



SINTEF Digital
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Jernbanedirektoratet
Postboks 16 Sentrum
0101 Oslo

Deres ref.:
Sak 202300917

Vår ref.:
102028515

Prosjektnummer / Referanse:
KVU Green

Dato
10.11.2023

Innspill på konseptvalgutredning Green

SINTEF viser til Jernbanedirektoratets høring om KVU Green – innspill på konseptvalgutredningen for nullutslippsløsninger for de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene i Norge. SINTEF er et uavhengig, teknisk-industrielt, forskningsinstitutt med forskningsaktiviteter innenfor en lang rekke løsninger for en utslippsfri fremtid.

For ordens skyld, så har SINTEF bidratt som underleverandør i prosessen, hvor en rekke fagpersoner fra SINTEF har bidratt med faktaopplysninger og fagekspertise rundt noen av alternativene (biodiesel, batteri og hydrogen). Denne typen analyse er nært beslektet med forskning vi selv aktivt har drevet både nasjonalt og internasjonalt. Vi har utført og publisert forskning på denne typen tekno-økonomiske analyser i flere land, inkludert tidligere utredninger på vegne av jernbanedirektoratet (NULLFIB). Vi har derfor lest konseptvalgutredningen med stor interesse.

Det hersker liten tvil om at det også internasjonalt er sterk faglig uenighet om hvilke alternativer som *best* løser det prosjektutløsende behovet. Her vil prioriteringen farges av standpunkter man har i den faglige diskusjonen. Vi stiller oss dog kritisk til noen av konkrete faglige vurderingene og vektleggingen av ulike teknologiske aspekter i konseptvalgutredningen. Noen av disse mener vi også nettopp gir slike uheldige utslag i den innbyrdes prioriteringen.

- Tidshorizonten ved tiltakene er underprioritert. Kombinasjon av løsninger (som for eksempel innfasing av biodrivstoff mens man venter på et større tiltak) vil gi effektiv reduksjon i klimautslipp i perioden frem til det endelige tiltaket får effekt;
- Biodrivstoff ble utelukket på sviktende grunnlag, ved å vise til loverk heller enn teknologi;
- Flere unøyaktigheter rundt hydrogensikkerhet og et kunstig høyt kostnadsgrunnlag for hydrogen (det er også upresist om det er markedspris eller kostnad man regner med);
- Kostnader for godstog og fjerntog (*både* batteri og hydrogen) er oppsiktsvekkende høye.

Med vennlig hilsen
Andreas D. Landmark
Bernd Wittgens
Federico Zenith
Frode Rømo
Line Skeidsvoll
Paul Inge Dahl
Steffen Møller-Holst



1 Tidshorisont og sammenvikling av store og små problemer

I beskrivelsen og prioritering av konsepter så er det en *undervurdering av tidslinjen*. Perioden som legges til grunn er frem til 2030, altså har man det travelt og har god tid samtidig. I skrivende stund, så er det *lang tid* å vente på en effekt fra reduksjon av utslipp; samtidig er det *kort tid* hvis vi snakker om kvalifisering, *utbygging*, anskaffelse og leveranse av ny infrastruktur og togmateriell. Det er *ekstremt* kort tid, for de alternativene som vil medføre opp mot 700 kilometer med infrastruktur.

Hvis man prioriterer alternativ som historisk har hatt lang utbygningstid og dermed også skyver gevinster og effekter inn i fremtiden – da avskriver man effektivt teknologiutviklingen innen de nedprioriterte alternativene (som sensitivitetsanalysen viser både økonomisk fordeler ved alternativer til elektrifisering, samt raskere effekt). Samtidig etterlyser vi bro-løsninger for å bøte på utsatt effekt, men også at man effektivt avskriver reelle alternativer for fremtiden. *Faren er at man låser seg i en antatt nytte-kost, mens bedre alternativer utvikler seg i perioden.*

Det blir også en unødvendig begrensning på prosessen at man ser på en *samlet* løsning for banestrekninger uten nevneverdig stor samtrafikk. Vi mener at man dermed mister gode alternativer på for eksempel Raumabanen fordi man søker løsninger som passer for Nordlandsbanen.

2 Konkret om noen alternativer

Hvis man holder fast på en tidslinje mot 2030, så mener vi det undervurderes at **biodrivstoff** er et alternativ som kunne ha effekt «fra i går». Dette er en løsning som i utgangspunktet krever *minimalt* med tilpasning for å få effekt tilnærmet umiddelbart. Så i det minste, ville dette kunne gi klimagevinster som en bro-løsning frem til de mer infrastruktur-tunge tiltakene.

Vi registrerer at **helbatteri** avskjæres forut for analysen på, for oss, veldig utydelig grunnlag. Til slutt vil vi tilføre en del fakta til diskusjonen om **hydrogen**-basert brenselcelleteknologi, spesifikt for tog.

2.1 Biodrivstoff

Biodrivstoff ble utelukket (vedlegg 6, kap. 4) med begrunnelse at miljødirektoratets omsetningskrav ville nulle ut reduksjonen i klimagassutslipp. Det er behov for å påpeke at det eksisterer et generelt omsetningskrav for biodrivstoff til veitrafikk, samt fra og med 1. jan. 2023 er et omsetningskrav for avansert biodrivstoff i luftfart og ikke-veigående maskiner (anleggsmaskiner og traktorer).

Tilsynelatende er derfor skinnegående trafikk ikke en del av denne reguleringen. Argumentasjonen ved at en økt bruk av biodrivstoff i jernbanen (uansett om avansert eller første generasjon) vil føre til at andre aktører ville bruke mindre biodrivstoff for å nå et eventuelt tak i omsetningskravet er derfor misvisende. SINTEF mener det er en svak og urimelig argumentasjon for å ikke anvende biodrivstoff: jernbane står formelt utenfor omsetningskravet (utenom nevnt materiell), samt aktører som omsetter biodrivstoff vil ikke stoppe å selge dette selv om omsetningskravets omfang er oppfylt.

Samme kapittel framstiller biodrivstoff som en særlig knapp ressurs ved å sammenligne 8 milliarder liter i global kapasitet for HVO-produksjon med 8,3 milliarder liter salg **av alle drivstoff i Norge** (side 34).

Dette er misvisende da jernbanen er en forsvinnende liten andel av dette markedet, omtrent 26 millioner liter diesel (basert på estimatet på 70 000 tonn CO₂/år), eller 0,3 %.

Rapporten hevder også (side 33) at *«dieseldrevne kjøretøy ikke er noe leverandørene kommer til å legge vekt på videre utvikling av»*. Dette betyr dog ikke at dieseldrevne tog vil forsvinne omgående fra markedet, gitt deres levetid er på typisk 30 år+. Innføring og anvendelse av biodrivstoff og særskilt avansert biodrivstoff **ville kunne redusere klimaavtrykket i dag** uten å måtte investere i ny infrastruktur. Dette er jo også tidligere vist til for eksempel i Jernbaneverkets utredning av «Bruk av BIODIESEL ved jernbanene i Norge» (2006).



Utredningen vurderer ikke biodiesel som aktuelt, til tross for at de andre løsningene som foreslås krever ny infrastruktur og dermed ikke kan bidra vesentlig til utslippskutt mot 2030. Biodiesel kunne vært en broløsning for å drive dagens togmateriell klimautslippsfritt fram til andre teknologier kan innføres. SINTEF mener biodiesel ble tatt ut på sviktende grunnlag, og gitt at en beregning av kostnadene for dette alternative ville vært svært enkel, er det heller ikke noe solid argument å ta biodiesel ut av hensyn til begrenset arbeidskapasitet.

2.2 Batterier

Helbatterier ble forkastet under mulighetsstudiet i vedlegg 5. Begrunnelsen for valget er antagelser om økt framføringstider og store batteripakker. Det er vanskelig å forstå hva som ligger i framføringstider når begrunnelsen er vag og ufullstendig. Det er ingen grunn til å anta lengre akselerasjon med batterier, som ville påvirket framføringstiden. Ladesituasjonen er heller ikke en medvirkende årsak til redusert framføringstid, selv om det er et bidrag til togets tilgjengelighet. Argumentet om store batteripakker blir også vanskelig å forstå, da man skal vurdere teknologiens potensiale i fremtiden.

Til det positive, så kan det bemerkes at løsningene som skisseres baserer seg *alle* på elektrisk fremdrift (være seg *diesel*-elektrisk, *batteri*-elektrisk eller *hydrogen*-elektrisk). Dermed er fremtidige løsninger med batteri, høyst relevante i praksis. Med standardisering av grensesnitt kan man ha utbyttbar energikilde (batteri, brenselcelle og pantograf). Dette konseptet beskrives jo selv med kun «mindre ulemper» (vedlegg 5-1 side 36).

En del av batterilevetidene (som for eksempel 15 år) anser vi som urealistisk med 6 hurtigladinger Trondheim-Bodø. Samtidig så vil det for noen av de andre banene (Raumabanen) være overmodent for å løse med batteri.

2.3 Hydrogen

Det alternativet vi mener er heftet med betydelig feil er hydrogen. Flere steder hevder rapporten at det er tvil rundt **sikkerhet og regelverk** for hydrogen, selv om det allerede er titalls hydrogentog i kommersiell drift i Tyskland. Gitt at vi har et harmonisert felles-europeisk regelverk vil eventuelle utfordringer knyttet til sikkerhet og regelverk kunne løses i Norge på samme måte som i Tyskland.

På side 52, vedlegg 6 hevdes det bastant at «*den eneste kjente sikkerhetsstrategien for håndtering av avvik i hydrogensystemet er å slippe ut hydrogen kontrollert gjennom en trykkavlastingsmekanisme*». Dette er alvorlig feil; en trykkavlastning av hele innholdet i hydrogentankene er et ekstremt tiltak som kun brukes i de alvorligste tilfellene. De aller fleste avvik som fører til nødstop av brenselcellesystemet krever ikke at hydrogen skal luftes ut med én gang, og eventuelt inertisering av cellene kan utsettes til f.eks. man er kommet ut av en tunnel. Uansett er mengden hydrogen til enhver tid i en brenselcelle svært liten, på grunn av lite volum og lavt trykk (typisk 3-6 bar).

På samme side presenteres problematikken med **høybrekk**, der det hevdes at hydrogen «kunne samles i toppen av tunnelen». Dette er misvisende: hydrogen er riktignok en lett gass som kan samles i høyden, men mange små lekkasjer over flere dager vil ikke føre til et «hydrogentak»: dette fordi hydrogengass ikke danner en separat gassfase (ingen gass kan), og vil eventuelt tynne seg ut i luften. Problematikken med høybrekk er derfor viktig i tilfellet betydelige enkeltutslipp over få timer, men ikke for små lekkasjer over lang tid. Rapporten ignorerer tidligere konklusjoner om at inertisering av hydrogenkontainere med nitrogen kunne redusere risikoen for storulykker betraktelig med lite investering og vedlikehold. Utslipp av hydrogen i tunneler ble i 2022 modellert av bla HyEX¹. Flere

¹ <https://www.cetjournal.it/cet/22/90/016.pdf>



scenarier studeres, og løsninger for trygg avlastning av hydrogentanker foreslås. Før bruk av hydrogen i tunneler avvises, må relevante caser studeres av eksperter.

I grunnlaget for energikostnader (side 151 i vedlegg 6, tabell 62), så presenteres Hydrogen som nesten 5 ganger dyrere enn batteri, uten at det er gitt en god forklaring for et så stort sprik. Virkningsgraden fra figurer 49 og 50 i vedlegg 6.1 bør selv tilsi en faktor på 2,5. Vi mener at transportkostnaden på 30 NOK/kg som antas på side 72 i vedlegg 6.1, har stor påvirkning på totale driftskostnader, og er brukt uten noen form for analyse eller referanser. Transportkostnader for komprimert hydrogen ligger i størrelsesorden 13 kr/kg for en transportdistanse på 250 km (ref.). Det vil ikke være noen togstasjon i Norge som ligger lengre unna et produksjonsanlegg for hydrogen enn 250 km i 2030.

I tillegg har man gått langt i å spesifisere lokasjoner for hydrogenfylling, uten at man har sett til hvor hydrogenproduksjon nå er under etablering. Ett eksempel er Mosjøen (Gen2Energy), der transportkostnaden vil bli neglisjerbar. For fylling av tog i Bodø vil GreenHs nylig signerte avtale om å levere komprimert hydrogen til Vestfjordfergene (Torghatten) også gi hydrogenkostnader for bruk i tog som ligger langt under de som anvendes i analysene. Her er det verdt å stille seg spørsmål om man egentlig har operert med faktiske kostnader eller markedspris.

Når man da antar lik strømpris for hydrogen og batteri-alternativene så ignorerer man også en del kostnadsoppsiden med flyttbart energiforbruk. Hydrogenproduksjon kan flyttes til timene av dagene med lavest strømpris, mens batteri under kontaktledning må lade til bestemte tider; våre beregninger viser sparepotensialet med dagens priser er ca. 15-20%. Hvis man legger til effekttariffer, som vil kunne være betydelige for tog som kan bruke kontaktledning kun 1/3 av tiden (og derfor må ha tredoblet gjennomsnittseffekt), så vil spesielt sammenlignet med hydrogenproduksjon som kan spre energibehovet over dagen dermed kunne benytte mye billigere utkoblbare tariffer. Effekttariffer for delelektrifisering kan fort bli dyrere enn energikostnadene på Nordlandsbanen, og det er varslet kapasitetsutfordringer i kraftnettet i lang tid framover.

Kostnadene for gods- og fjerntog for både hydrogen og batteri er påfallende mye dyrere enn for tradisjonelle teknologier. I og med at disse typer tog ikke er tilgjengelige i dag på markedet, skulle estimatene forklare nærmere. For hydrogen vurderer KVVU-rapporten hvert godstog til å koste 140 millioner NOK ekstra, for fjerntog hele 500 millioner. Enda med konservative tall vil 3 MW brenselceller ikke koste mye mer enn 30 millioner, tilsvarende hydrogentanker ca. 3-4 millioner. Da denne posten gir betydelig utslag på resultatet, mener SINTEF dette er for svakt begrunnet.