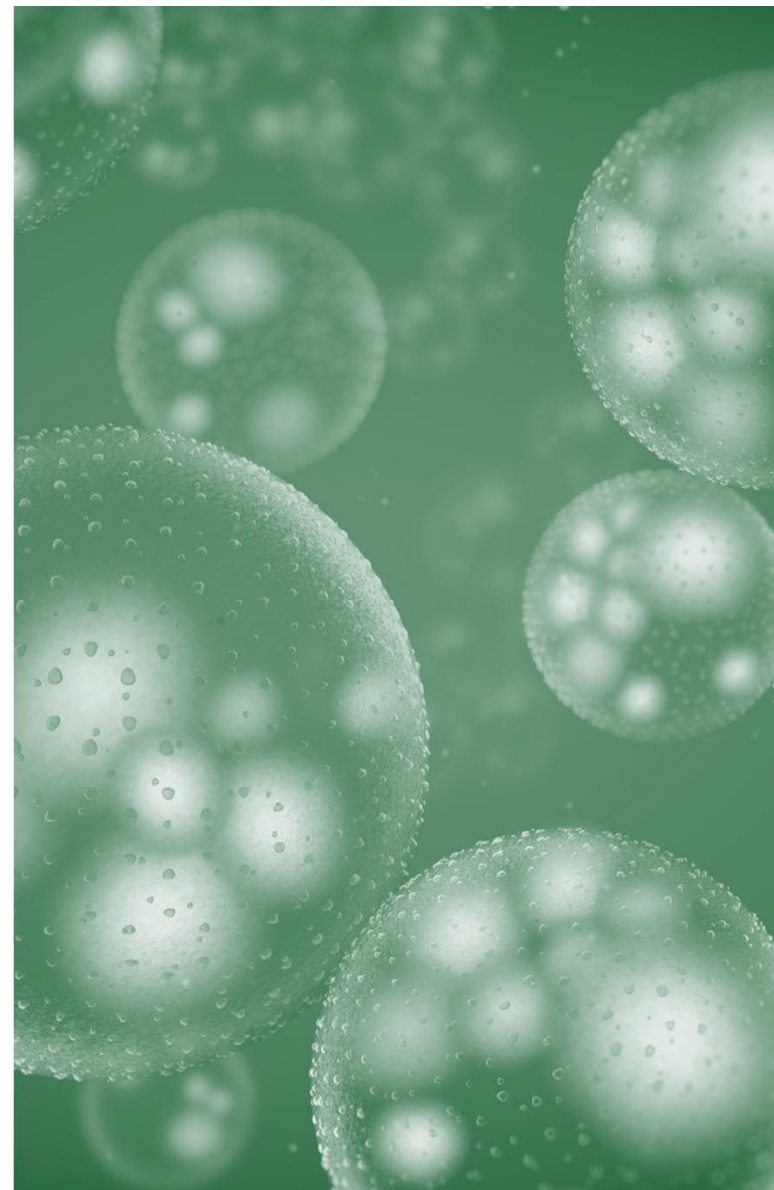
- Dagens energibærer
- Evt. tiltak for å sikre innfrielse av krav til lokale utslipp, støy

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



1 a Ikke-fossil diesel

- Ikke-fossil diesel (biodiesel o.l.) som energikilde
- Uten etablering av mer kontaktledning
- Kan bruke kjøretøy av samme type som i dag: diesel og diesel-KL-hybrider
- Lang rekkevidde og rask implementering
- Biodiesel har annen pris, følsomhet for lave temperaturer
- Enkelt for alle kjøretøytyper





1 a Ikke-fossil
diesel

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



1 a Ikke-fossil diesel

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag
Raumabanen	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag
Røros- og Solørbanen	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag



1 b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Ikke-fossil diesel (biodiesel o.l.) og kontaktledning som energikilde
- Delvis elektrifisering for å redusere energiforbruk
- Kjøretøy diesel-KL-hybrider
- Lang rekkevidde
- Biodiesel har annen pris, følsomhet for lave temperaturer
- Enkelt for alle kjøretøytyper





1^b Ikke-fossil
diesel med del-
elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



1^b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

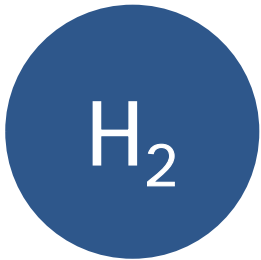
	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Ikke-fossil diesel og KL Hybride kjøretøy diesel-KL	Ikke-fossil diesel og KL Hybride kjøretøy diesel-KL
Raumabanen	Ikke-fossil diesel og KL Hybride kjøretøy diesel-KL	Ikke-fossil diesel og KL Hybride kjøretøy diesel-KL
Røros- og Solørbanen	Ikke-fossil diesel og KL Hybride kjøretøy diesel-KL	Ikke-fossil diesel og KL Hybride kjøretøy diesel-KL
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Ikke-fossil diesel som energibærer Ellers som i dag	Ikke-fossil diesel som energibærer Hybrider diesel-KL for noen arbeidsmaskiner



2_a Hydrogen

- Bruk av hydrogen i brenselceller med fylling underveis ved behov
- Uten etablering av mer kontaktledning
- Rene hydrogentog, evt. hydrogen-KL-hybrider
- Gjenstår utvikling for kjøretøy som trekker tungt, arbeidsmaskiner
- Regelverk rundt sikkerhet o.l.





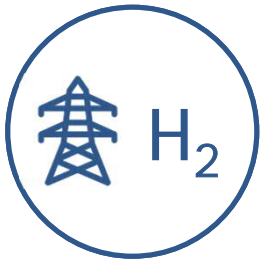
2_a Hydrogen

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



2_a Hydrogen

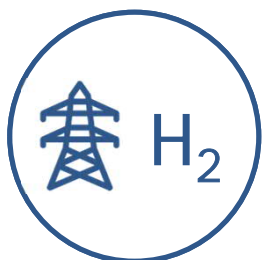
	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Rene hydrogenog eller hydrogen-KL-hybrider. Tanking underveis?	Rene hydrogenlok eller hydrogen-KL-hybrider. Tanking underveis?
Raumabanen	Rene hydrogenog eller hydrogen-KL-hybrider	Rene hydrogenlok eller hydrogen-KL-hybrider. Tanking underveis?
Røros- og Solørbanen	Rene hydrogenog eller hydrogen-KL-hybrider	Rene hydrogenlok eller hydrogen-KL-hybrider. Tanking underveis?
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Hva med skiftelok på terminaler langs elektrifiserte baner? Bygge fyllestasjoner over hele landet?	Hvordan få med nok energi? Også langs elektrifiserte baner? Hva med arbeidsmaskiner der hydrogenvarianter ikke produseres?



2^b Hydrogen med deelektrifisering

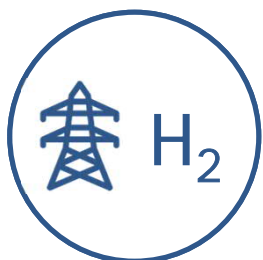
- Bruk av hydrogen i brenselceller i kombinasjon med strømvtagere for KL
- Delvis elektrifisering
- Kjøretøy er hydrogen-KL-hybrider
- Ikke mange slike hybrider på markedet enda. Gjenstår utvikling for kjøretøy som trekker tungt, arbeidsmaskiner
- Regelverk rundt sikkerhet o.l.





2^b Hydrogen med deelektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



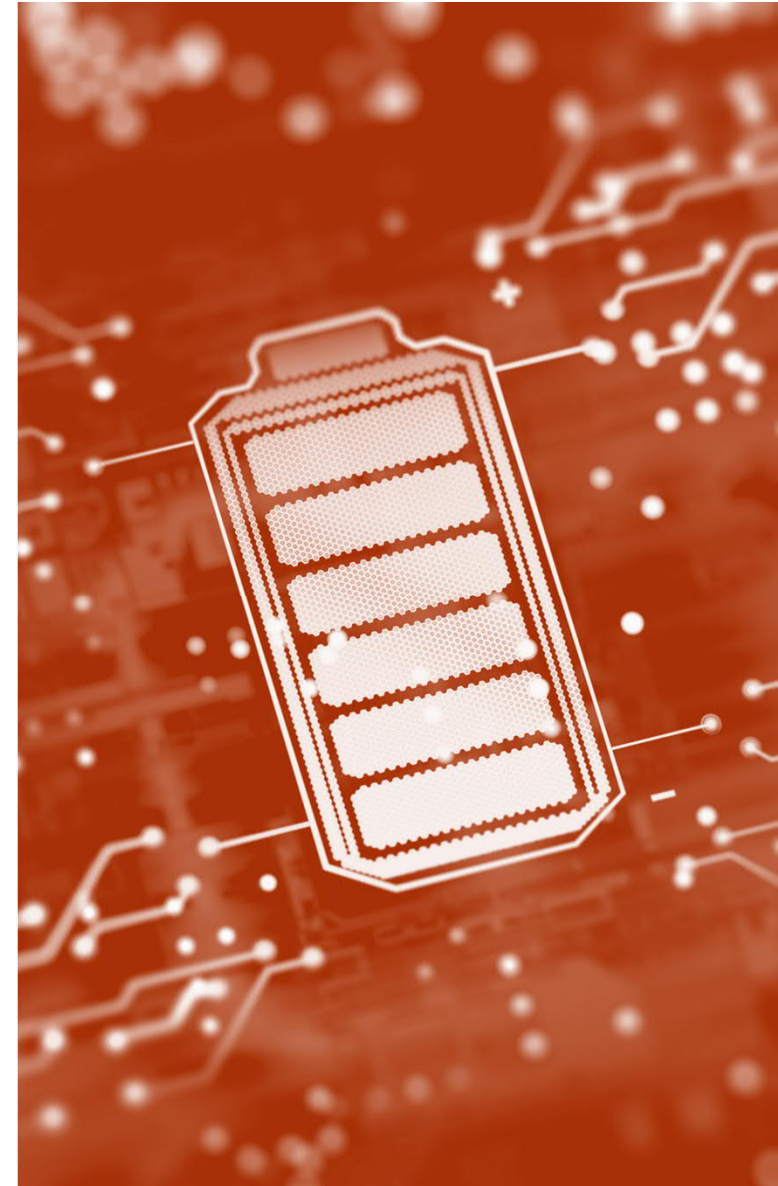
2^b Hydrogen med deelektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Rene hydrogenog eller hydrogen-KL-hybrider.	Rene hydrogenlok eller hydrogen-KL-hybrider
Raumabanen	Rene hydrogenog eller hydrogen-KL-hybrider	Rene hydrogenlok eller hydrogen-KL-hybrider
Røros- og Solørbanen	Rene hydrogenog eller hydrogen-KL-hybrider	Rene hydrogenlok eller hydrogen-KL-hybrider
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Hva med skiftelok på terminaler langs elektrifiserte baner? Bygge fyllestasjoner over hele landet?	Hvordan få med nok energi? Også langs elektrifiserte baner? Hva med arbeidsmaskiner der hydrogenvarianter ikke produseres?



3^a Batteri med lading i stillstand

- Batteri forsyner motoren med energi fram til neste ladepunkt
- Uten etablering av mer kontaktledning
- Ved behov for lading underveis: helst der togene uansett stopper. Ulike ladeteknologier er mulige
- Avveining mellom batteristørrelse og hyppigere stopp
- Gjenstår utvikling for kjøretøy som trekker tungt, arbeidsmaskiner
- Arbeidsmaskiner må nok suppleres med andre energikilder





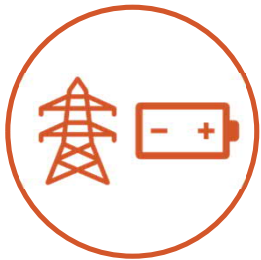
3_a Batteri med lading i stillstand

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



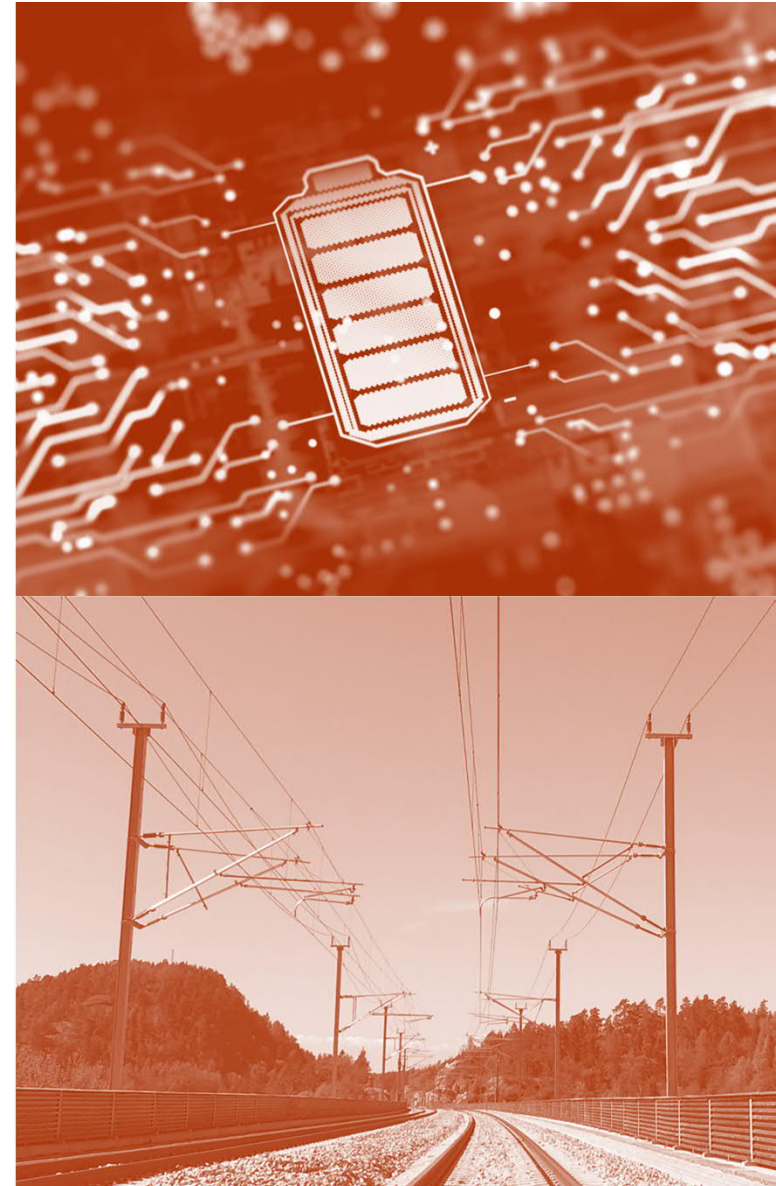
3_a Batteri med lading i stillstand

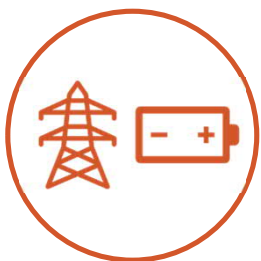
	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Lading i endene Krever lading underveis Hybride motorvognsett (batteri-KL)?	Lading i endene Krever lading underveis
Raumabanen	Lading i endene	Lading i endene Lading underveis? Hybride kjøretøy (batteri-KL)?
Røros- og Solørbanen	Lading i endene Lading underveis? Hybride motorvognsett (batteri-KL)?	Lading på alle tømmerterminaler? Og i Kongsvinger? Hybride kjøretøy (batteri-KL)?
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Batteri med stillestående lading	Stillestående lading på basen Må suppleres med andre energikilder (f.eks. hybrider/tribrider med biodiesel)



3b Batteri med del-elektrifisering

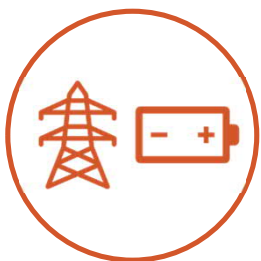
- Batteri forsyner motoren med energi fram til neste elektrifiserte strekning
- Delvis elektrifisering
- Togene lader i bevegelse via strømavtageren
- Gjenstår utvikling for kjøretøy som trekker tungt, arbeidsmaskiner
- Noen arbeidsmaskiner kan være KL-batteri-hybrider men må nok også suppleres med andre energikilder





3b Batteri med del-elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



3b Batteri med del-elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Lading i endene og i bevegelse Hybride motorvognsett (batteri-KL)	Lading i endene og i bevegelse Hybride lok (batteri-KL)
Raumabanen	Holder sannsynligvis med lading i endene	Lading i endene og i bevegelse? Hybride lok (batteri-KL)
Røros- og Solørbanen	Lading i endene og i bevegelse Hybride motorvognsett (batteri-KL)	Lading i Kongsvinger og i bevegelse Hybride lok (batteri-KL)
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Batteri med stillestående lading (samme som a)	Stillestående lading og fra KL Må suppleres med andre energikilder (f.eks. hybrider/tribrider med biodiesel)



4_a Elektrifisering

- Full elektrifisering med kontaktledning
- Kostnadsreduserende tiltak for lave tunneler/broer
 - Dobbel kontakttråd
 - Strømskinne
 - Annet?
- Standard elektriske kjøretøy
- Hybride arbeidsmaskiner (KL-annet)
- Hva med skiftelok?





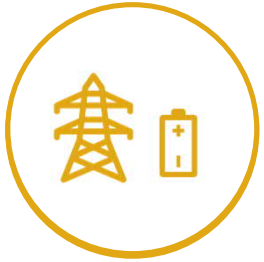
4_a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



4_a Elektrifisering

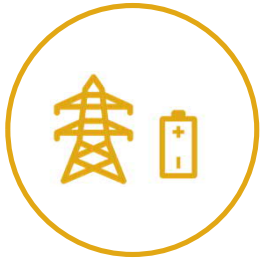
	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Elektriske kjøretøy med strømavtager	Elektriske kjøretøy med strømavtager
Raumabanen	Elektriske kjøretøy med strømavtager	Elektriske kjøretøy med strømavtager
Røros- og Solørbanen	Elektriske kjøretøy med strømavtager	Elektriske kjøretøy med strømavtager
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Elektriske terminaler er urealistisk	Hybrider KL-annen energibærer aktuelt for enkelte typer



4^b Elektrifisering uten KL i tunneler

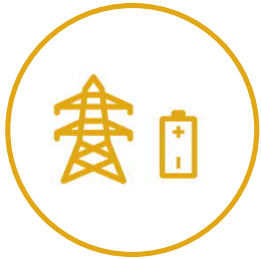
- Nesten full elektrifisering med kontaktledning
- Uten elektrifisering i tunnelene for å redusere kostnader
- Elektriske kjøretøy med et lite batteri for framføring i tunneler
- Hybride arbeidsmaskiner (KL-annet)
- Hva med skiftelok?





4_b Elektrifisering
uten KL i
tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		



4_b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Elektriske kjøretøy med strømavtager og lite batteri	Elektriske kjøretøy med strømavtager og lite batteri
Raumabanen	Elektriske kjøretøy med strømavtager og lite batteri	Elektriske kjøretøy med strømavtager og lite batteri
Røros- og Solørbanen	Elektriske kjøretøy med strømavtager og lite batteri	Elektriske kjøretøy med strømavtager og lite batteri
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Elektriske terminaler er urealistisk	Hybrider KL-annen energibærer aktuelt for enkelte typer

Realisme i konseptene



Realisme i konseptene

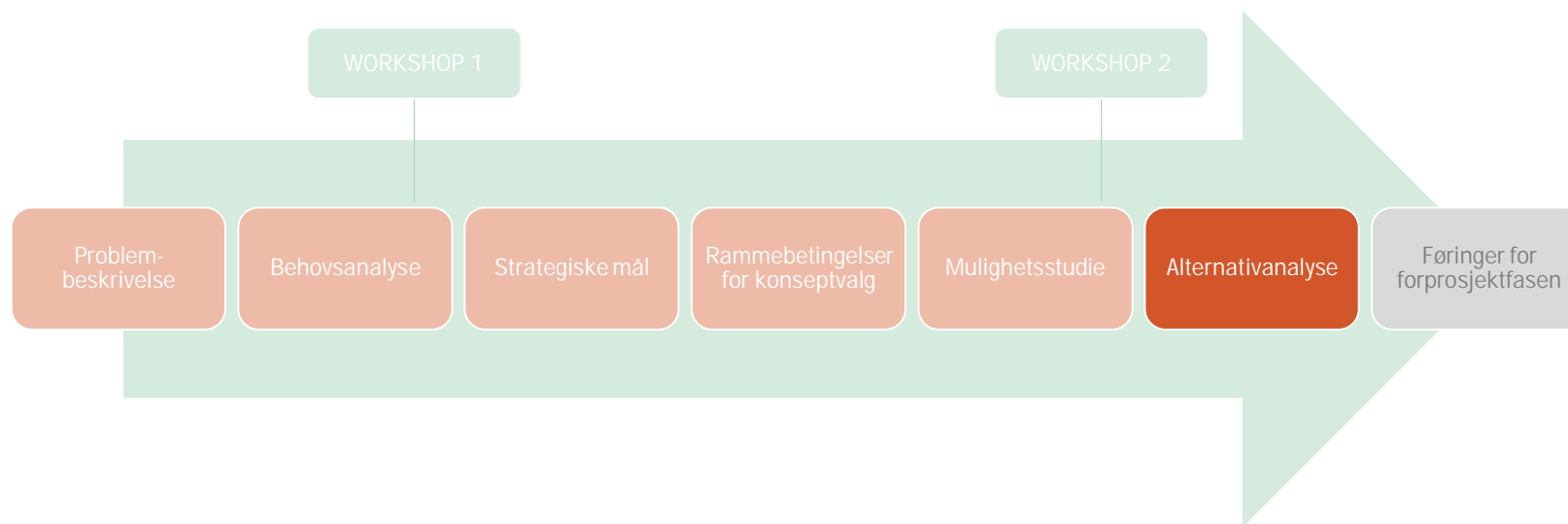
Menti:



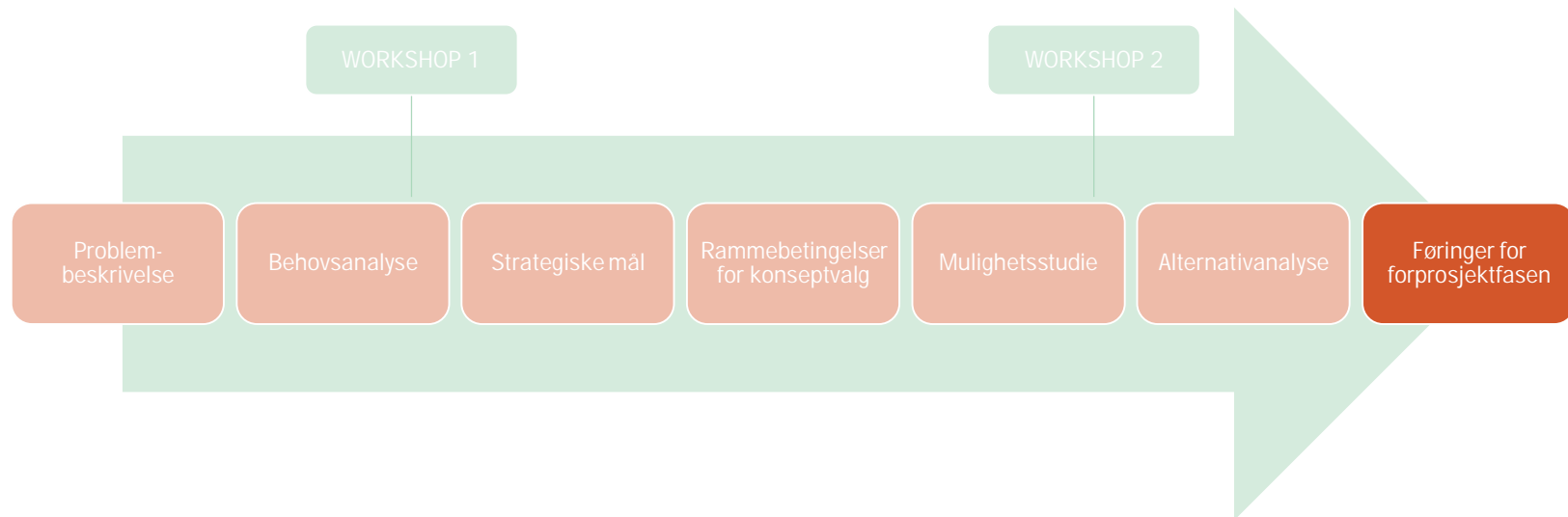
Videre arbeid



Alternativanalyse



Føringer for forprosjektfasen



Vi er veldig interessert i god dialog og innspill som bidrar til at KVV arbeidet får riktig kvalitet, og som gir et godt beslutningsgrunnlag

Det kan hende at det vil være nødvendig med ytterligere bidrag gjennom enkelte temamøter med dere og/eller andre aktører, og vi håper dette vil være mulig.

Informasjon, utredninger og rapport fra dette arbeidsverkstedet vil dere finne på:
[KVV Green \(jernbanedirektoratet.no\)](https://www.jernbanedirektoratet.no/kvu-green)

Henvendelser og kontakt i tilknytning til KVV arbeidet gjøres ved: post@jernbanedirektoratet.no

Takk for innsatsen og vel hjem!

Vedlegg 3 – Resultater Gruppeoppgave: Konseptutvikling

1a - Ikke-fossil diesel

Gruppe 1



1a Ikke-fossil diesel

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		<p>Bruk av eksisterende infrastruktur, dermed hurtig innføring.</p> <p>Fokus mot søppelresirkulering i EU for å lage drivstoff -> billigere!</p>
Raumabanen	<p>(virgin) Biomasse er begrenset, men likevel nok til togsektoren i Norge. Dagens planlagte produksjon er basert på sidestrømmer fra treforedlingsindustri. Andre reststoffer f.eks. animalske fett/avfall benyttes</p>	
Røros- og Solørbanen	<p>Sertifisering for å unngå konkurranse med mat er arbeidskrevende</p>	<p>Ingen (uløselig) problem med temperatur for biodiesel (additiver eller HVO)</p>
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		<p>Temperatur kan være en utfordring for arbeidsmaskiner</p>

Gruppe 2



1a Ikke-fossil diesel

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Rimeligste alternativ for overgang til utslippsreduksjoner på kortsikt
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		Biodiesel-kostnadene øker driftskostnadene
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Vil bruk av biodiesel prioriteres for jernbane fremfor andre sektorer feks luftfart. Kan være relevant for segmenter av arbeidsmaskiner.

Gruppe 3



1a Ikke-fossil diesel

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Tilgang på biodrivstoff er ikke et argument i seg selv, det vil gjelde flere drivstoff. Dyrere enn i dag, prisen kan endres med mer tilbud og forventning om at de fossile alternativene blir dyre
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen	Kan bruke eksisterende materiell	Ikke noe problem med biodiesel mht. motor og trekkraft
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Skiftelok og arbeidsmaskiner må kunne rykke ut uavhengig av energiform. Biodiesel vil kunne gjøre at disse maskinene kan bli fossilfrie

Gruppe 4



1a Ikke-fossil diesel

Omtrent samme forutsetninger for de forskjellige banene

- Endre drivstoff til ikke-fossil
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov

	Persontrafikk		Godstrafikk	
Nordlandsbanen			Muligt å bruke forskjellige typer drivstoff, f.eks ammoniak, biodiesel og andre typer syntetiske drivstoff.	Stort energibehov på deler av Nordlandsbanen. Er dette den mest energieffektive måten å drive tog på de mest energiintensive deler av strekningen? F.eks. malmtog.
Raumabanen	Muligt å bruke forskjellige typer drivstoff, f.eks ammoniak, biodiesel og andre typer syntetiske drivstoff.		Muligt å gjenbruke eksisterende kjøretøy, men også å anskaffe nye med slik teknologi	Kortsiktig kan denne type av drivstoff være den mest energioptimale måten å forsyne kjøretøyet, fordi elektrisiteten (som det er brist på) kan brukes på andre måter. Bedre å forbrenne ikke-fossil diesel direkte i kjøretøyet enn å forbrenne den i kraftverk for å produsere elektrisitet til kjøretøyet
Røros- og Solørbanen	Muligt å gjenbruke eksisterende kjøretøy, men også å anskaffe nye med slik teknologi			Fordeler med å bruke denne type i en overgangsfasen til teknologien er forbedret for andre typer energibærere.
	Skiftelok		Arbeidsmaskiner	
Alle baner	Hurtig måte å fase ut fossil diesel og samtidig benytte levetiden på eksisterende kjøretøy	Last-mile funksjon på kjøretøyet	Hurtig måte å fase ut fossil diesel og samtidig benytte levetiden på eksisterende kjøretøy	Kan finnes kjøretøy som må ha den type løsning for å ha tilstrekkelig energimengde ombord å samtidig kunne produsere tilstrekkelig med effekt

Gruppe 5



1a Ikke-fossil diesel

- Endre drivstoff til ikke-fossil
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov

	Persontrafikk		Godstrafikk	
Nordlandsbanen		Høye kostnader for avansert biodiesel	Forutsetter at det kommer utenom omsetningskravet	Norge bruker ca 10 % av global produksjon allerede
Raumabanen	Det er lite tilgjengelig i det globale markedet		Kommende omsetningskrav vil tre i kraft og det er anbefalt og ikke ber om ytterligere biodrivstoff i offentlige innkjøp	Det er kun HVO som håndterer kuldeproblematikken, en av de dyrere produktene
Røros- og Solørbanen				
	Skiftelok		Arbeidsmaskiner	
Alle baner				

Gruppe 6



1a Ikke-fossil diesel

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Ikke ubegrenset med biodiesel i verden Usikre vedlikeholdskostnader	Lokal utslipp
Raumabanen	Kansje eneste alternativ som gjør det mulig å oppnå til 2030	Må etableres forsyningskjede for AdBlue
Røros- og Solørbanen	Kaldt på Røros: Blande parafin med diesel pga kulden. Er upraktisk å holde i drift.	
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Omdiskutert klimaeffekt globalt</p> <p>Overgangsdrivstoff til andre energiformer. Ingen permanent løsning.</p> <p>Omdiskutert effekt av biodiesel. Ingen god løsning for å gi riks klimaeffekt.</p> <p>For beredskapsmaskiner, med høyt energibehov og liten bruk - eks. høyfjellsfreser</p> <p>Prisen på biodiesel kan øke når alle andre land også vil ha</p> </div>	

Gruppe 7



1a Ikke-fossil diesel

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Ingen tekniske utfordringer	Mulighet for implementering: Oppdragsgivere stiller med drivstoff
Raumabanen		Pris-incentiv og tilgjengelighet kan bli flaskehals. Blir avhengig av politisk avgjørelse
Røros- og Solørbanen		Kort sikt: Logistikkutfordringer knyttet til levering
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Lang sikt: Hvor er det mest hensiktsmessig at verdens HVO-kapasitet blir utnyttet?

1b - Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

Gruppe 1



Hva med hybrid med diesel og batteri?
Se BNSF i Amerika

1b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov
- Elektrifisere strekninger som gir størst klimaeffekt for pengene
- Kombinerte tog med pantograf og forbrenningsmotor

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	For alle baner person/gods. Kombinasjon kjøreeledning hvor den er kostnadseffektiv å etablere og biodrivstoff hvor kostnader er for høyt, f.eks. tunnel.	Kostnaden til KL gjør økonomien tvilsom - det er ikke bygd enda pga. konkurranse fra diesel
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Skiftemateriell er tradisjonell på diesel. Hybridisering er en alternative	Hybridisering i en økende tendens i byggebransjen

Gruppe 2



1b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov
- Elektrifisere strekninger som gir størst klimaeffekt for pengene
- Kombinerte tog med pantograf og forbrenningsmotor

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Saltfjelet elektridiseres ca 10 deelektrifisering Deelektrifisering i energikrevende stigninger vil redusere drivstofforbruket
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Bra konsept for arbeidsmaskiner ved nyanskaffelse Ombygging av arbeidsmaskiner vil bli for dyrt

Gruppe 3



1^b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov
- Elektrifisere strekninger som gir størst klimaeffekt for pengene
- Kombinerte tog med pantograf og forbrenningsmotor

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	<p>Dette alternativet passer med nyinvesteringer i materiell for Nordlandsbanen</p>	<p>Det positive med dette alternativet er at på Nordlandsbanen trenger man ikke å utbedre tunellene for å bygge kjøreledninger</p>
Raumabanen	<p>Det finnes gode kvaliteter av biodiesel som ikke har utfordringer med lave temperaturer</p>	<p>Før godsoperatørene vil kanskje et alternativ med mer kjøreledning gjøre det billigere å gjøre godstransporten utslippsfri.</p>
Røros- og Solørbanen		<p>Vi tror ikke det er investert i hybrider i godstrafikken i dag</p>
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 4



1^b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov
- Elektrifisere strekninger som gir størst klimaeffekt for pengene
- Kombinerte tog med pantograf og forbrenningsmotor

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		<p>Kan elektrifisere de mest energiintensive delene av banen. Bruke bimodale tog som finnes på markedet.</p>
Raumabanen	<p>Er en løsning på kort- til mellomlang sikt for å redusere utslippet. Den elektrifiserig som etableres kan senere brukes av f.eks batteritog.</p>	<p>Stort utslipp per km på denne banen. Elektrifisering av denne (korte) banen kan være gunstig fra miljøperspektiv.</p> <p>Et annet perspektiv er at man ikke vil "ødelegge" miljøet på banen med kontaktledning, og derfor vil ha en bimodal løsning for denne banen.</p>
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	<p>Ikke-KL-løsning er nødvendig på terminaler der KL ikke er mulig p.g.a på-avlastning.</p> <p>Kan også være fordelaktigt å kunne transportere tog ut på linjen til linjelokomotiv, og at gjøre det elektrifisert.</p>	<p>Bimodal løsning er nødvendig for denne type kjøretøy, derfor er diesel-KL-bimodal fordelaktigt. Kan bruke KL der det er mulig.</p>

Gruppe 5



1^b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov
- Elektrifisere strekninger som gir størst klimaeffekt for pengene
- Kombinerte tog med pantograf og forbrenningsmotor

	Persontrafikk	Godstrafikk
Norlandsbanen står for 2/3 av utslippet fra de ikke-elektrifiserte banene	Muligheter for å utnytte infrastrukturen optimalt, f.eks: kjøre gods om natten og persontrafikk på dagtid	På nordlandsbanen er det mange og veldig trange tunneller, ikke mulig å opprette kraftlinje inne i tunellene
Raumabanen		Kanskje noen baner er enklere å ha spesial løsninger enn andre. Avhengig om strekkene har kobling med andre land.
Røros- og Solørbanen	Mange tunneler på Raumabanen også med samme utfordringer som Norlandsbanen	Må ha en fleksibelt i jernbanesystemer. Kanskje utnytte lokale og regionale fortrinn
	Hvordan håndtere alle de ulike teknologiene internasjonalt, da systemene er ulike. Om det blir for mange teknologier fra alle land blir det en.	Tenke koridorer i sammenheng
		tatt i betraktning kapasiteten inne i tunnelen kunne det vært fint med en kombiløsning til toget for å redusere utslippet,
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 6



1^b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov
- Elektrifisere strekninger som gir størst klimaeffekt for pengene
- Kombinerte tog med pantograf og forbrenningsmotor

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Stjørdal - Steinkjer viktigst da kan den travleste	Elektrifisering av "Nord-Trøndelag" + saltfjellet ville det mer enn halvere utslippene
Raumabanen	Finnes kjøretøy for denne i Norge i dag	Saltfjellet
Røros- og Solørbanen	Biodiesel er ikke langsiktig løsning her ller	Kjøretidne går med ved elektrifisering i bakker
		Forutsetter at kjøretøyleverandørene på sikt vil lage dieselhybrider
		Kan brukes i en overgangsfase til KL/batteri
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Forbrenningsmotorer har betydelige vedlikeholdskostnader sammenlignet med el (batteri) kjøretøy

Gruppe 7



1_b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering

- Endre drivstoff til ikke-fossilt
- Eventuelle tilpasninger av motor ved behov
- Elektrifisere strekninger som gir størst klimaeffekt for pengene
- Kombinerte tog med pantograf og forbrenningsmotor

	Persontrafikk	Godstrafikk	
Nordlandsbanen	Penger spart på mindre infrastrukturbygging må kunne rutes til kjøretøy-investeringer for at det skal lykkes. F.eks fra nordlandsbanen: 10 mrd spart på infrastruktur kan føre til investering av 3mrd i materiell. Det er fortsatt en betydelig besparelse fra 14 mrd. totalt.		
Raumabanen			
Røros- og Solørbanen			
Skiftelok		Arbeidsmaskiner	

Det finnes hyllevare-løsninger på materiellsiden allerede

2a – Hydrogen

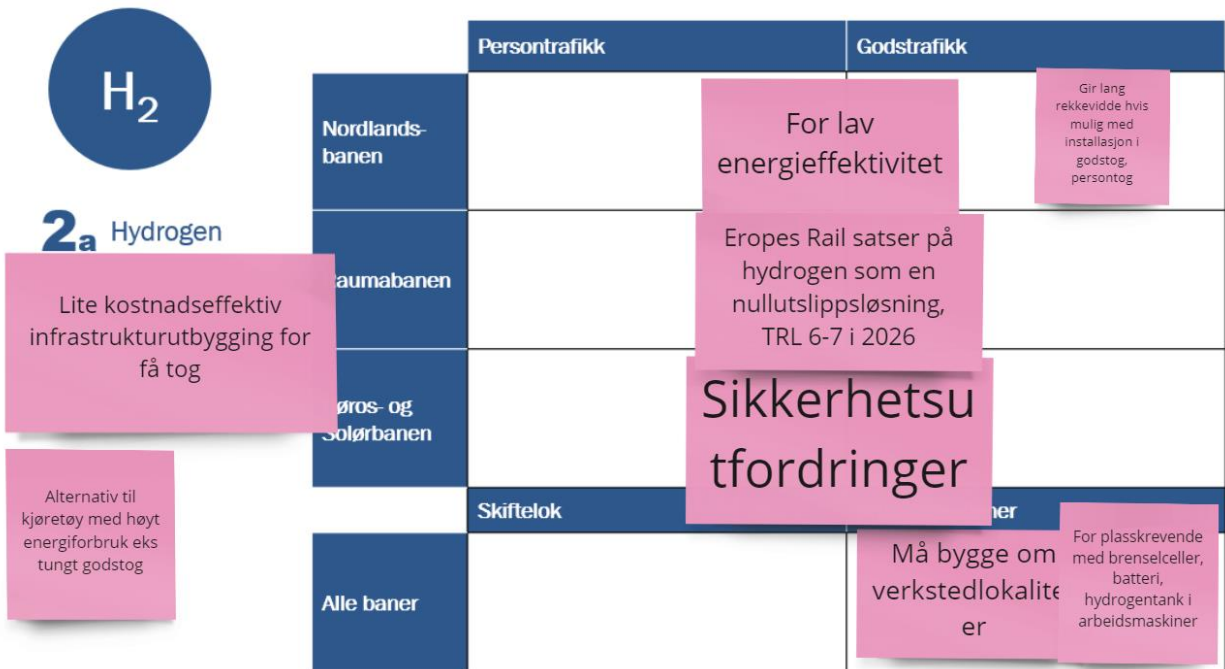
Gruppe 1



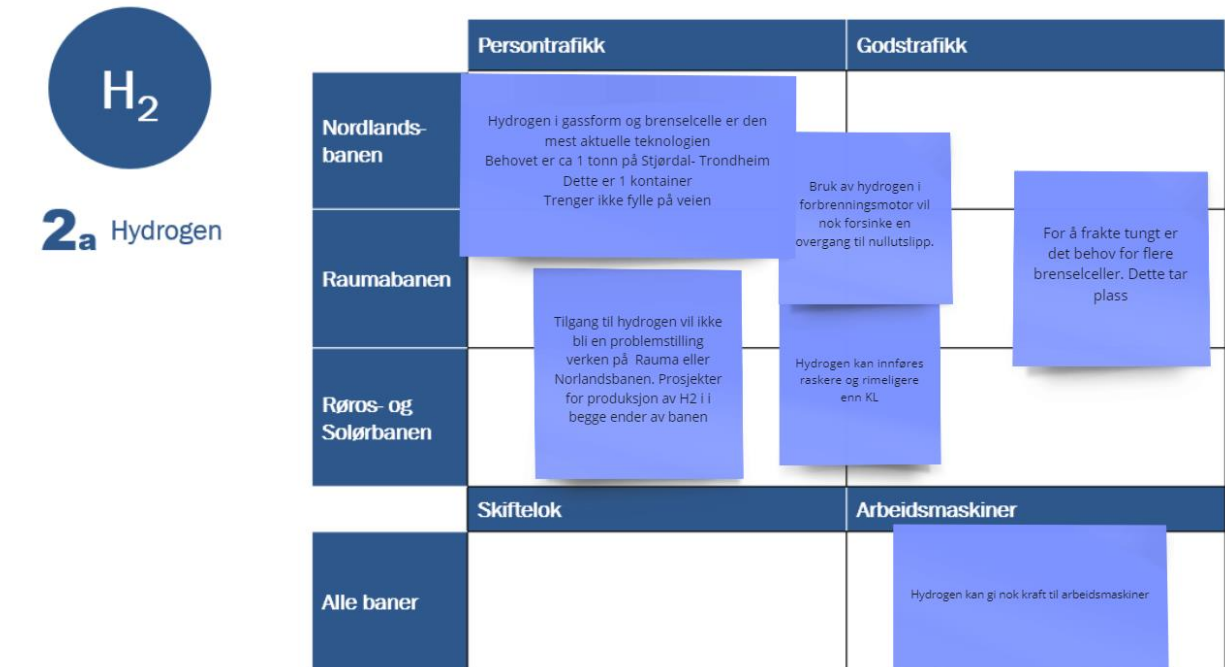
2_a Hydrogen

	Persontrafikk	Godstrafikk	
Nordlandsbanen	Allerede kommersielle tog for opptil 1000 km, godkjent i EU, overføring til norsk regelverk bør være relativt enkelt	Mange H ₂ -produsenter dukker opp i Nordland (Glomfjord mm.)	
Raumabanen		Oppdatering av regelverk for å tillate "hydrogenvogn"	
Røros- og Solørbanen		Utvikling mot større effekt er nødvendig	
Skiftelok		Arbeidsmaskiner	
		brenselceller, krever lokal infrastruktur for fylling	tilgjengelighet fra leverandører må avklares

Gruppe 2



Gruppe 3



Gruppe 4



2a Hydrogen

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Hydrogen gir relativt lang rekkevidde, noe som er fordelaktig på lange baner som Nordlandsbanen	Hydrogen kan fylle et behov for godstogen på Nordlandsbanen, men det gjenstår spørsmål kring energimengde (rekkevidde) og effekt for de tyngste togen. Finnes løsninger for mellom-lang rekkevidde på "ikke-tunge" godstog
Raumabanen	Finnes ferdigutviklede løsninger for persontog med hydrogen.	Teknologin er godkjent i Europa og for 5km tunneller i Tyskland
Røros- og Solørbanen		Hydrogen kan fylle et behov for trafikken på Raumabanen, då den uten problem kan dekke den ikke-elektrifiserte strekningen og samtidig ikke "ødelegge" miljøet med KL på denne banen (turism).
Alle baner	For hydrogen er det viktig å se på hele transportsystemet og energisystemet i stort for å få god økonomi og tilgang til det.	Markedet for godslokomotiv med hydrogen er ikke like utviklet som for persontog, men det finnes eksempler både i Europa og globalt som kan være aktuelt for Norge.
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Fordelaktig med hydrogen for skiftelok då det trenger å kunne brukes uten KL.	For arbeidsmaskiner krever hydrogen utvikling og tilpassninger. Men, man kan få med mye energi (rekkevidde, timer i drift), hvilket er fordelaktig for arbeidsmaskiner.
		En del arbeidsmaskiner trenger høy effekt (hayfjellsfres), og noe trenger lavere effekt (ledningsvogn). Hydrogen kan brukes for begge applikasjoner men batteriet i kjøretøyet må være større for høy effekt. Muligvis for lite effekt?

Gruppe 5



2a Hydrogen

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Kunne fungert på Nordlandsbanen og Raumabanen
Raumabanen	Vi får 40% energi av konvertering, vi får 40% utnyttelse ved forbrenning. Vi sitter igjen da med 20 % av energien vi har puttet inn. i timen får vi bare kjørt 1 tog istedenfor 5.	Hydrogen med persontrafikk inne i tunnel er en risiko som regelverket må ivareta
Røros- og Solørbanen		Lavere virkningsgrad jo mer trykk hydrogenet skal leveres med.
Alle baner	Kostnadsspørsmål: hvor mye koster det å kjøre en km på hydrogen v andre teknolgieer	Med hydrogen er det ikke like stort behov for at toget er tilknyttet ledningen.

Gruppe 6



2a Hydrogen

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Hydrogen i tunnel fungerer ikke pga. eksplosjonsfaren.
Raumabanen		Tapet i hele kjeden fra produsert H2 til forbrukt H2 - tapet er enormt (70%?).
Røros- og Solørbanen	Kostnader forbundet med levetid for H2-brenselceller er høye i dag. (På sikt kan disse bli rimeligere)	Produksjon av H2 kan skje på tider av døgnet når el-prisen er lav. (billigere).
Alle baner	Skiftelok	Arbeidsmaskiner

Alle baner

Hydrogen i tunnel fungerer ikke pga. eksplosjonsfaren.

Tapet i hele kjeden fra produsert H2 til forbrukt H2 - tapet er enormt (70%?).

Alle baner: Å ta i bruk hydrogentog - vil gi umiddelbar effekt for godskundene (mens det vil ta lang tid for det offentlige å utrede og implementere nullutslippssløsninger)

Det er trolig ikke behov for mange fyllestasjoner (begrenset utbygging av infrastruktur for H2)

Det høye trykket og antennesfare er store utfordringer; negativ argument for H2 som drivstoff

Gruppe 7



2a Hydrogen

Gruppen har lite kjennskap til hydrogen

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Bør kunne løses med rene hydrogen-tog	Må være Hydrogen/kl-hybrid mtp. trafikk på resten av jernbanenettet
Raumabanen	Bør kunne løses med rene hydrogen-tog	Det blir stort sett brukt motorvognsett heller enn lok/vogner på persontrafikk. Vil kunne by på utfordringer for å effektivt kunne fylle.
Røros- og Solørbanen	Bør kunne løses med rene hydrogen-tog	Må være Hydrogen/kl-hybrid mtp. videre trafikk nordover og sørover
Alle baner	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Volum-utfordringer knyttet til å huse brenselcelle + drivstoff på et lite skiftelok	Volum-utfordringer knyttet til å huse brenselcelle + drivstoff på en liten arbeidsmaskin

2b – Hydrogen med del-elektrifisering

Gruppe 1



2a Hydrogen med delelektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Alstom Polyvalent er bestilt i Frankrike Alstom to construct hydrogen trains for four regions in France - electrive.com	H2-lokomotiver bruker strøm fra brenselcellen, kan i prinsipp gå over til KL
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Kan brukes som skiftelok og som vanlig lok med KL	Arbeidsmaskiner har store kraftbehov, gjerne ved områder uten KL

Gruppe 2



2a Hydrogen med delelektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk		
Nordlandsbanen	Dette kan komme av seg selv etter hvert som de ulike løsningene kommer på markedet. Norsk jernbane må være klar til å ta imot og ikke investere i på kort sikt.	Er det mer naturlig at Norge legger tilrette med en energibærer med den transportmengden vi har i Norge på de ikke elektrifiserte banene.		
Raumabanen				
Røros- og Solørbanen				
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner		
Alle baner	Ønsker å utnytte materiellet så fleksibelt som mulig.	Kan være aktuelt når regelverket er utviklet	Dyr løsning med både infrastruktur for hydrogenfylling og delelektrifisering men fordrer at det er et marked	Lite trolig med H2 for mindre arbeidsmaskiner

Regelverks utvikling

Gruppe 3



2a Hydrogen med deelektrofisering

Dette konseptet er muligens en kandidat for å bli kuttet ut?

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Dette alternativet er sannsynligvis dyrere og lite hensiktsmessig sammenlignet med kun H2
Raumabanen	Raumabanen og Røros/Solør er lettere å elektrifisere med KL, pga. færre tunneller	Det er ikke et problem med materiell så lenge lokomotivene er elektriske, så kan materialet kjøre både med og uten kjøreløsning og med hydrogen som energikilde
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 4



2a Hydrogen med deelektrofisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	De mest energikrevende strekninger kan være fordelaktig å elektrifisere for å redusere antallet fyllestasjoner	For godstog kan KL brukes på de mest energikrevende delene av banen, og hydrogen på de andre. På den måten blir det enklere teknisk å realisere godstog med hydrogen, ellers kan det muligvis kreve veldig store system med brenselceller og hydrogentanker. Hydrogen for tunge godstog er ikke på markedet ennå.
Raumabanen	Hvis hydrogen skal brukes så må økonomiske vinster skapes gjennom å undgå elektrifisering. Derfor kan det bli vanskelig å oppnå økonomisk vinst med å elektrifisere mer enn i dag hvis det brukes hydrogentog.	Finnes eksempel i Frankrike der et KL-hydrogen lokomotiv vil brukes.
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Fordelaktig å bruke for skiftelok, der de kan gå på hydrogen på de ikke-elektrifiserte delen av operasjonen, og på elektrifisert strekning hved f.eks. transport av godstog til linjen.	Bimodale løsninger til KL er nødvendig (ikke tilstrekkelig med kun KL), og der hydrogen er en løsning. Vil kreve utvikling og tilpassninger. Arbeidsmaskinsflåten er diversifisert og kjøpes i små volumer

Gruppe 5



2a Hydrogen med deelektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	<p>En kombinasjonsløsning kunne fungert med hovedvekt på elektrifisering, men hjelp av hydrogen i motbakke og der det ikke er mulig å ha kontaktledning i tunneller</p> <p>Trenger elektrisitet for å produsere hydrogen. Vil vi ha nok elektrisitet i fremtiden til å produsere hydrogen, når vi nærmer oss et energiunderskudd?</p>	
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 6



2b Hydrogen med deelektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	<p>Tvilsomt om det er aktuelt å bygge ny KL hvis man går for H2</p> <p>Dersom det er aktuelt med H2, så blir det neppe lønnsomt å deelektrifisere i tillegg. Kjører H2 fra start til stopp fordi det er billigere. (Slipper også omformerstasjoner)</p> <p>Fylling av H2 vil trolig skje et stykke unna perrongen pga. sikkerhet (i motsetning til KL-/el-lading som kan skje på stasjonen)</p>	<p>Hydrogen godslok er KL-lok med kraftverksvogn</p>
Raumabanen		<p>H2-brenselselle kan lade et batteri jevnt => gir mulighet til å bruke annen batteriteknologi (enn for batteri som må lades med høye effekter)</p> <p>H2-brenselseller liker å gå kontinuerlig i drift (trenger stabil operasjonstemperatur)</p>
Røros- og Solørbanen		<p>operere dobbel infrastruktur er kostbart</p>
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	<p>Vanskelig å se at H2 skiftelok er ett alternativ</p>	

Gruppe 7



2a Hydrogen med deelektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	<p>Generelt kostnad- og energibesparende i forhold til ren hydrogendrift. Men lite praktisk hensiktsmessig i forhold til ren hydrogendrift.</p>	
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	<p>Volum-utfordringer knyttet til å huse brenselcelle + drivstoff på et lite skiftelok</p>	<p>Volum-utfordringer knyttet til å huse brenselcelle + drivstoff på en liten arbeidsmaskin</p>

3a – Batteri med lading i stillestand

Gruppe 1



Batteri med
3a lading i
stillestand

	Persontrafikk	Godstrafikk	
Nordlandsbanen	For lang avstand, krever 5-6 ladestopp	Behov for batteribytte eller høy effekt for opplading i endestasjon	Må ha 3 batterivogner
Raumabanen	Innenfor dagens teknologi (ca. 120 km)	Kan regenerere energi fra nedoverbakker og bremsing	
Røros- og Solørbanen			Må ha 2 batterivogner
Alle baner	Skiftelok	Arbeidsmaskiner	Kapitalkostnader er en funksjon av maks effekt og total effekt vs driftstimer per år. Høy CAPEX per årlig energitnyttelse
	God kombinasjon, høy effekt og mulighet for <i>opportunity charging</i>	Egnethet avhengig av oppgave	

Gruppe 2



Batteri med
3a lading i
stillestand

Regelverks
utvikling

	Persontrafikk	Godstrafikk	
Nordlandsbanen	Ikke egnet med unntak av strekninger iintil 10 mil		Ikke egnet for godstransport
Raumabanen	Implementerbart i dag for motorvognsett, lading i Åndalsnes og på Dombås	Gjennomførbart med batteridrift med batteritender for gods, med lading eller batteribytte i Åndalsnes og Dombås	Batteriutvikling en vil gjøre batteridrift for godstog aktuelt.
Røros- og Solørbanen	I 2026 kan strekningen kjøres på batteri med 2-3 ladinger underveis		Kan kjøres med batteri med lading underveis
Alle baner	Skiftelok	Arbeidsmaskiner	
	Arbeidsmaskiner må ha lademuligheter på fremmøtesteder	Arbeidsmaskiner må ha lademuligheter på fremmøtesteder	

Gruppe 3



3a Batteri med lading i stillstand

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		For å få til en effektiv lading er det en forutsetning at det er tilgang til nok kraft
Raumabanen		Batterielektrisk kan være et problem på Raumabanen pga stigningen
Røros- og Solørbanen	Det vil være mindre problematisk med lading på en kort bane som Røros/Solør	Ren batterielektrisk drift kan være en utfordring for driftssikkerhet.
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	For skiftelok er batterielektrifisering ikke noe problem, gitt at det er strøm nok	Arbeidsmaskiner er ikke egnet for batterielektrisk

Gruppe 4



3a Batteri med lading i stillstand

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Denne løsningen vil være vanskelig for Nordlandsbanen fordi det vil kreve enten store batterier eller mange stopp som påvirker ruteplanen
Raumabanen	For Raumabanen kan denne løsningen være kostnadseffektiv og gi tilstrekkelig ladeenergi	Batteribytte kan bli aktuelt. Dra nytte av den utvikling som skjer innenfor skip. Kan også gi fordeler med at ladingen kan være fleksibel, f.eks kan tilpasses tid på døgnet.
Røros- og Solørbanen		Det må vurderes hvordan batteriene integreres i et lokomotivkonsept. F.eks. kan det kreves en batterivogn med førerhus for at det ska bli operativt mulig.
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	For den kortere av banene kan det muligvis være tilstrekkelig med lading i stillestand hved endepunkter. For den lengre banen vil det sansynligvis kreve lading med stans underveis.	Vil kreve utvikling og tilpassninger. Arbeidsmaskinsflåten er diversifisert og kjøpes i små volumer
	Kan være kostnadseffektiv med lading i stillstand for skiftelok, fordi de jobber på samme område og kan stå på "ladespor" den tid de ikke brukes. Også fordi vi ikke kan elektrifisere lengre strekninger på terminaler.	Ladestopp vil kreve tilpassede kryssingsspor
		For de arbeidsmaskiner som trenger lang reiseridde så vil dette konsept gi en del problem. Men, for de arbeidsmaskiner som har lavt energiforbruk og som brukes på kortere strekninger så kan konseptet være aktuelt

Gruppe 5



3a Batteri med lading i stillstand

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Trenger overvåking av batteriene, i tilfelle brann. Gjennom tunneller kan være en utfordring, men vi har ikke så veldig lange lengder i Norge.
Raumabanen	lading for persontog som står stille har potensiale.	Batterier er tunge, man mister noe nyttelast
Røros- og Solørbanen	stor belastning i nettkapasitet ved å tape høye effekter på kort tid (klattlading)	Det er ca. 20 mill per km kontaktledning på jernbane. Den samme kostnaden er for veitrafikken.
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Har ikke arbeidsmaskiner strømtilgang/lading, er det en utfordring

Gruppe 6



3a Batteri med lading i stillstand

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Skifting av tog inn på eget spor for lading/batteribytte underveis virker ikke å være rask nok. Men det må settes opp mot mulig reduksjon i raskere framføring i stigning
Raumabanen	Gjelder alle energi-former man har med seg f.eks. batteri, H2, biodiesel (men ikke for KI), så må TIDEN det tar å få med seg energi nok til å bytte/lade/retur være lav.	Alle baner
Røros- og Solørbanen	Batterivogn (vekt er ingen særlig begrensning, 60-100 tonn??), kan det med DAC/DCS automatisk koblete vogner - så kan toget kjøres hele strekningen uten KI.. Bytte av batterivogn kan gjøres i hver endestasjon.	Statlige anskaffede persontog gjør det enklere å innføre, enn for godstogoperatører - Dette gjelder alle energi-former.
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Rauma og Solør: Kan batteri være en reell mulighet.	Risiko for at behovene for lading kan være nødvendig kan endres siden tømmerterminaler iblandt flyttes.
Alle baner	Siden lokomotivene brukes store deler av døgnet kreves raks lading eller flere lokomotiver slik at ett alltid står på lading	

Gruppe 7



3a Batteri med lading i stillstand

Har tatt utgangspunkt i batteribanker på alle ladepunkter for å sikre DC/DC-lading.

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Ikke like kritisk med Batteri/KL-Hybrid. Vil kunne lade i hver ende. Og eventuelt på stasjoner og krysninger.	Hybrid-materiell Batteri/KL for fleksibilitet på nettet. Lading på alle krysningsspor og stasjoner der det krysses.
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen	Hvordan blir sikkerhetsertifisering av batteriene mtp. brannikkerhet i tunneller?	
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Skiftelok trenger mindre batterikapasitet, og lading vil kunne løses gjennom peakshaver på forskjellige punkter pr. terminal.	Riktig kapasitet blir avgjørende for å kunne fungere effektivt. Avhengig av god strømtilgang + peak shaver på alle lokasjoner.

3b – Batteri med delelektrifisering

Gruppe 1



3b Batteri med del-elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Krever store investeringer (dog mindre enn 4a)	Noen områder har ikke nok kraftnett (f.eks. Saltfjellet)
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen	Går til Sverige, kan være fordel å bruke samme system	
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 2



3b Batteri med del-elektrifisering

Sammenligning av energieffektivitetene for de forskjellige energibærerne er helt avgjørende for endelig infrastrukturløsning

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Batteriteknologien er under rask utvikling med økende energitetthet som fører til lengre rekkevidde og kan kombineres med ladestrekningen av ca 30 km. Saltendependelen kan ha en ladestrekning ved Fauske, slik at motorvognsett kan kjøre på batteri tur/retur Bodø	Batteriteknologien er under rask utvikling med økende energitetthet som fører til lengre rekkevidde og kan kombineres med ladestrekningen av ca 30 km.
Raumabanen		Batteriteknologien er under rask utvikling med økende energitetthet som fører til lengre rekkevidde og kan kombineres med ladestrekningen av ca 30 km.
Røros- og Solørbanen	Batteriteknologien er under rask utvikling med økende energitetthet som fører til lengre rekkevidde og kan kombineres med ladestrekningen av ca 30 km.	Batteriteknologien er under rask utvikling med økende energitetthet som fører til lengre rekkevidde og kan kombineres med ladestrekningen av ca 30 km.
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 3



3b Batteri med del-elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Dette alternativet kan gjøre at man unngår dyre utbedringer av tunnelene
Raumabanen		Vanskelig med tilgang til strøm via KL på Rauma. Mulig å stenge i kortere perioder, men vanskelig natur
Røros- og Solørbanen	SJ Nord skal ha et prøveprosjekt sommeren 2023 på Rørosbanen med gjennomgående bimodale tog på Rørosbanen	På Rørosbanen vil bruk av bimodale tog være hensiktsmessig siden de også går delvis på Dovrebanen
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	For skiftelok er batterielektrifisering ikke noe problem, gitt at det er strøm nok	Arbeidsmaskiner er ikke egnet for batterielektrisk dersom man skal jobbe langt unna lading og med tunge prosesser

Gruppe 4



3b Batteri med del-elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		<p>Vil kreve avveining mellom elektrifiseringsgrad og batterikapacitet</p> <p>For godslokomotiv er utviklingen ikke kommet like langt som for persontog.</p> <p>Det finnes konsepter på nærkedet og noe tester, men det er en del usikkert hvis batterilokomotiver kan fungere or de tyngste godstogene</p>
Raumabanen	<p>For Raumabanen er denne løsningen sannsynligvis unødvendig. Lading i stillstand er sannsynligvis tilstrekkelig. Men det kommer ann på mulighet for lading i stillstand i endepunktene.</p>	<p>Bedre utnyttelse av tiden sammenlignet med lading i stillstand</p> <p>Forleng eksisterende elektrifisering fra Dovrebanen en bit in på Raumabanen.</p>
Røros- og Solørbanen		<p>Kan være en god løsning med deelektrifisering.</p>
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	<p>Elektrifisering kan være en god idé for transport fra terminal/hensettning til elektrifisert hovedlinje.</p>	<p>Vil kreve utvikling og tilpassninger. Arbeidsmaskinsflåten er diversifisert og kjøpes i små volumer</p> <p>Vil sannsynligvis allikevel kreve en tillegg til batteriene.</p>

Gruppe 5



3b Batteri med del-elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		<p>14 mrd.kr med hel kontaktledning, med delvis kontktledning vil det koste ca. 3 mrd kr.</p> <p>Batterivogner.</p> <p>Litt utfordring: av og å kobeling og komponentene blir slitasje(der strømmen går igjennom)</p>
Raumabanen		<p>Mindre batteri i lok, for å kunne kjøre gjennom tunneller. BAtteriet lades via KL Kjent teknologi, også fremtidig teknologi.</p>
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 6



3b Batteri med del-elektrifisering
 Tolker dette som "lading med vanlig kl i fart"

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Alle baner Nordlandsbanen: Mange tunneler kan gjøre plassering av infrastruktur noe krevende. Må ha omformerstasjoner på deler av strekningen (dyrt). Mindre størrelse på batteri (billigere). Men batteriene må tåle "hurtiglading" = høyere kostnader?
Raumabanen	Ikke sikkert at nødvendig med lading i bevegelse her	
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Hybride løsninger med batteri (og en annen energiform).

Gruppe 7



3b Batteri med del-elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Ansees som en mindre fleksibel løsning enn ren batteri, lading på fastpunkter og fortsatt mulighet for fremføring under KL	Forventes å gi mindre behov for batterikapasitet. Hvor mye avhenger av ladehastighet fra KL.
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Deelektrifisering vil ikke påvirke skiftelok i like stor grad. Da disse stort sett fungerer på sin terminal.	Tilsvarende løsning finnes i dag, bl.a. PI&Th HTW100.

4a – Elektrifisering

Gruppe 1



4a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Mest kostnadseffektiv med nok trafikkmen den er vi langt unna	Mest energieffektiv teknologi (OPEX)
Raumabanen		Er ikke blitt vedtatt før pga. CAPEX-kostnad
Røros- og Solørbanen		Må regne med utstlipp ved utbygging, kan være sammenlignbar med under drift for levetiden
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		<p>Third rail gir ikke nok effekt</p> <p>Banen må stenges i flere år for tunnelutvidelser, eller nye tunneler</p>

Gruppe 2



4a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Antas å være lite samfunnsøkonomisk lønnsomt. Utbygging vil stanse Nordlandsbanen for transport over lang tid.	Antas å være lite samfunnsøkonomisk lønnsomt. Utbygging vil stanse Nordlandsbanen for transport over lang tid.
Raumabanen	Visuell miljøeffekt, turisttrafikk	Visuell miljøeffekt, turisttrafikk
Røros- og Solørbanen	Vil kunne benytte Rørosbanen som avlastning for Dovrebanen, som gir økt fleksibilitet	<p>Vil kunne benytte Rørosbanen som avlastning for Dovrebanen, som gir økt fleksibilitet</p> <p>Elektrifisering gir gode sparer for med hensyn til hvite tider og utbygging. Økte formynte av K1 på Dovrebanen er vanskelig. Innsparingspotensialet er ca. 1 MRD</p>
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		Arbeidsmaskiner må ha en alternativ energibærer i tillegg

Gruppe 3



4a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen	Generelt er dette for dyrt	
Røros- og Solørbanen		For Hamar- Elverum Kongsvinger er dette alternativet med KL aktuelt som godstiltak. Bedre avvikling av godstrafikken. Vil gi synergier for persontogene
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Det er ikke aktuelt med skiftelok på KL	Det er vanskelig å kun ha arbeidsmaskiner på KL. Må ha back-up med andre drivstoff

Gruppe 4



4a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Forskjellige løsninger for elektrifisering av tunneler (skinne, dobbel kontakttråd)	
Raumabanen	Fordelen med denne løsning er at den gjør at alle kjøretøy kan brukes over hele nettet. Dette gir lavere kostnader til anskaffelser. Må veies mot kostnaden for infrastrukturen.	
Røros- og Solørbanen	Denne løsningen kan kreve en kombinasjon med andre løsninger som reduserer klimagassutslipp på kortere sikt.	
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Ikke aktuelt for skiftelokomotiv fordi de områdene ikke kan elektrifiseres.	Andre løsninger for skiftelokomotiv og arbeidsmaskiner kan brukes
		Ikke aktuelt for arbeidsmaskiner fordi de trenger å kunne brukes når KL-anlegget ikke fungerer.

Gruppe 5



4a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	1. redusere spenning i tunneller 2. strømskinne i taket (fordi den kan ligge ehl i flukt)	
Raumabanen	induksjonslading i banen?	
Røros- og Solørbanen	kontaktledning på bakken	
	Skiftelok	eldsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 6



4a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk	
Nordlandsbanen	<p>Teknologi som gir veldig høy driftsstabilitet. Lave vedlikeholdskostnader</p> <p>Få ulemper, bortsett fra pris</p> <p>Ingen forskning eller utvikling blir nødvendig for å bygge k! Dette gir også veldig lav usikkerhet!</p>		
Raumabanen			Alle baner
Røros- og Solørbanen			Nettverk/Samdrif fordeler med Dovrebanen
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner	
Alle baner	Ikke aktuelt, må kunne kjøre på lastespor	Ikke aktuelt for de fleste applikasjoner, må kunne kjøre på spor uten strøm	

Gruppe 7



4_a Elektrifisering

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Uproblematisk. Ordinært materiell med strømvaktaker	
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Skiftelok kan løses gjennom fullbatteri eller fossilfri diesel.	Arbeidsmaskiner kan løses gjennom fullbatteri, batteri/KL-hybrid eller fossilfri diesel.

4b – Elektrifisering uten KL i tunneler

Gruppe 1



4_b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Ca. samme kostnad som for 4a	
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Unngår stengning under bygging	
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 2



4b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		Antas uansett for dyrt selv om ikke tunnelene blir elektrifisert
Raumabanen		Vendetunnelen krever forholdsvis stort batteri både for gods og persontog og synes lite relevant
Røros- og Solørbanen		Få tunneller, løsningen er lite relevant
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Lite relevant for skiftelok	Lite relevant for arbeidsmaskiner

Gruppe 3



4b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Dette alternativet passer for Nordlandsbanen. Kostnadene er lavere for å unngå utbedringer av tunnelene unngås	Godstrafikken vil ha en fordel av så mye elektrifisering av Nordlandsbanen som mulig. Raskere godsframføring (?)
Raumabanen		Vanskelig med tilgang til strøm via KL på Rauma. Mulig å stenge i kortere perioder, men vanskelig natur
Røros- og Solørbanen	Dette alternativet kan passe til Røros og Solør. Kortere strekning og færre tunneller	
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	For skiftelok er batterielektrifisering ikke noe problem, gitt at det er strøm nok	Det er vanskelig å kun ha arbeidsmaskiner på KL. Må ha back-up med andre drivstoff

Gruppe 4



4_b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen	<p>Dette kan være en god løsning, men det vil kreve kjøretøy som har batterier som er dimensjonert for den største tunnelen.</p>	<p>Kan spare store kostnader for elektrifisering, og vil ta mindre tid sammenlignet med elektrifisering av hele linjen inkludert tunneler.</p>
Røros- og Solørbanen		<p>Denne løsningen kan kreve en kombinasjon med andre løsninger som reduserer klimagassutslipp på kortere sikt.</p>
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	<p>Ikke aktuelt for skiftelokomotiv fordi de områdene ikke kan elektrifiseres.</p>	<p>Andre løsninger for skiftelokomotiv og arbeidsmaskiner kan brukes</p> <p>Ikke aktuelt for arbeidsmaskiner fordi de trenger å kunne brukes når KL-anlegget ikke fungerer.</p>

Gruppe 5



4_b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen	<p>JA. ref. innspill i 3b.</p>	
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner		

Gruppe 6



4_b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen		
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Ikke aktuelt, må kunne kjøre på lastespor	Ikke aktuelt for de fleste applikasjoner, må kunne kjøre på spor uten strøm

Utfordringer med pantograf som må tas opp og ned mange ganger i løp av en strekning. Dette vil gi feil og økte kostnader - driftsavbrudd.

Alle baner

Det kreves en del omformerstasjoner (men færre enn for batteri med del-elektrifisering). Fordi høyspenningslinjen trekkes langs linjen hele veien.

Liten forskjell fra 4a der persontogene nå har batteri for skifting

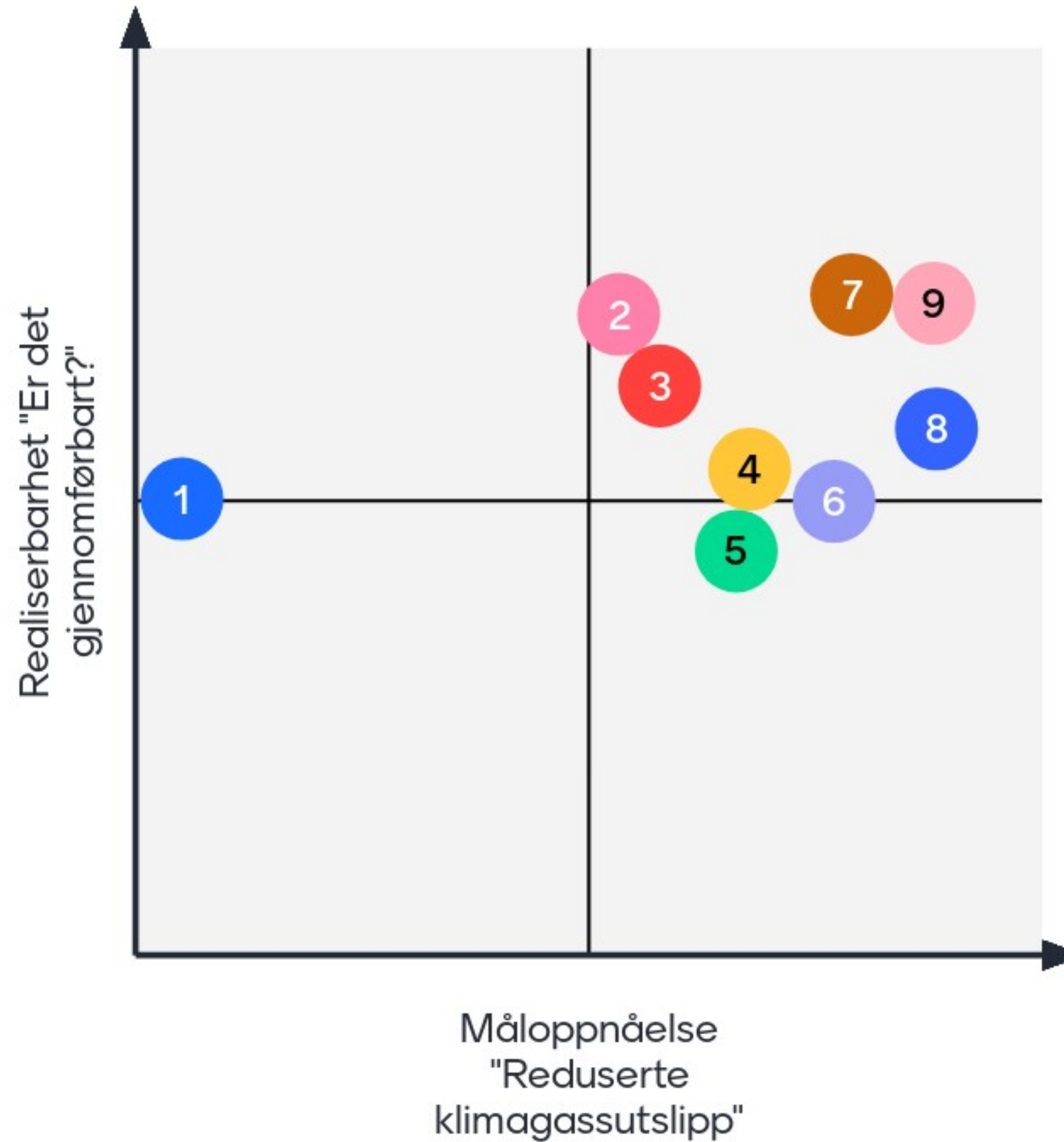
Gruppe 7



4_b Elektrifisering uten KL i tunneler

	Persontrafikk	Godstrafikk
Nordlandsbanen	Videreutvikling av last-mile teknologi kan være en mulighet	Videreutvikle last-mile teknologi kan være en mulighet, men plass/volum kan være utfordrende
Raumabanen		
Røros- og Solørbanen		
	Skiftelok	Arbeidsmaskiner
Alle baner	Samme vurdering som 4a	

Hvor realistiske er konseptene?



- 1 0 Fossil diesel
- 2 1a Ikke-fossil diesel
- 3 1b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering
- 4 2a Hydrogen
- 5 2B Hydrogen med del-elektrifisering
- 6 3a Batteri
- 7 3b Batteri med del-elektrifisering
- 8 4a Elektrifisering
- 9 4b Elektrifisering med batteridrift i tunneler