



Jernbane-
direktoratet

Arbeidsmaskiner i KVU Green

Oppsummering av verksted 12.01.2023

Dokument nr: 202300894-7

Dato: 24.01.2023

Utarbeidet av Jernbanedirektoratet i samarbeid med WSP	Saksnummer 202300894
Godkjent av Jernbanedirektoratet	Dokumentnummer 202300894-7
Dato 24.01.2023	Versjon 01
Endringslogg:	

Innhold

1	Bakgrunn	4
2	Oppgave 1: Kategorier for arbeidsmaskiner	5
3	Oppgave 2	6
3.1	Ikke-fossil diesel.....	6
3.1.1	Lastetraktorer	7
3.1.2	B. Revisjons-/ledningsvogn	8
3.1.3	C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov.....	8
3.1.4	D. Annet	8
3.2	Hydrogen.....	8
3.2.1	A. Lastetraktorer.....	8
3.2.2	B. Revisjons-/ledningsvogn	9
3.2.3	C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov.....	9
3.3	Batteri	9
3.3.1	A. Lastetraktorer.....	9
3.3.2	B. Revisjons-/ledningsvogn	9
3.3.3	C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov.....	10
3.3.4	D. Annet	10
3.4	KL.....	10
3.4.1	A. Lastetraktorer.....	11
3.4.2	B. Revisjons-/ledningsvogn	11
3.4.3	C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov.....	11
3.5	Noen tanker om løsning per kategori/type.....	11
3.5.1	A. Lastetraktorer.....	11
3.5.2	B. Revisjons-/ledningsvogn	11
3.5.3	C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov.....	11
4	Oppgave 3: Flerdrivstoffmotorer	12
5	Oppgave 4: Mulige krav til standardisering av energibærere	13
5.1	Hvor stor spredning i energibærer er akseptabelt innad i arbeidsmaskinflåten?.....	13
5.2	Er det akseptabelt med variasjon i arbeidsmaskinflåten mellom elektrifiserte og ikke-elektrifiserte strekninger?.....	13
5.3	Bør arbeidsmaskiner benytte samme energibærer som togtrafikken (person- og godstog)?.....	13
5.4	Bør arbeidsmaskiner benytte samme energibærer som skiftelok på terminaler? Alternativt: bør disse benytte samme energibærer som arbeidsmaskiner?	13
6	Oppgave 5: Hva kreves for å bytte energibærer?	14
Vedlegg	15
	Presentasjon.....	15

1 Bakgrunn

Arbeidsverkstedet for arbeidsmaskiner i KVU Green ble avholdt 12.1.2023. Hensikten var å innhente nærmere informasjon om de mulige løsningene fra de som eier og bruker arbeidsmaskiner på jernbanen. Representanter fra Bane NOR, Spordrift og Baneservice deltok, i tillegg til prosjektmedlemmer fra Jernbanedirektoratet og WSP.

2 Oppgave 1: Kategorier for arbeidsmaskiner

En rekke kriterier er relevante for inndelingen av arbeidsmaskiner i kategorier. Følgende hensyn ble trukket fram som relevante:

- Behov for energi (kWt) per arbeidsøkt, f.eks. lav, medium, høy
- Behov for motoreffekt (kW), f.eks. opp til 300, 300-800, over 800 kW
- Kjøretøytype: Lastetraktor, høvfjellsfres, ledningsvogn osv.
- Brukes maskinen primært under strømførende KL eller primært uten strømførende KL?
- Arbeider maskinen på både høy og lav effekt? Har den hjelpemotor?
- Brukes maskinen til beredskap? Må den kunne brukes uten KL?

Deltagerne på verkstedet supplerte med følgende hensyn:

- Hvordan brukes arbeidsmaskinen? Hvordan samme arbeidsmaskin brukes til drift og vedlikehold kan være ulik mellom Bane NOR og Spordrift på den ene siden og Baneservice på den andre.

Prosjektet foreslo følgende kategorier for arbeidsmaskiner:

- A. Lastetraktorer
- B. Revisjonsvogn/ledningsvogn
- C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov: høvfjellsfres, sporjusterings- og pakkmaskiner, linjelok, pukksuger, m.m.
- D. Annet: Vedlikeholdstoget, brann- og redningstoget, målevogn, snøkostemaskin

Deltagerne på verkstedet ble utfordret på følgende: Gir disse kategoriene mening? Hvordan bør de evt. endres? Deltagerne på arbeidsmøtet vurderte at denne inndelingen var god og dekkende for utredningens behov.

Lastetraktorer. Punktet om lastetraktorer ble drøftet mer inngående. Baneservice har i dag en håndfull lastetraktorer, men ser at denne typen maskin ikke er den beste for å dekke sitt behov, ettersom de i praksis har behov for maskiner som kan trekke utstyr, men med høyere effekt enn en typisk lastetraktor.

En aktuell erstatting er dermed linjelok med mellomstor trekkraft, f.eks. 1200 kW for elektrisk lok eller 1000 kW for diesellok. Det er viktig at de kan holde linjehastighet, for å få enkel tilgang på ruteleier til og fra arbeidsstedene. Gjerne med stor hytte for mannskap. Denne typen linjelok kan inngå i kategori C, evt. en egen kategori. Det påpekes at disse linjelokene ikke er samsvarende med linjelok som godstransporten benytter seg av, som har behov for betydelig mer trekkraft. Det er en ny type kjøretøy som ikke brukes ellers i Norge. Baneservice har notert at Vossloh har en tribrid (KL, diesel og batteri) som er interessant for deres oppgaver, der de kan bruke batteriet ved lavt effektbehov.

Bane NOR trenger imidlertid fremdeles lastetraktorer, og LT18 er utformet slik at den både kan være lastetraktor og skiftmaskin for de behov Bane NOR har.

Utslipp. For betraktninger rundt hvor de største utslippene er, framkom følgende:

- Spordrift har stort utslipp fra kategori A og B
- Baneservice har stort energibehov og utslipp fra kategori C

Dette gjenspeiles også i sammensetningen av kjøretøyflåten for de ulike aktørene.

3 Oppgave 2

Gruppen ble utfordret til å vurdere følgende for hver energibærer som utredes, for hver type arbeidsmaskin:

- A. Hvor egnet er energibæreren som primære energibærer?
- B. Hvordan ser en slik løsning ut i praksis?
 - Supplerende energibærere? Hovedmotor vs. hjelpemotor?
 - Innretning/utforming av flåten for arbeidsmaskiner?
 - Variasjon mellom landsdeler/driftsområder?
 - Kan en energivogn bidra til å gjøre konseptet gjennomførbart?

Arbeidet ble gjennomført i to grupper, den ene med representanter fra Baneservice, og den andre med representanter fra Bane NOR og Spordrift. I det følgende gjengis hovedmomentene fra diskusjonen i de to gruppene. Der relevant, skilles det mellom behovene til de ulike brukerne av arbeidsmaskiner.

Dette ble vurdert for de fire aktuelle energibærerne:

1. Ikke-fossil diesel
2. Hydrogen
3. Batteri
4. KL

For hver av disse ble generell egnethet vurdert, og egnethet for de ulike kategoriene ble vurdert nærmere der dette var ulikt. Resultatene er gjengitt i det følgende. Det ble lagt liten vekt på arbeidsmaskiner i kategori D, som følge av at det kun finnes én maskin per type av de fleste arbeidsmaskinene i denne kategorien, og at behovene er svært varierte.

Noen tilbakemeldinger som gjelder alle energibærere:

Spredning av energibærere. Det vil være en fordel om alle arbeidsmaskiner på et anleggsområde (skinnegående maskiner, toveismaskiner, osv.) kan benytte samme energibærer.

Distribusjon av drivstoff/energi til arbeidsstedet. Dette dukker opp som et relevant moment for alle energibærerne. Det bør være felles standarder for overføring. I tillegg bør det være én eier av energiinfrastrukturen. Det er også behov for løsninger for energioverføring til arbeidsmaskinene på anleggsplassene, ikke kun drifts- og vedlikeholdsbasene og langs banene.

Godkjenning ved ombygging. Ombygging av eldre materiell er en egnet måte å redusere utslipp og bedre driftsøkonomi på. Godkjenningsprosessen er imidlertid svært krevende og en barriere for ombygging av arbeidsmaskiner, spesielt dersom det kun er få individer som skal bygges om.

Start der det monner. KVUen bør vektlegge overgangen til null-/lavutslippsløsninger for arbeidsmaskiner som har en stor andel av utslippene. Dvs. arbeidsmaskiner det finnes mange av og/eller som har store utslipp i drift.

Standardisering av trekkraft-kjøretøy. I fremtiden kan det være fordelaktig med et standardisert trekkraft-kjøretøy som brukes for disse spesielle arbeidsmaskiner/tog. Gjelder for alle energibærere.

3.1 Ikke-fossil diesel

I drøftingen av ikke-fossil diesel som løsning for arbeidsmaskiner ble det i liten grad skilt mellom de ulike kategoriene, som følge av at ikke-fossil diesel i stor grad kan brukes likt som den fossile dieselen som benyttes i dag.

Følgende fordeler ble identifisert:

Bedre arbeidsmiljø. HVO har betydelig lavere lokale utslipp enn fossil diesel. Ved arbeid i tunnel gir det f.eks. en betydelig forbedring i luftkvalitet. Disse fordelene gjør at f.eks. Baneservice anser det som ønskelig å ta i bruk HVO selv om de ikke fullt ut får kompensert for prisdifferansen (se punkt om at HVO er dyrere enn anleggsdiesel, under).

Reduserte utslipp fra eldre dieselmateriell. HVO kan være en fin løsning for å redusere utslipp fra eldre maskiner, gjerne i samspill med fornyelse av motoren. Dette kan gi mindre utslipp enn å bytte ut arbeidsmaskinen før levetiden har gått ut.

HVO som hovedmotor og annen energibærere som komplement. Dersom kjøretøyet bruker flere enn én motor så kan hovedmotoren (som har stort energibehov og muligvis blir brukt til transport over lengre strekninger) være av typen ikke-fossil diesel.

Konseptet med energivogn som har en dieselgenerator har noen fordeler i de tilfeller der det kreves mye energi. Dette vil muliggjøre enklere kjøretøy som kan trekke med seg en slik vogn til bruk med særskilt energikrevende arbeid.

Følgende utfordringer ble identifisert:

Distribusjon av drivstoff til arbeidsstedet. Baneservice og andre tilbydere som jobber på anlegg over en kortere eller lengre periode, får i dag tilkjørt anleggsdiesel til sine arbeidsmaskiner (skinnegående og øvrige), og benytter i svært liten grad Togdiesel AS sine fyllestasjoner ved drift- og vedlikeholdsbase. Det er dermed behov for å sikre tilgang på ikke-fossil diesel for denne delen av drift- og vedlikeholdsarbeidet over hele landet. Tilgjengeligheten utenfor Østlandet er imidlertid ikke så god i dag, og logistikken kan bidra til å øke prisene. Baneservice får i dag drivstoff tilkjørt med tankbil av CircleK.

HVO er dyrere enn anleggsdiesel. Ikke-fossil diesel, bl.a. HVO, er dyrere enn anleggsdiesel. Anleggsdiesel er også unntatt omsetningskravet for biodrivstoff¹. Med mindre det stilles krav til bruk av ikke-fossil diesel eller reduserte utslipp i kontraktene, eller dette vektet positivt i konkurranseprosessene, er det vanskelig for tilbydere å ta dette i bruk. Ettersom prisen er høyere for ikke-fossil diesel, risikerer tilbydere som bruker dette å bli utkonkurrert av tilbydere som legger til grunn bruk av vanlig anleggsdiesel. Som følge av øvrige fordeler ved f.eks. HVO og bevissthet rundt klimaendringer osv. er viljen til å ta i bruk ikke-fossil diesel høy, men krevende med dagens incitamentstruktur.

Historiske utfordringer med biodiesel. Det har tidligere vært gjennomført forsøk med tidlige generasjoner av biodiesel. Disse viste seg å være svært tungvinte i drift, bl.a. som følge av utfordringer med vinterdriften. Nyere versjoner av ikke-fossil diesel, f.eks. HVO, vil ikke ha samme utfordringer, men forventes å være tilsvarende eller bedre enn fossil diesel ved kalde temperaturer. Det kan imidlertid være behov for å overkomme noe motstand mot å ta dette i bruk, som følge tidligere dårlige erfaringer. Dette forventes ikke å være et stort problem, men kommunikasjon vedørende ikke-fossil diesel som løsning bør ta høyde for dette.

Forbrenningsteknologi i tunneler. Kan strengere krav til arbeidsmiljø gjøre det uakseptabelt med forbrenning i tunneler? Spordrift merker økende krav til dette fra sine fagorganisasjoner. De har sluttet med bensinaggregat i tunneler. Mye maskin i tunneler gir krav til utlufting, som gjør at arbeidet tar lengre tid. Dårlig luftkvalitet er også et problem for brann- og redningstoget. Toget er dieseldrevet og vil stanse før mennesker kollapser i oksygen-fortrengte rom.

Tilgang på HVO. Det ble diskutert at HVO kan muligvis blir prioritert til applikasjoner som ikke kan bruke noe annet enn en løsning som tilsvarer diesel. I grunn handler det om hvor stor mengde HVO som produseres, og om det vil være tilstrekkelig til å også dekke jernbanens behov framover i tid.

HVOs miljømessige fordeler. Tidligere har det vært diskusjoner om at HVO ikke gir de miljømessige fordelene som en del mener pga. at det krever mark for produksjon, og at miljøfortrinnet dermed kommer an på hvordan det fremstilles.

3.1.1 Lastetraktorer

Baneservice sine lastetraktorer. Gitt krav til nullutslipp, er overgang til HVO100 og oppgradering til siste klasse, den mest aktuelle løsningen. Godkjenning forventes imidlertid å være krevende, gitt erfaring med ombygging av en pakkmaskin tidligere.

For Nordlandsbanen, med lange transportstrekninger, så vil ikke-fossil diesel ha sterke fordeler.

¹ Det var noe usikkerhet om dette i møtet, men det er verifisert i etterkant. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/reduserer-drivstoffavgiftene/id2930644/>

3.1.2 B. Revisjons-/ledningsvogn

Ved ombygging er dieselelektrisk med batteri til mindre energikrevende oppgaver sannsynligvis beste løsning. Ved nyanskaffelse er diesel-KL med batteri aktuelt.

3.1.3 C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov

Snørydding. For tunge snøryddingsmaskiner kan det være aktuelt å prioritere HVO til denne type kjøretøy. Bane NORs erfaringer viser at markedet ikke er modent nok til at andre energibærere (som f.eks. batteri og hydrogen) kan brukes for snøfreser. Kjøretøyet får ikke med tilstrekkelig med energi med disse løsningene.

Lett trekraft. Også for det som kan kategoriseres som "lett trekraft" kan ikke-fossil diesel gi mening, men det kommer også an på hvor mye energi man kan få med batteri.

3.1.4 D. Annet

Brann- og redningstoget. Det kan være aktuelt med ikke-fossil diesel for brann- og redningstoget fra et økonomisk perspektiv. Denne type kjøretøy må ha en løsning som klarer seg uten KL. Men mangel på surstoff (som kan oppstå ved brann) vil også begrense nytten av diesel og ikke-fossile varianter, da det er nødvendig med surstoff i luften som trekkes inn i motoren.

Målevogner kan ha tekniske utfordringer for bruk av KL, og det vil være behov for ombord energilagring, og HVO kan derfor være aktuelt.

3.2 Hydrogen

Følgende momenter ble trukket opp i drøftingen av hydrogen.

Hittil vurdert som lite interessant. De aktuelle virksomhetene har ikke lagt mye arbeid i å utrede hydrogen som løsning i sine siste anskaffelser. Forhold knyttet til pris, energieffektivitet og økt lagringsvolum sammenlignet med anleggsgas, er hovedbegrunnelsene for den lave interessen. Sikkerhetsutfordringer i forhold til driften, spesielt for tunneller, ble også drøftet som en usikkerhet som gjør alternativet mindre aktuelt.

Volum til energilagring. Plass til utstyr, last og mannskap er en begrensende faktor på en del arbeidsmaskiner, og økt bruk av den tilgjengelige plassen til lagring av energi er en ulempe. For nye arbeidsmaskiner som er designet for dette, antas det å være lettere å løse dette plassbehovet enn ved ombygging av eksisterende kjøretøy som er designet for diesel. Det må være plass til å fylle nok energi til minst ett arbeidsskift.

Energivogn med ekstra hydrogen. For å få nok hydrogen til et arbeidsskift kan det være aktuelt å ta med en tankvogn med ekstra hydrogen. Dette vil imidlertid gi utfordringer når maskinen skal kjøre tilbake fra arbeidsstedet, da vognen står på feil side av arbeidsmaskinen. Antas å være løsbart, men det vil være en driftsmessig ulempe. Hydrogen som energivogn krever at arbeidsmaskinen er elektrisk og kan ta imot elektrisk energi.

Distribusjon av drivstoff til arbeidsstedet. Som for ikke-fossil-diesel, er det behov for transport av hydrogen til arbeidsstedet. Når Baneservice gjennomfører vedlikehold/fornyelse, jobber maskinene gjerne kontinuerlig i 36 timer eller mer. Dette gjøres i forbindelse med stengning for ordinær trafikk, og hvert minutt brukes. Det må derfor sikres tidseffektiv fylling av drivstoff der arbeidsmaskinen jobber. Dette vil kreve fyllestasjoner over hele landet, og hvis det kun er et fåtall kjøretøy som bruker hydrogen så er det sannsynligvis ikke økonomisk forsvarlig.

Utfordringer med kompetanse. Gruppen mener at det er vanskelig å gjøre en grundig vurdering av hydrogen fordi de mangler kompetanse og erfaringer fra denne type energibærere.

Tilpasninger av verksteder/bygg. Kan kreve store tilpasninger i verksteder/bygg for å bli sikkerhetsmessig godkjent.

3.2.1 A. Lastetraktorer

Sveisearbeid tett på kjøretøyet stiller sikkerhetsmessige krav, og det er uklart om hydrogen vil tilfredstille dette kravet.

Uklart om volumet (mulig energimengde som kan få plass på denne type kjøretøy) er tilstrekkelig for denne type kjøretøy.

3.2.2 B. Revisjons-/ledningsvogn

Disse har lavt energibehov, som gjør hydrogen noe mindre aktuelt sammenlignet med andre alternativ som f.eks. batteri.

3.2.3 C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov

Hydrogen vurderes som mest aktuelt å bruke som trekkraft på transporetappen, f.eks. for linjelok.

Høyfjellsfreser. For høyfjellsfreser kan det muligvis finnes bedre forutsetninger for hydrogen enn for andre type kjøretøykategorier, fordi de brukes på samme sted. Men det er også her uklart om det er tilstrekkelig volum om bord til lagring av nødvendige energimengder.

Snøfresere. For snøfreser generelt (inkludert bruk av lastetraktorer til snøfresing) så er det uklart om risikoen for overslag (fra KL ned i kjøretøyet, og der kjøretøyet har hydrogen ombord) ved fresing kan få uakseptable konsekvenser hvis kjøretøyet bruker hydrogen. Avklaring av slike forhold krever grundige risikovurderinger. Det er altså mye uklart knyttet til om en slik løsning vil bli godkjent og akseptert.

3.3 Batteri

På jernbanen har mange arbeidsmaskiner lange perioder med drift med maskiner på tomgangskjøring, eller med lavt energibehov. Batterier er velegnet som løsninger for å holde varme og togradio osv. i gang. Batteri er godt egnet som sekundær energikilde der det ikke kreves store energimengder. Så kan man starte hovedmotor for kjøring. En slik løsning sparer også vedlikehold, fordi en del vedlikehold er koblet til tid i drift, og tomgang kan være en stor andel av tiden.

Det er store miljømessige og helsemessige gevinster med å bruke denne type løsning, særlig for de som arbeider på jernbanen.

Energivogner. Dette konsept har en del fordeler med energivogner, der den typen energivogn kan være relativt enkelt å bruke sammen med andre maskiner, dersom den leverer elektrisitet til en allerede elektrisk arbeidsmaskin. Det krever imidlertid at arbeidsmaskinen er elektrisk, ikke rent mekanisk.

Ladesystem. Batteri trenger en tilkobling for lading, og valg av ladekonsept blir viktig. Kan også være aktuelt med standardiserte batteripakker som kan brukes av arbeidsmaskinene, og som er utplassert på strategiske punkter.

3.3.1 A. Lastetraktorer

Det er veldig aktuelt med hybrider KL-batteri for lastetraktorer, og særlig for elektrifiserte baner. Bane NOR mener at det er mindre sannsynlig at det vil være behov for en tribrid KL-diesel-batteri i de fleste tilfeller.

Som eksempel er ca. 10+10 mil beredskap er nødvendig, pluss energi til arbeid på sporet (Spordrift). Men hvor stort behovet er vil variere med geografiske forhold.

3.3.2 B. Revisjons-/ledningsvogn

For Baneservice. Bruken av energi på transport er høy for disse vognene, og det brukes lite energi i arbeidssituasjonen. Denne går til kompressor og lift, samt litt bevegelse fram og tilbake. For dette vil batteri være en god løsning, og betydelig bedre enn f.eks. diesel, som forurenser det lokale arbeidsmiljøet med støy og utslipp. Et omtrentlig eksempel fra Baneservice er at disse bruker 120 L per time(?) i transport, 4L når de går på tomgang og 5 L når de brukes med kompressor. Lading kan skje fra dieselmotoren eller med en ladeløsning på arbeidsstedet. Inne på arbeidsområdet er det ikke strømbærende KL, og lading fra KL vil dermed innebære behov for å forflytte arbeidsmaskinen ut av anleggsområdet for å lade. KL til framføring av kjøretøyet er imidlertid en god løsning for elektrifiserte strekninger, så lenge det er ladeløsning for batteriet på arbeidsstedet. Maskinene brukes tidvis 24/t i døgnet, og hurtig lading av batteriet, uten behov for lange transporetapper, er en forutsetning. Vedrørende ombygging av LM5 til å inkludere batteri er vekt et problem, ettersom de veier 41 tonn og maks vekt er 45. Batteripakken som er utredet til LT 15 veier 10 tonn.

Baneservice ser på tribrider KL-diesel med batteri som en interessant løsning å vurdere nærmere ved nyanskaffelser.

Bane NOR og Spordrift mener at det er veldig aktuelt med hybrider KL-batteri for revisjons- og ledningsvogner. Ledningsvogner kan enkelt få tilgang til KL, og selve arbeidet har lavt energibehov. Ledningsvogner kan komme tett på arbeidsområdet med bruk av KL for fremdrift, noe som indikerer at hybrid KL-batteri kan være fordelaktig for ledningsvogner.

3.3.3 C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov

Batterier kan fungere for kategori C, men sannsynligvis ikke alene. Ettersom energi- og effektbehovet er høyt, vil batteri alene gi utfordringer med batterienes vekt i disse maskinene. Dette gjelder spesielt ved ombygging, men sannsynligvis også for nybygde kjøretøy. For enkelte arbeidsmaskiner kan kanskje nydesignede arbeidsmaskiner med flere aksler bidra til å gjøre det mer realiserbart med kun batteridrift, men ved tidligere forespørsler har leverandørene avfeid rene batteriløsninger. Muligvis kan fremtidig teknologiutvikling resultere i at flere typer arbeidsmaskiner med høyt energibehov kan bruke batterier som erstatning for diesel.

Tribrider med batteri til arbeid på lav effekt. For mange av disse maskinene er tribrider med KL og diesel til framdrift og jobbing på høy effekt, med et batteri til jobbing på lav effekt, en aktuell kombinasjon av energibærere. Baneservice bruker den samme kjøretøyflåten over hele nettet, og hybrider med kun KL i tillegg til batteri gir for liten fleksibilitet i bruk av arbeidsmaskinflåten. Slik sett er diesel-batteri en aktuell kombinasjon, men ettersom batteriet her lades av diesel, gir denne kombinasjonen først og fremst gevinster for det lokale arbeidsmiljøet, ikke klimagassutslippene. Kombinasjon med ikke-fossil diesel er selvfølgelig mulig her.

Ladeløsning fra strøm. Batteriene kan alternativt lades på arbeidsstedet via stasjonære lademuligheter. Etablering av dette er mest aktuelt på anleggsområder som skal brukes over lengre tid, ikke helgejobber. Men dersom ladeløsningen innebærer en «kontainer» som står kontinuerlig og lader, for så å hurtiglade en arbeidsmaskin, vil kravet til energiforsyning i det omkringliggende nettet kunne holdes ganske lavt. En mobil ladeløsning som tas med eller fraktes inn (f.eks. en powerbank som man kjører over til CircleK for å lade opp) kan også være en mulighet. I Sverige benyttes en type skinnegående energivogn, en powerbank MPV som kan lades fra landstrøm og ny versjon som kan lades fra KL. Logistikken med å ha denne foran arbeidsmaskinen når den skal hjem er en utfordring.

Sporjusteringsmaskiner. Diesel-elektrisk drift med batteri er aktuelt for sporjusteringsmaskiner. Kombinasjonen med diesel skyldes at Baneservice har kontrakt på arbeider på Nordlandsbanen.

Borrigg. Til disse brukes eksterne lok som trekraft. Selve borringen skjer med ca. 30 min pause mellom hvert hull, men kraftbehovet er stort og maskinene kan brukes over flere døgn i strekk. Krever svært mye energi i bruk og bruk av batteri vil kreve ladeløsning på stedet.

Pakkmaskiner. For pakkmaskiner vil stasjonære ladeløsninger være vanskelig, fordi de brukes over større avstander.

Pukksugere. Batteridrift er aktuelt. Disse har gjerne en annen maskin som trekker dem. Deselektrisk med batteri er aktuelt, evt. også med KL.

3.3.4 D. Annet

Vedlikeholdstoget. For vedlikeholdstoget (som står stille med motorer i drift) så kan batteri gi store fordeler med hensyn til arbeidsmiljø. Gjelder alle kjøretøy som brukes mye i stillstand.

3.4 KL

En av de største utfordringene ved bruk av KL som den primære energibæreren er at mange arbeidsmaskiner har beredskapsfunksjon, og må kunne fungere også dersom KL av ulike årsaker ikke er tilgjengelig for bruk på de elektrifiserte delene av nettet. I tillegg kommer selvfølgelig bruk på ikke-elektrifiserte deler av nettet, inkludert banestrekninger, terminaler og sidespor.

Baneservice. Imidlertid har kun et fåtall av Baneservice sine arbeidsmaskiner beredskapsfunksjon, annet enn innenfor egne anleggsområder (der alternative energikilder må være tilgjengelige uansett). Unntaket er

beredskapsavtale om sporjustering, f.eks. ved solsløng eller avsporinger som skader sporet. Da må arbeidsmaskinene også kunne borre fundament for nye KL-master.

Bane NOR og Spordrift mener at KL er ikke aktuelt som eneste energikilde for deres arbeidsmaskiner. Men KL kan benyttes for de arbeidsmaskiner som går på elektrifisert bane.

3.4.1 A. Lastetraktorer

Bane NOR og Spordrift mener at KL er ikke aktuelt som eneste energikilde, men kan brukes i kombinasjon med ombordenergilagring.

3.4.2 B. Revisjons-/ledningsvogn

KL er en aktuell energibærer for transport til arbeidsstedet.

Baneservice. Det er ikke mye slik transport for Baneservice sine revisjons-/ledningsvogner, ettersom disse brukes til planlagt vedlikehold. De må imidlertid kunne arbeide uten KL. KL som energibærer bør imidlertid vurderes ved nyanskaffelser, og må inkludere funksjonalitet for jording av strømvtageren.

Bane NOR og Spordrift mener også at KL er ikke aktuelt som eneste energikilde, men kan brukes i kombinasjon med ombordenergilagring.

3.4.3 C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov

KL er en aktuell energibærer for transport til arbeidsstedet. For f.eks. pakkmaskiner og ballastfordelere er det mye transport, og de jobber også en god del under spenningssatt KL. For pukksugere er dette i mindre grad tilfellet, og der har f.eks. Railcare utviklet nye som går på batteri.

Transport-/linjelok. For transportlok/linjelok er KL egnet, gjerne med diesel og evt. et batteri til bruk inne i anleggsområder og tunneler, og kjøring på lave hastigheter. Alstom har levert lok av typen Prima H4 som er bimodale, til Sveits.

Høyfjellsfres. Gruppen ser utfordringer med KL for høyfjellsfres pga. risiko for overslag og at kontaktledningen blir påvirket av snø på en måte som gjør at det blir utfordringer med å bruke den av strømvtageren. Det vil også bygges opp snø på strømvtagere.

3.5 Noen tanker om løsning per kategori/type

I det følgende presenteres noen innledende vurderinger fra gruppen knyttet til hva som kan være den mest aktuelle løsningen per kategori av arbeidsmaskin.

3.5.1 A. Lastetraktorer

For allerede anskaffede maskiner: Overgang til HVO og oppgradering av motoren.

For nyanskaffelser: Diesel-KL, evt. med batteri for mindre energikrevende arbeid

3.5.2 B. Revisjons-/ledningsvogn

For allerede anskaffede maskiner: Dieselelektrisk (eksisterende modeller) med batteri (som settes inn)

For nyanskaffelser: Diesel-KL med batteri. Eller KL med batteri.

3.5.3 C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov

For allerede anskaffede maskiner: Utskifting av eldre motorer og HVO. Evt. sette inn batteri til mindre krevende arbeidsoppgaver.

For nyanskaffelser: Diesel-KL til transport og energikrevende oppgaver, med batteri til mindre krevende oppgaver. Unntaket er borrhigg, som brukes uten KL og krever mye energi og høy effekt, hvor ikke-fossil diesel sannsynligvis også er beste løsning framover.

4 Oppgave 3: Flerdrivstoffmotorer

Oppgaven var som følger: Flerdrivstoffmotorer som kan bruke flere typer drivstoff i en forbrenningsmotor, med kun mindre justeringer av motoren, er under utvikling og bruk for lastebil. Hva er potensialet av denne typen løsninger for arbeidsmaskiner på jernbanen?

Gruppen hadde ikke mye erfaring med denne typen motorer, men var nysgjerrige og positivt innstilt. Følgende momenter fra diskusjonen tas fram som aktuelle:

- Slike motorer kan være fordelaktige for å håndtere usikkerhet, da de gjør det mulig å bruke noe annet, uten større ombygging av kjøretøyet (evt. unntatt tank).
- Når man må bytte motor uansett for å forlenge levetiden, er en slik løsning aktuell.
- En problemstilling som må avklares er om man da får kjøretøyet godkjent for alle typer drivstoff, eller om det må godkjennes på nytt dersom man rigger det om for et annet drivstoff.
- Hvor sikkert er det egentlig å bruke gass i slike kjøretøy, selv om motoren kan bruke det?
- Det finnes erfaringer fra andre sektorer med å gå fra diesel til propan. Hvilke fordeler har dette? Propan er imidlertid av fossil opprinnelse.
- Et forskningsprosjekt i Australia viste store miljøgevinster av å blande inn hydrogen i diesel.
- Baneservice anser at flerdrivstoffmotorer kan være fornuftig.

5 Oppgave 4: Mulige krav til standardisering av energibærere

5.1 Hvor stor spredning i energibærer er akseptabelt innad i arbeidsmaskinflåten?

I overskuelig framtid vil det nok være mye variasjon, bl.a. som følge av lange levetider for arbeidsmaskinene (25-30-40 år). Det blir vanskelig å unngå dette.

Samtidig er det ønskelig med en standardisert maskinflåte – jo mer jo bedre. Men det er ikke økonomisk eller miljøvennlig å bytte ut alt før utgått levetid.

Det er viktig at energibærerne og teknologien for energioverføring som tas i bruk standardiseres: KL er allerede en standard. Ladekontakter bør standardiseres. Hengere med batteripakker kan f.eks. bli en standard. Det vil også være ønskelig med en form for standardisering innenfor batterier, f.eks. kontainerformatet. For strøminfrastruktur er f.eks. 400 V 32A tilgjengelig på stasjonene, og dersom dette kan benyttes til lading av arbeidsmaskiner må man ikke kjøre så langt for å lade. Stasjonene bygges jo nå ut med mulighet for elbillading. Her kan det være mulig å lade batteripakker med lav effekt, som hurtiglader over på arbeidsmaskinene.

5.2 Er det akseptabelt med variasjon i arbeidsmaskinflåten mellom elektrifiserte og ikke-elektrifiserte strekninger?

Det overordnede svaret på dette er nei.

Baneservice: Baneservice må bruke maskinene på de kontraktene de vinner, og dette kan være på både elektrifiserte og ikke-elektrifiserte deler av nettet. Dermed er variasjon ikke mulig, uten at man risikerer å sitte med arbeidsmaskiner som ikke kan brukes i aktuelle oppdrag.

Bane NOR/Spordrift: Arbeidsmaskinene må kunne rullere rundt på banenettet knyttet til større vedlikeholdsprosjekter.

Unntaket er kanskje arbeidsmaskiner som primært flyttes rundt med trekraft og plasseres i et anleggsområde. Her kan trekraften være differensiert (KL på elektrifiserte baner), og maskinen jobbe med en energikilde som er tilgjengelig på anleggsplassen.

5.3 Bør arbeidsmaskiner benytte samme energibærer som togtrafikken (person- og godstog)?

Man bør strekke seg mot samme løsning og felles standarder, f.eks. samme type kontakter. Det gir stordriftsfordeler. Et annet eksempel kan være å benytte lademulighet på hensettingsområder for de gule maskinene. Lademuligheter bør være samme for alle typer kjøretøy hvis man går for en batterielektrisk løsning. Hvis lademuligheter skal finnes for et batterielektrisk alternativ, så må det også opprettes et felles «system» for ladeplasser.

Kan man bruke togvarmanleggene? Før hadde man eget nett for dette i Norge, på 1000V. Nå er dette nettet koblet opp igjen, og det er ikke langt unna ladespenning for batteri.

5.4 Bør arbeidsmaskiner benytte samme energibærer som skiftelok på terminaler? Alternativt: bør disse benytte samme energibærer som arbeidsmaskiner?

Dette bør være ensartet, da mer standardisering vil gi økt fleksibilitet og kapasitet.

6 Oppgave 5: Hva kreves for å bytte energibærer?

Deltagerne ble utfordret på følgende problemstillinger:

- Hva trenger eiere/brukere av arbeidsmaskiner for å bytte til en ny energibærer?
- Hva trenger eiere av arbeidsmaskiner for å optimalisere arbeidsmaskinflåten med hensyn til klimagassutslipp?

Følgende er nøkkelmomenter fra diskusjonen:

Endring av kontraktene. Konkurrerende aktører må få betalt for å satse, f.eks. i form av positiv vektlegging i kontrakter eller i form av krav i kontraktene. Hvordan utslipp vektet i kontrakter har stor betydning.

Lade- og fyllinfrastruktur. Lade- og fyllinfrastruktur må være tilgjengelig der arbeidsmaskinene skal brukes. Det er ønskelig at Bane NOR tar rollen som tilrettelegger og eier av løsningene.

Tilgjengelighet for arbeidsmaskiner. Det er stort sett bare Norge som etterspør null-/lavutslippsløsninger for arbeidsmaskiner. Det begynner imidlertid å løsne litt. Men det meste av arbeidsmaskiner har fremdeles ren dieseldrift. Noen må gå foran, og det kan være Norge. Men det koster og det vil være uheldig om overgangen til klimavennlige løsninger på jernbanen bidrar til å øke vedlikeholdsetterslepet. Det er en utfordring at antallet kjøretøy i anskaffelser er veldig lite, noe som gir høye utviklingskostnader per kjøretøy.

Teknologimodenhet. Hvis teknologien er umoden og i tillegg koster mye, er det en dobbelt støyt for de som er pådrivere i starten. Prisene vil nok falle etter hvert, men midlene til å gå foran må komme fra et sted. Det bør være statlig støtte/incitamentordning. Baneservice fikk nei til støtte til hybridpakkmaskin fra Enova, fordi spredningspotensialet var for lite.

LCC er ukjent. Lever motoren kortere med HVO? Hva er levetid for brenselceller, batteripakker? Det er en bekymring om kostnadene i bruksperioden øker som følge av høyere utskiftingsbehov med nye energibærere.

Godkjenningsprosesser. Det kan ta lang tid å få et ombygd kjøretøy godkjent. Det er så mye variasjon mellom arbeidsmaskiner og få av hver enkelt type, det gjør at kostnadene for godkjenning per maskin blir veldig høy. Kan man gjøre noe forarbeid eller på andre måter redusere tiden det tar å få noe godkjent? Det anbefales å involvere SJT for slippe full prosess for alt, om mulig.

Vedlegg

Presentasjon

Arbeidsmaskiner – KVU for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane

Arbeidsverksted 12. januar 2023



Hensikt

- Samferdselsdepartementet ber i supplerende tildelingsbrev nr. 3 Jernbanedirektoratet om å gjennomføre en konseptvalgutredning (KVU) for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane.
- KVUen skal inneholde en vurdering av driftsform (dagens løsning vurdert opp mot el, batteri, hybrid, hydrogen, etc.) og tilknyttede behov for investeringer.
- Anbefalt konsept skal bestå i ulike løsninger for gods, persontog, arbeidsmaskiner og skiftelokomotiver.

Agenda

Kaffe

10:00 Velkommen

Arbeidet så langt

Oppg. 1: Kategorier for arbeidsmaskiner

Oppg. 2: Egnethet for energibærere

11:30-12:00 Lunsj

Oppg. 2 forts.

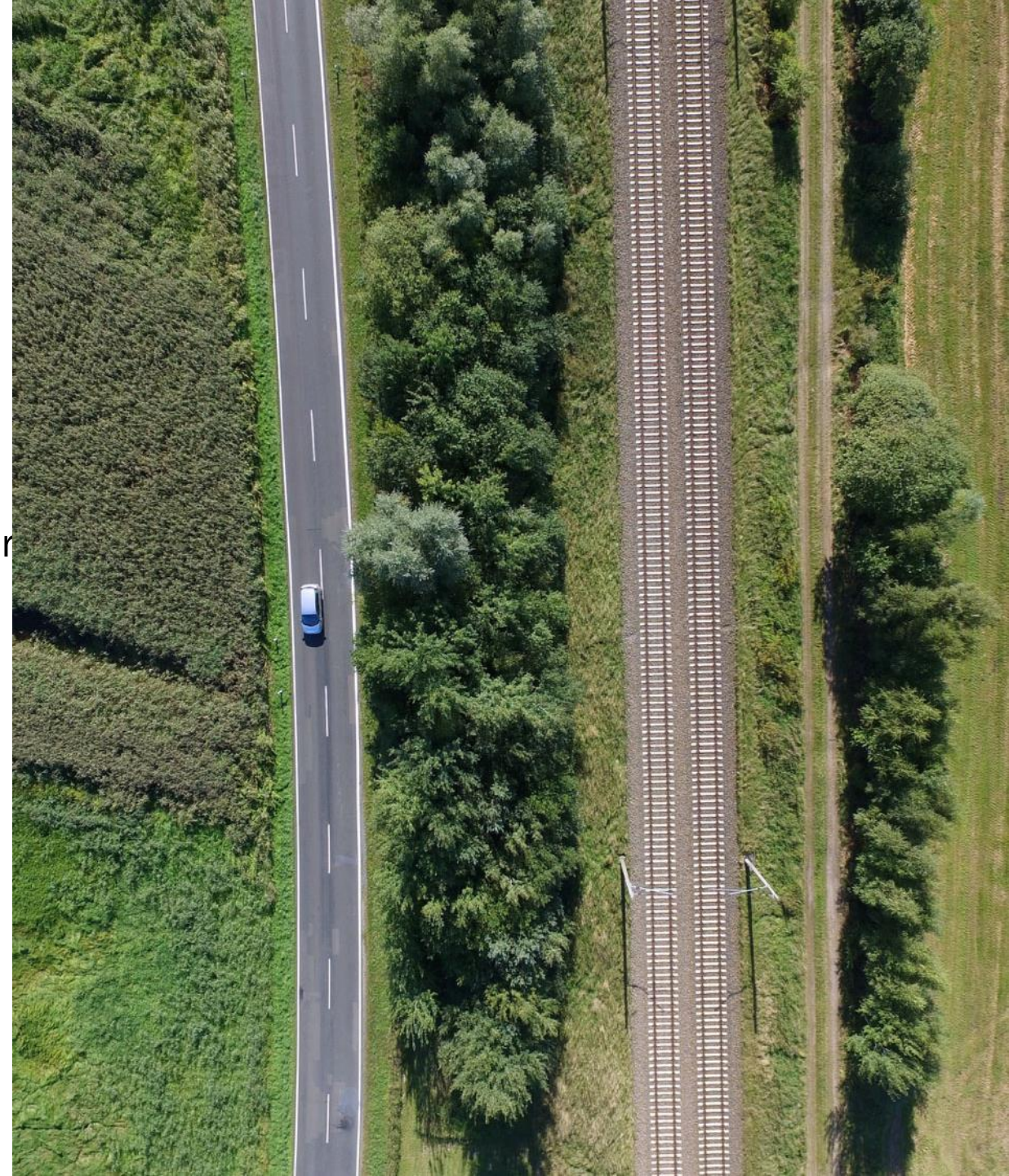
Pause

Oppg. 3 Flerdrivstoffmaskiner

Oppg. 4 Krav til standardisering

Avslutning og ferdig til

15:00 Ferdig



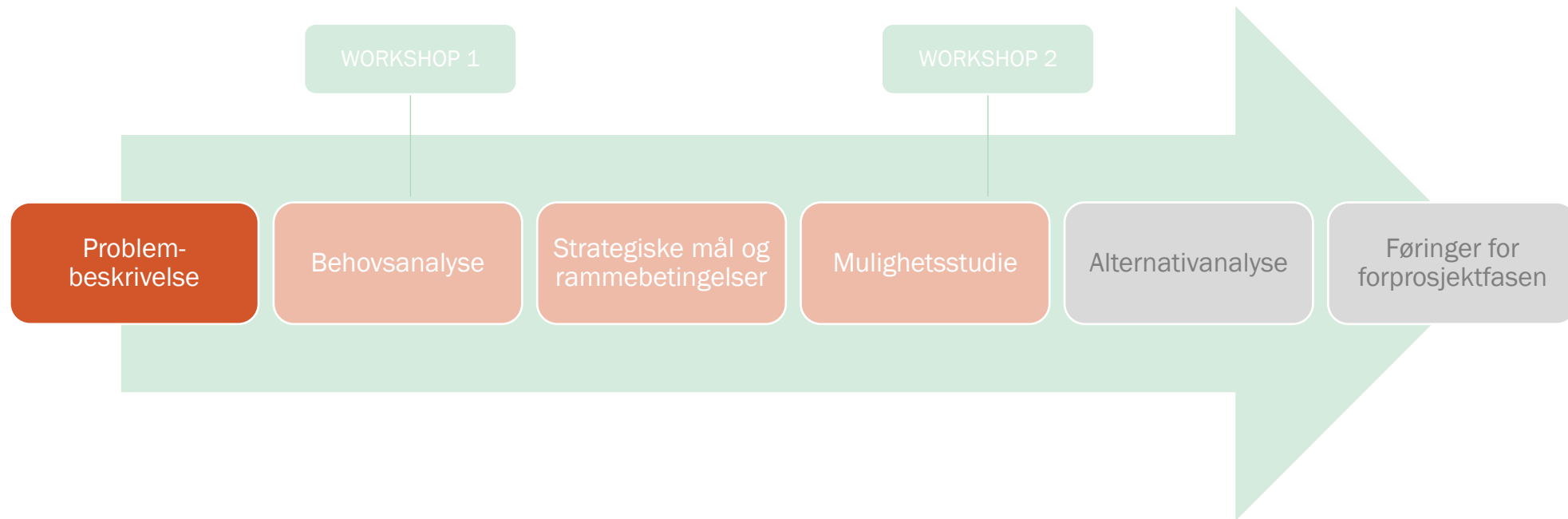
Introrunde

- Hva heter du?
- Hvor jobber du?
- Hva jobber du med, med hensyn til arbeidsmaskiner?

Oppsummering av arbeidet så langt



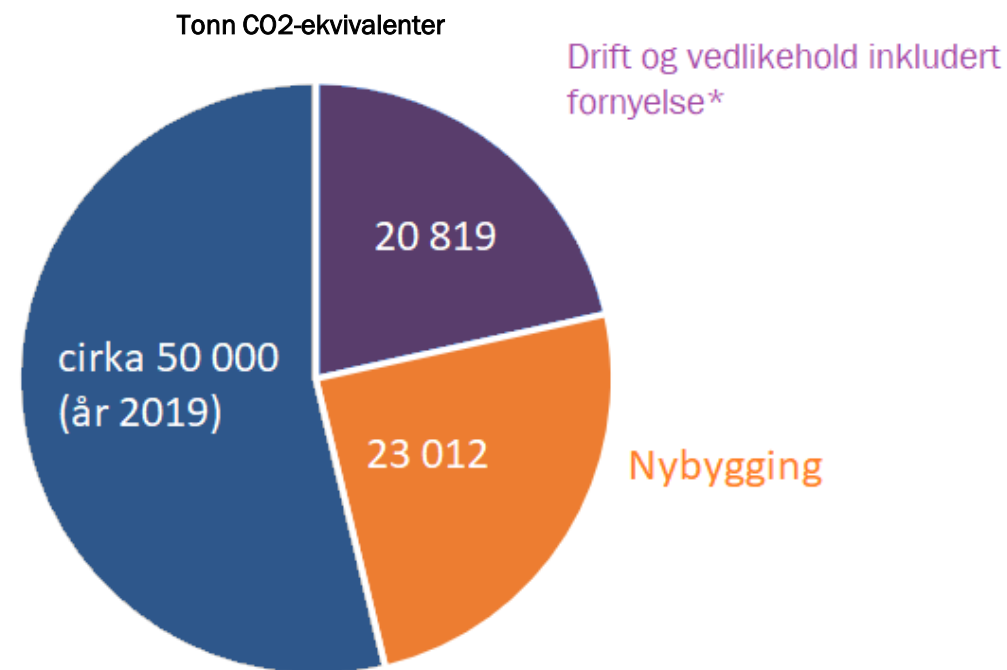
Problembeskrivelse



Klimagassutslipp på jernbanen

- Utredningen konsentreres om
 - Persontog
 - Godstog
 - Skiftelokomotiver
 - Skinnegående arbeidsmaskiner
- Følgende inngår ikke:
 - Ordinære anleggsmaskiner
 - Ordinære anleggsmaskiner med påmonterte skinnegående hjul

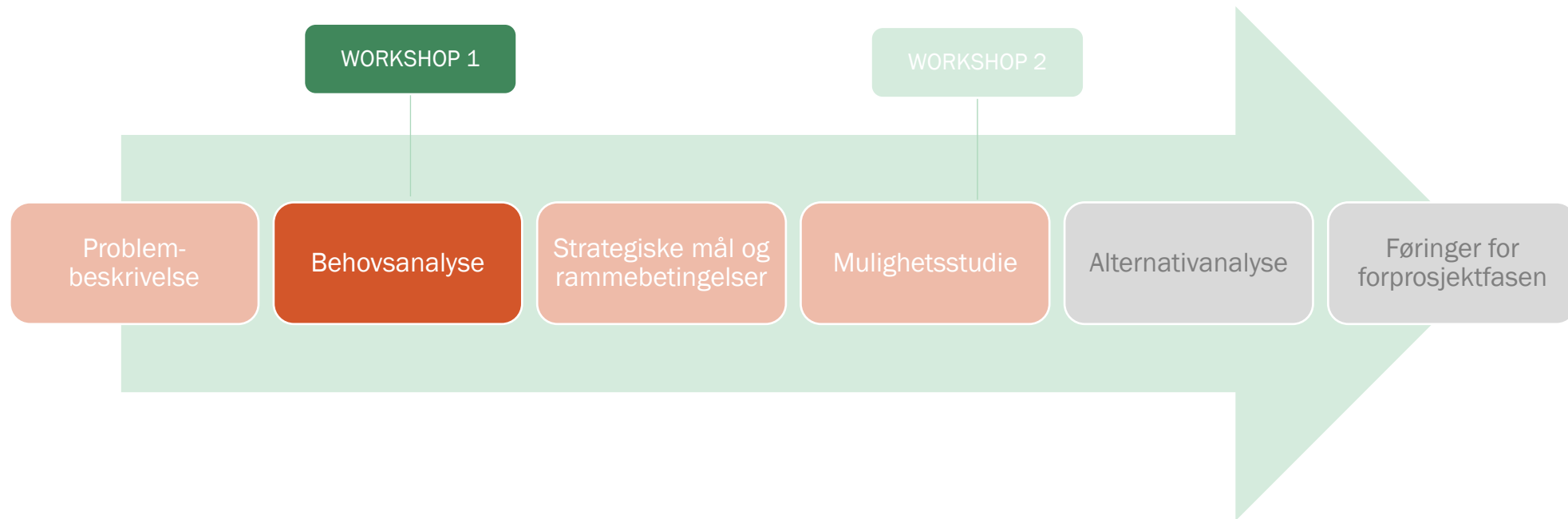
Jernbanetransport
Person og godstog



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

Behovsanalyse



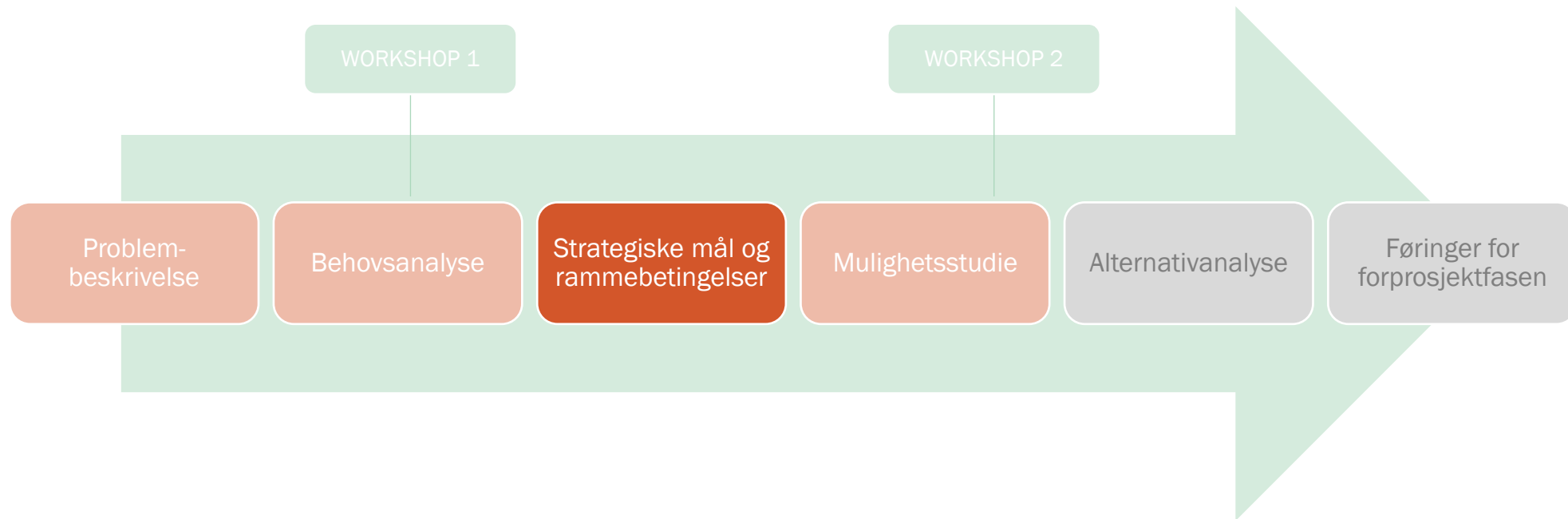
Prosjektutløsende behov

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

Andre viktige behov

- Godt arbeidsmiljø og lokalmiljø, mht. støy og luftkvalitet
- Kjøretøy som tilfredsstillende et stadig strengere **regelverk**
- Teknologisk **langsiktige løsninger**, og å unngå gjentatte omstillinger
- **Energieffektive løsninger**
- **Arbeidsmaskiner må være kompatible** med hele jernbanenettet og disse må være **tilgjengelige/lovlige for bruk**
- **Togene går** mens energibærer byttes
- **Forutsigbarhet** for investeringer i kjøretøy og infrastruktur
- Tidligere **investeringer kan tilpasses** 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.

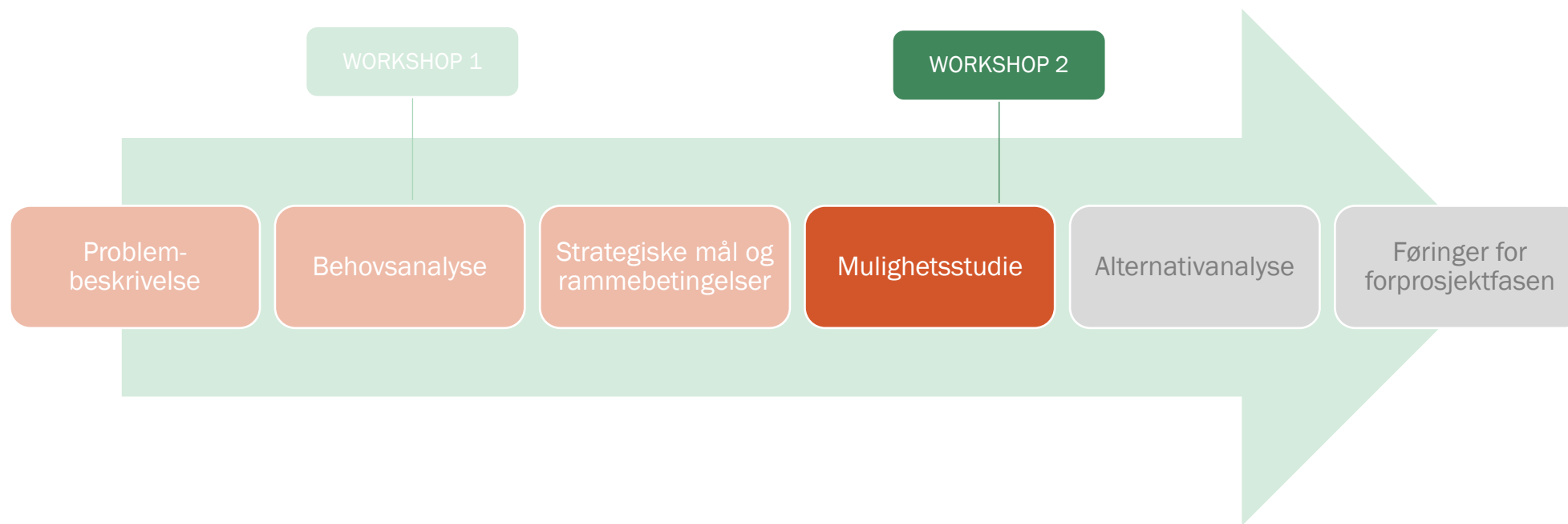
Rammebetingelser med utgangspunkt i samfunns- og effektmålene

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.

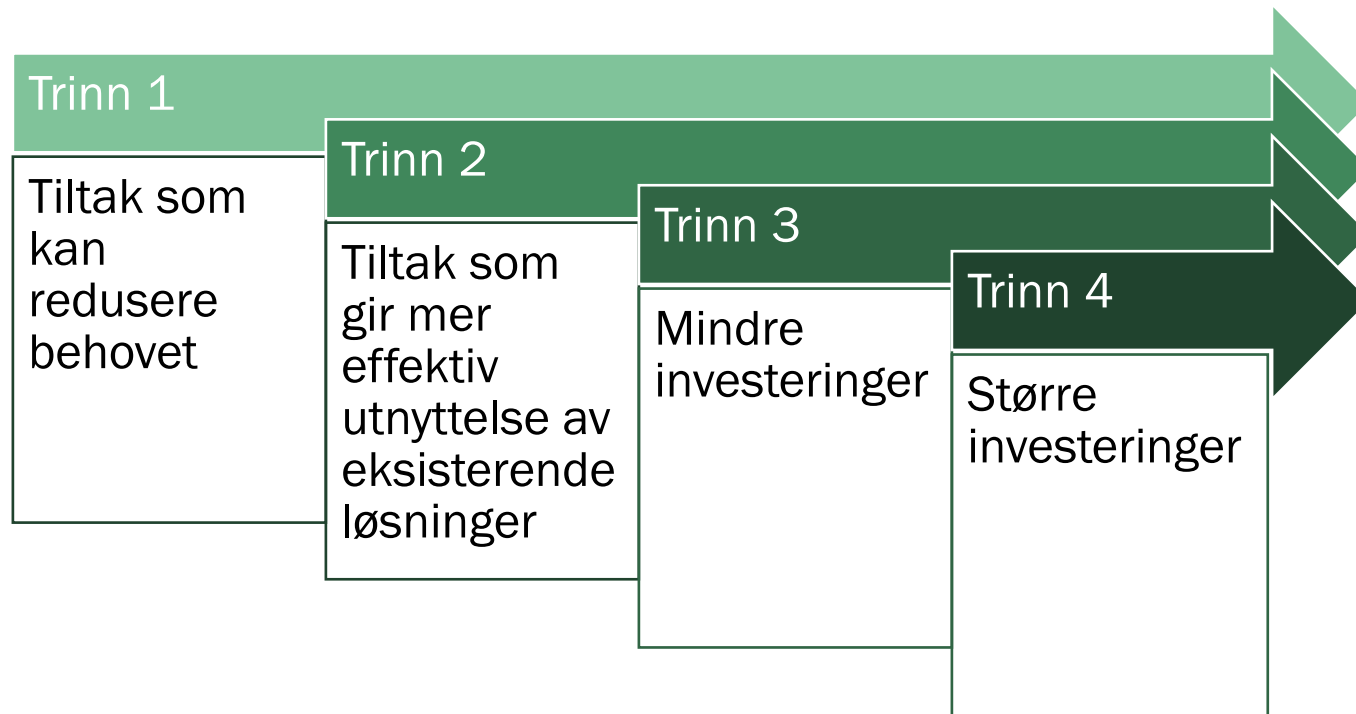
Andre rammebetingelser

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.

Mulighetsstudie



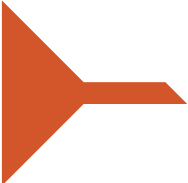
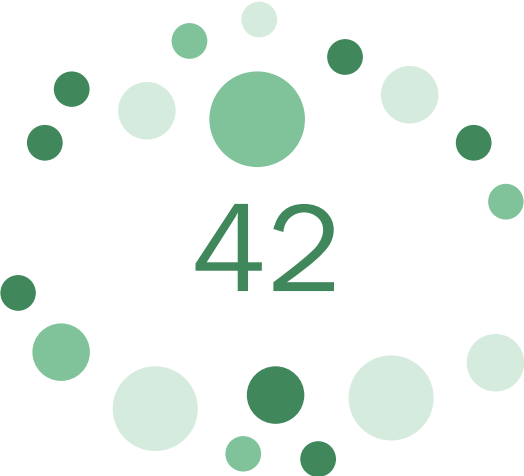
Åpningen av mulighetsrommet



Lukkingen av mulighetsrommet: Siling

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

Lukkingen av mulighetsrommet: Siling



7

Muligheter

Ramme-
betingelser

Konsepter

Effekt-
mål

Presentasjon av konseptene



Konsepter til alternativanalyse

0 Fossil diesel



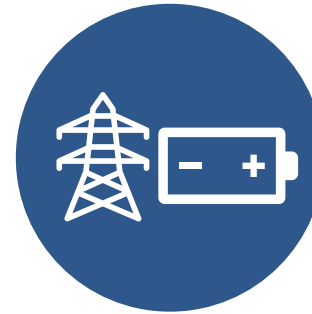
1_a Ikke-fossil diesel



2_a Hydrogen



3 Batteri



4 Elektrifisering



1_b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering



2_b Hydrogen med del-elektrifisering

**Oppgave 1 i plenum:
Kategorier av arbeidsmaskiner**

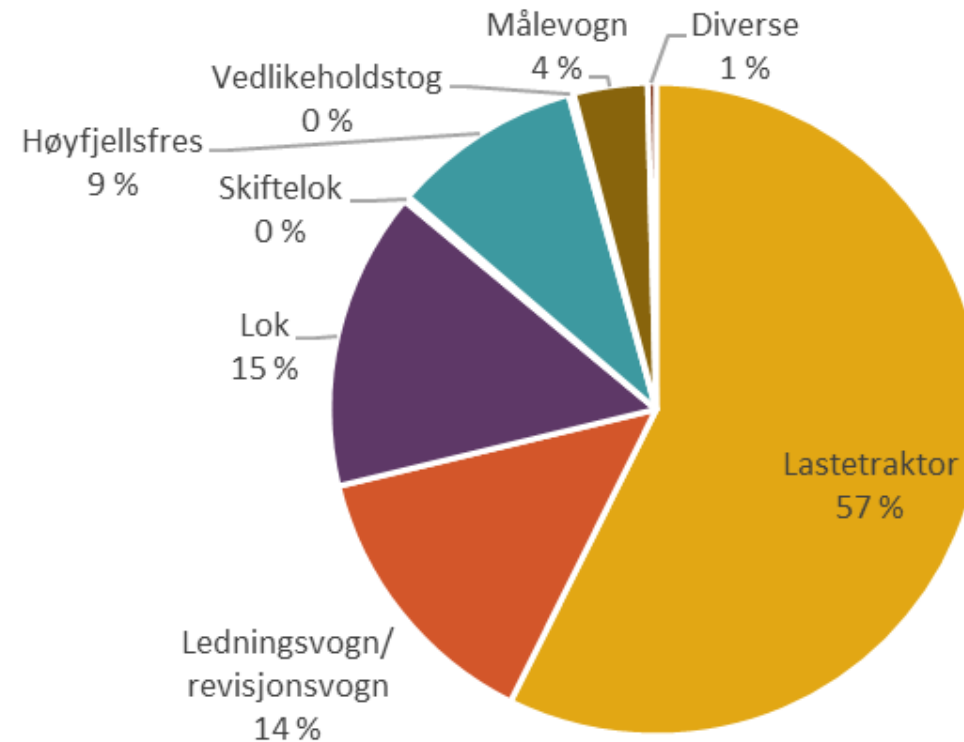


Hvorfor dele arbeidsmaskiner i kategorier?

- KVUen skal anbefale løsning(er) for å redusere klimagassutslipp fra arbeidsmaskiner
 - Mulighetsstudien viste at kun overgangen til ny(e) energibærere er tilstrekkelig
 - Men: med unntak av biodiesel kan ikke disse erstatte fossil diesel 1:1 i alle typer arbeidsmaskiner
 - KVUen skal gi et overordnet konseptvalg, ikke styre anskaffelsesprosesser for enkeltmaskiner
- Behov for kategorier av arbeidsmaskiner, ca. 5

Utslipp fra Bane NORs arbeidsmaskiner

- Lastetraktor og lednings-/revisjonsvogn = ca. 70 %



Kriterier for inndeling i kategorier

- Behov for energi (kWt) per arbeidsøkt, f.eks. lav, medium, høy
- Behov for motoreffekt (kW), f.eks. opp til 300, 300-800, over 800 kW
- Kjøretøytype: Lastetraktor, høyfjellsfres, ledningsvogn osv.
- Brukes maskinen primært under strømførende KL eller primært uten strømførende KL?
- Arbeider maskinen på både høy og lav effekt? Har den hjelpemotor?
- Brukes maskinen til beredskap? Må den kunne brukes uten KL?

Forslag til kategorier av arbeidsmaskiner

- A. Lastetraktorer
- B. Revisjonsvogn/ledningsvogn
- C. Maskiner med høyt energibehov og høyt effektbehov: høyfjellsfres, sporjusterings- og pakkmaskiner, linjelok, pukksuger, m.m.
- D. Annet: Vedlikeholdstoget, brann- og redningstoget, målevogn, veksellegger, snøkostemaskin

Oppgave: Gir disse kategoriene mening? Hvordan bør de evt. endres?

Oppgave 2:
Aktuelle energibærere per kategori



Konsepter for arbeidsmaskiner

0 Fossil
diesel



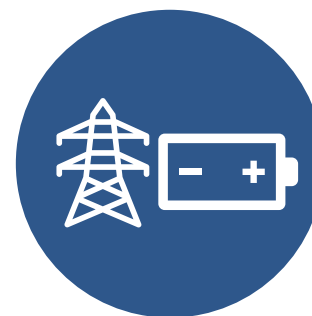
1_a Ikke-fossil
diesel



2_a Hydrogen



3 Batteri



4 KL



Pluss følgende muligheter
- Flerdrivstoffmotor

Hva betyr konseptene for arbeidsmaskiner?

	Ikke-fossil diesel	Hydrogen	Batteri	KL
Infra-struktur	Fyllestasjoner som i dag	Hydrogen-fyllestasjoner	Lade-/byttepunkter Ladestrek på ikke-el.-baner	KL
Kjøretøy	Diesel-kjøretøy, evt. med mindre tilpasninger av kjøretøyene	Hydrogen-kjøretøy	Batterikjøretøy	Kjøretøy som bruker KL der mulig
Hybrider	Ikke behov?	H2-annet	Batteri-annet	KL-annet
Tribrider?				

Egnethet som primære energikilde per kategori

Segment	Ikke-fossil diesel	Hydrogen	Batteri	KL
A Lastetraktor				
B Revisjons- /ledningsvogn				
C Høyenergi- maskiner				
D Annet				

1. Hvor egnet er energibæreren som primære energibærer?
2. Hvordan ser en slik løsning ut i praksis?
 - Supplerende energibærere? Hovedmotor vs. hjelpemotor?
 - Innretning/utforming av flåten for arbeidsmaskiner?
 - Variasjon mellom landsdeler/driftsområder?
 - Kan en energivogn bidra til å gjøre konseptet gjennomførbart?

Arbeidsgrupper

	Gruppe A	Gruppe B
Sekretær	Henrik	Therese
Ekspert	Dag Stian Rune	Atle Stephen Hans Tormod

Oppgave 3 i plenum

Flerdrivstoffmotorer



Flerdrivstoffmotorer

Flerdrivstoffmotor

- Utvikles/brukes for lastebil
- Motor forbrenner biodiesel, ammoniakk, H₂, m.m. og kan bytte med små justeringer av motor

Er dette en interessant løsning?

- Motorene gir samme støy osv. Er støy et vesentlig problem, slik at en slik motor er uaktuell?
- Drivstofføkonomi og energieffektivitet: blir dårligere med forbrenningsmotor
- Fylling og fare knyttet til hydrogen

Oppgave 4 i plenum
Krav til ensartethet/standardisering av
energibærere



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.

Rammebetingelse 7: Standardisering

KVU Green

KVUens omfang

- 4 energibærere: ikke-fossil diesel, hydrogen, batteri, elektrifisering
- 3 «banetyper»: Nordlandsbanen, Raumabanen, Røros- og Solørbanen
- 4 segmenter: persontog, godstog, skiftelokomotiver, arbeidsmaskiner
- Og: Arbeidsmaskiner er et svært variert segment

→ Hvor stor spredning er ok?

Oppgave 4:

Krav til standardisering av energibærere

1. Hvor stor spredning i energibærere er akseptabelt innad i arbeidsmaskinflåten?
2. Er det akseptabelt med variasjon i arbeidsmaskinflåten mellom elektrifiserte og ikke-elektrifiserte strekninger? Mellom landsdeler?
3. Bør arbeidsmaskiner benytte samme energibærere som togtrafikken (person- og godstog)?
4. Bør arbeidsmaskiner benytte samme energibærere som skiftelok på terminaler? Alternativt: bør skiftelok benytte samme energibærere som arbeidsmaskiner?

Oppgave 5

Hva kreves for å bytte energibærer?



Oppgave 5:

Hva kreves for å bytte energibærer?

- Hva trenger eiere/brukere av arbeidsmaskiner for å bytte til en ny energibærer?
- Hva trenger eiere av arbeidsmaskiner for å optimalisere arbeidsmaskinflåten med hensyn til klimagassutslipp?
- Per kategori A, B, C, D

Veien videre



Veien videre

- Vi bearbeider resultatene fra arbeidsverkstedet
- Inngår i alternativanalysen
- Send gjerne ytterligere input til oss! (post@jernbanedirektoratet.no)
- Vi tar kontakt ved behov for mer input/avklaringer
- Lenke til nettside: <https://www.jernbanedirektoratet.no/no/sstrategiar-og-utgreiingar/utgreiingar/kvu-green/>

