

Jernbanedirektoratet  
[post@jernbanedirektoratet.no](mailto:post@jernbanedirektoratet.no)

Vår dato: 23.09.2022  
Vår ref.: KVVU/Hydrogentog/ITW

## Innspill til konseptvalgutredning for reduserte klimagassutslipp på jernbane

Norsk Hydrogenforum (NHF) takker for invitasjon til arbeidsverksted om KVVU for reduserte klimagassutslipp på jernbanen, som ble avholdt 8. september 2022.

Vi setter stor pris på at både næringsaktørene og fagmiljøene får anledning til å komme med innspill i denne svært viktige prosessen for valg av konsept. I løpet av arbeidsverkstedet ble det reist noen spørsmål om kostnader knyttet til å ta i bruk hydrogentog og risikoen ved hydrogentog i tunell. NHF takker for muligheten til å komme med noe mer utfyllende opplysninger om disse temaene.

Fra flere av deltakerne på arbeidsverkstedet, ble det også stilt spørsmål om hvilke hydrogentog som er operative, hvilke prosjekter som er under planlegging, samt hvilke erfaringer man har gjort seg så langt. Innledningsvis gir vi derfor en kort beskrivelse av dette.

### Bruk av og planer for hydrogentog i andre land

Tyskland kan vise til vellykket kommersiell drift av hydrogentog siden 2018<sup>1</sup>. Det har vært benyttet togtypen iLint fra leverandøren Alstom, og erfaringene har vist at brenselcelleteknologi kan brukes til daglig passasjertransport. I løpet av de tre første årene tilbakela disse franskybde togsettene 200 000 km<sup>2</sup>. Alstom har med dette fått verdifulle data fra driften av brenselcelletogene for videreutvikling og forbedring av teknologien. Sommeren 2021 var det bestilt 41 iLint-togsett i Tyskland. Alstom solgte nylig også 27 iLint-togsett til Hesse<sup>3</sup>.

I august i år offentliggjorde delstaten Niedersachsen at de vil kjøpe inn en flåte med 14 hydrogendrevne passasjertog som skal erstatte dieseltogene. Et regionalt selskap skal drive togene på ruter mellom byene Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde og Buxtehude. Alstom oppgir at togene har en rekkevidde på opptil 1000 kilometer<sup>4</sup> og en toppfart på 140 kilometer i timen.

<sup>1</sup> <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/alstom-coradia-ilint-worlds-1st-hydrogen-powered-train>

<sup>2</sup> <https://www.alstom.com/press-releases-news/2021/8/alstoms-coradia-ilint-hydrogen-train-runs-first-time-sweden>

<sup>3</sup> <https://www.reuters.com/article/us-germany-hydrogen-trains-idUSKBN27B1QW>

<sup>4</sup> <https://www.alstom.com/alstom-coradia-ilint-distance-run>

Ballard kunngjorde i går (22. september 2022) at de har fått en ny ordre på 14 x 200 kW brenselcellemoduler fra Siemens Mobility for å drive en flåte på syv Mireo Plus hydrogenpassasjertog. Levering av de 14 brenselcellemodulene forventes i 2023 med drift i Berlin-Brandenburg-regionen i slutten av 2024.

I tillegg har Siemens Mobility signert en intensjonsavtale<sup>5</sup> med Ballard om levering av 200 brenselcellemoduler på til sammen 40 MW i løpet av de neste seks årene til Siemens Mireo Plus hydrogentog.

I Italia skal en 300 kilometer lang jernbanestrekning i fjellkjeden Appenninene driftes med hydrogentog. Banen går mellom Sansepolcro sør for Firenze og Sulmona i L'Aquila-provinsen. Tidligere har den italienske togoperatøren FNM (Ferrovie Nord Milano) bestilt seks hydrogenlokomotiv fra tyske Alstom, med opsjon på åtte til, til bruk i Lombardia-regionen.

Østerrike har fulgt Tyskland og Italia i godkjenningen av hydrogentog fra Alstom og er dermed det tredje EU-landet som åpner for utslippsfrie passasjertog på hydrogen. Alstom i Norge har fulgt nøye med på godkjenningen av hydrogentog i Østerrike. Der har de testet driftssikkerhet og prestasjon på bratte strekinger ved ulike værforhold, og resultatene er så langt veldig positive. Når hydrogentog kan gå i fjellandet Østerrike, bør det også ligge til rette for hydrogentog i Norge, og Alstom peker blant annet på at Nordlandsbanen med sine 602 kilometer er veldig godt egnet for hydrogentog.

I England er et lokaltog av typen British Rail Class 319 bygget om etter to års utviklingsarbeid, slik at det i stedet for å få strøm eksternt også kan forsynes fra en brenselcelle som går på hydrogen. Universitetet i Birmingham og selskapet Porterbrook har stått for ombyggingen av toget, som de kaller HydroFlex.<sup>6</sup> Dette toget vil danne grunnlaget for design av nye, utslippsfrie hydrogentog i England.

I Spania har Talgo<sup>7</sup> i år signert en avtale med Ballard Power Systems som skal levere 8 av sine 70 kilowatt brenselcellemoduler (FCmoveTM-HD) til selskapet. Talgo er produsent av høyhastighets lyntog, og de planlegger kommersiell idriftsettelse i 2023.

I Estland er Stargate Hydrogen i ferd med å bygge om et lokomotiv til hydrogen, og det planlegges for at 40 fraktlokomotiver vil få offentlige midler til å bli ombygd til hydrogen i 2024.<sup>8</sup>

I India er det også planer om hydrogentog. Ballard kunngjorde i september i år at de har mottatt en bestilling av brenselcellemoduler fra Medha Servo Drives, som har fått kontrakt med Indian Railways for å utvikle landets første hydrogen-drevne tog. De to ettermonterte dieselelektriske pendeltogene vil integrere 8 enheter på 100 kW av typen FCmoveTM-HD, som har en forbedret effektivitet og effekttetthet enn tidligere modulgenerasjoner. Brenselcellemodulene forventes å bli levert til India i 2023, og togene planlegges satt i drift i 2024.

---

<sup>5</sup> Ballard receives order from Siemens Mobility to power 7 trains and signs LOI for up to an additional 200 modules over the next six years

<sup>6</sup> <https://www.porterbrook.co.uk/innovation/hydroflex-cop>

<sup>7</sup> <http://web.talgoamerica.com/about-us-menu/news/114-talgo-s-hydrogen-train-will-be-ready-in-2023>

<sup>8</sup> <https://stargatehydrogen.com/zero-emission-locomotives/>

I USA kunngjorde Canadian Pacific (CP) i desember 2020 at de ville designe og bygge Nord-Amerikas første hydrogendrevne lokomotiv ved bruk av brenselceller og batterier for å drive lokomotivets elektriske trekkmotorer. CP fikk rett før jul i fjor tildelt 15 millioner dollar i støtte, og tilskuddet gjør det mulig for CP å øke antallet ombygginger av hydrogenlokomotiver i prosjektet fra én til tre, samt etablere hydrogenproduksjon og tilhørende fylleanlegg.

Ballard Power Systems har fått en avtale om å levere brenselcellemoduler til Sierra Northern Railway, som opererer tog i Northern California. Prosjektet har fått støtte på 4 millioner dollar fra California Energy Commission. Ballard planlegger å levere brenselcellemoduler til Sierra innen 2022, og Sierra har til hensikt å sette lokomotivet i bruk i 2023.

## Kostnader ved hydrogentog

I Hurdalsplattformen fremgår det at regjeringen vil bidra til å bygge opp en sammenhengende verdikjede innen hydrogen der produksjon, distribusjon og bruk utvikles parallelt. Hydrogentog kan være en viktig avtaker av hydrogen, og flere av NHFs medlemmer har ambisjoner om å produsere hydrogen og bidra til at det kan tas i bruk på jernbanen.

Kostnader for nullutslippstog basert på hydrogen og brenselceller omfatter investeringen i teknologi og avskrivningen av denne, samt driftskostnader. NHF har tidligere levert høringsuttalelser til Jernbanedirektoratet, og vist til at direktoratets NULLFIB-rapport ikke i tilstrekkelig grad har tatt hensyn til SINTEFs faglige underlagsrapport, «Analyse av alternative driftsformer for ikke-elektrifiserte baner». SINTEF har foretatt tekno-økonomiske beregninger, og Nordlandsbanen utpeker seg som spesielt godt egnet for hydrogen. Det er kjente planer for hydrogenproduksjon i begge ender av banen og i Mo i Rana. Alle produsentene har uttalt at de kan levere hydrogen til en langt lavere pris en Jernbanedirektoratet tidligere har antatt i sine beregninger.

Alstom solgte 27 iLint til Hesse for 500 M€, inkl. drivstoff og vedlikehold i 25 år (se fotnote 3). Rana Gruber er nå midt i en evaluering av ulike nullutslippskonsept for malmtransport mellom gruvene og oppgradering og utskipningshavna i Mo i Rana. Studien gjøres av SINTEF<sup>9</sup>, og resultatene skal være klare ved årsskiftet 2022/23.

Kostnader for hydrogen, levert i de kvanta som ett eller flere hydrogentog vil ha behov for, forventes å ligge i området 50-70 kr/kg<sup>10</sup>. Da er avskrivning for produksjonsutstyret og transport innen 200 kilometers avstand inkludert. NHF har flere medlemsbedrifter som mener å kunne levere hydrogen til en slik kostnad om få år<sup>11</sup>.

Rauma- og Rørosbanen vil også kunne være aktuelle for hydrogentog. Hydrogenproduksjon og stasjoner for disse jernbanestrekningene kan samordnes med utbygging av infrastruktur for landtransport og maritim transport. Dette vil også sikre en satsning på infrastruktur i innlandet.

---

<sup>9</sup> Prosjektleder er Espen Vinge Fanavoll, SINTEF Helgeland.

<sup>10</sup> Dette forutsetter en strømpris på om lag 50 øre/kWh.

<sup>11</sup> Det ble den 23. juni 2022 gitt tilsagn fra Enova om midler til å etablere fem maritime hydrogenknutepunkt i Norge: <https://presse.enova.no/presseleases/enova-stoetter-hydrogenprosjekter-i-maritim-sektor-med-112-milliarder-kroner-3190840>

Satsingene vil da forsterke hverandre og med økt volum vil man få mer kostnadseffektiv produksjon og distribusjon av hydrogen, og dermed mulighet for lavere kostnad for sluttbruker.

Når arbeidet med KVVU-en skrider fram, ønsker NHF at WSP og Jernbanedirektoratet etablerer en dialog med leverandører av hydrogen, slik at kostnadstallene som benyttes blir mest mulig korrekte. Vi bidrar gjerne med kontaktinformasjon til aktuelle virksomheter her.

## **Hydrogensikkerhet i tunnel**

NHFs mener at det er en forutsetning for å ta i bruk hydrogen på tog i Norge, både persontog og godstog, at det kan gjøres på en like trygg måte som alternative løsninger. En av hovedbekymringene som Jernbanedirektoratet trakk frem i arbeidet med NULLFIB, knyttet seg til hydrogenlekkasjer i tunnel og behovet for omfattende sikringstiltak. NHF ønsker derfor å bidra med informasjon om de sikkerhetsmessige aspektene ved hydrogentog i tunnel.

I det videre vil vi kommentere på forebyggende tiltak, og hvordan en eventuell lekkasje skal håndteres på en måte som ivaretar sikkerheten til togpersonell, passasjerer, samt beredskaps- og bergingspersonell.

Hydrogen er en ny energibærer i tog-sammenheng i Norge, og det generelle kunnskapsnivået og erfaringsnivået knyttet til hydrogensikkerhet er naturlig nok lavere enn for mer tradisjonelle energibærere. NHF er opptatt av å involvere landets fremste eksperter på hydrogensikkerhet i denne type vurderinger, slik at beslutningene som fattes er basert på den mest oppdaterte kunnskapen som eksisterer på feltet. NHF har derfor søkt bistand hos nasjonale sikkerhetsekspert, som har jobbet detaljert med denne typen problemstillinger i flere år. Deres vurdering er at hydrogen kan benyttes i tog, også i tunell, med minst like god sikkerhet som andre energibærere. Vi håper avsnittene under bidrar til å gi økt forståelse for hvilke typer lekkasjer som ikke representerer en bekymring, og hvilke som må unngås, samt hvordan man kan unngå disse scenarioene.

## **Oppsamling av hydrogen i tunnel ved lekkasjer**

En misforståelse vi ofte ser i diskusjoner knyttet til hydrogenlekkasjer i tunnel, er at hydrogen vil samles og oppkonsentrere seg i taket og danne en eksplosiv gassky. Spesielt har dette vært trukket frem som en utfordring i tunneller som har et toppunkt inne i tunellen.

Her er det viktig å understreke at hydrogen ikke vil oppkonsentrere seg. Hydrogen vil ved en lekkasje blandes med luft i tunellen, og hydrogenkonsentrasjonen vil avta med avstanden fra lekkasjen. Det samme vil hastigheten til hydrogenet som lekker ut. Når hastigheten blir lav vil gassen (som da er en blanding av luft og hydrogen) stige og spre seg utover, og man vil få en høyere hydrogenkonsentrasjon i taket enn ved bakken. Dersom det er en helning i tunellen mot et toppunkt og det vindstille, vil hydrogenet stige mot toppunktet, men også gradvis tynnes ut. Det vil imidlertid ikke kunne dannes en gassblanding med høyere hydrogenkonsentrasjon enn den konsentrasjonen gassen har idet den når toppunktet. Så lenge gassen har lavere konsentrasjon enn såkalt Lower Flammability Limit (LFL), vil ikke gassen utgjøre en fare for mennesker i tunellen. Avstanden til LFL vil avhenge av lekkasjeraten og lekkasjevarigheten, men vil for de aller fleste tilfeller være betydelig kortere enn avstanden til et eventuelt toppunkt i tunellen.

For at man skal kunne få oppsamling av konsentrasjoner høyere enn LFL i et eventuelt toppunkt, må lekkasjen skje svært nært toppunktet i tunellen. Dette er noe som kan vurderes og understøttes ved bruk av gassspredningsanalyser (CFD-simuleringer) i en KVVU, dersom det eksisterer tunneller med toppunkt på dagens ikke-elektrifiserte baner.

### **Avhenger sikkerheten av tunnellengden?**

Det har i flere sammenhenger blitt vist til at Tyskland har godkjent hydrogentog i tunneller kortere enn 5 km. NHF vil gjerne bidra til å skape klarhet rundt dette.

- iLint er godkjent for «Operation Category 2» (OC2) i henhold til NE45545 (Railway applications Fire protection on railway vehicles)
- I NE45545 står det blant annet at “OC2 is applicable to vehicles which operate on infrastructure where:
  - Side evacuation is available
  - There are only tunnels and/or elevated sections of no more than 5 km in length

Det er her viktig å merke seg at denne 5 km. grensen ikke nødvendigvis er koblet til hydrogensikkerhetsvurderinger. Det er helt riktig at hydrogentoget iLint er godkjent for bruk i tunneller opp til 5 km., og at det dermed også er vurdert som trygt. Det kan likevel være nyttig for den videre prosessen å poengtere at dette ikke betyr at 5 km. representerer en grense for hva som er trygt og ikke trygt med tanke på sikkerheten ved en eventuell hydrogenlekkasje i tunell.

Dersom man får en hydrogenlekkasje i en tunell som utgjør en fare for mennesker, så vil den gjøre det også i tunneller som er kortere enn 5 km. Det må derfor utarbeides løsninger som ikke kan gi lekkasjer med fare for mennesker, og vi ønsker å utdype dette nærmere nedenfor.

### **Hvor stor lekkasje er akseptabelt, og fra hvilken del av hydrogensystemet kan slike lekkasjer oppstå?**

Tidligere i år ble gasspredning- og eksplosjonsstudien «CFD Study to Assess Safety Aspects of TPRD (Thermal Pressure Relief Device) Releases from Heavy-duty Hydrogen Vehicles and Trains in Tunnels» publisert<sup>12</sup>. Den konkluderer med følgende for lekkasjer fra stillestående tog i enkeltsporet jernbanetunnel:

*“By limiting the TPRD orifice so that the maximum release rate can be kept below 200 g/s this will ensure small explosive clouds and consequences and a limited concern if a cloud is ignited. For people protected inside trains initial release rates up to 500 g/s are likely no major concern. For people evacuating outside a train this increased release rate may represent a significant danger due to a strong explosion wind”*

Ved en hydrogenlekkasje i tunell vil normalt plan A være å kjøre toget ut av tunellen. I et slikt tilfelle hvor toget er i fart, vil lekkasjer kunne være betydelig større enn 200 g/s. En lekkasjerate på 200 g/s representerer altså en lekkasjerate med kun potensiale for begrensede konsekvenser, i et scenario hvor toget ikke kan kjøre ut av tunellen, og hvor passasjerer oppholder seg på utsiden av toget.

---

<sup>12</sup> Hansen O.R., Hansen E.S., Kjellander M.T., Martini R., 2022, CFD study to assess safety aspects of TPRD releases from heavy-duty hydrogen vehicles and trains in tunnels, Chemical Engineering Transactions, 90, 91-96  
DOI:10.3303/CET2290016

Vi gjør oppmerksom på at grensene på 200 g/s og 500 g/s er resultater fra én studie som tar utgangspunkt i følgende dimensjoner: Bredde: 6.7 m, høyde 7.35 m, tverrsnittareal: 45 m<sup>2</sup>. I mindre tunneller er det ventet at grensen vil reduseres noe, mens i større tunneller vil grensene kunne økes noe. Dette bør kartlegges i mer detalj når man vet de aktuelle tunneltverrsnittene, men den nevnte studien gir en svært god indikasjon på hvor store lekkasjer som kan tolereres, og brukes her videre i notatet som et eksempel.

En brenselcelle på 400 kW, som vil være en forventet installert effekt i et persontog, vil trenge ca. 8 g/s, altså langt mindre enn 200 g/s. Det vil med andre ord være fullt mulig å designe hydrogensystemet slik at eventuelle lekkasjer fra rørføring mellom høytrykkstankene og brenselcellen, ikke vil utgjøre en bekymring for personsikkerheten, uten at dette går på akkord med behovet for hydrogentilførsel til brenselcellene.

For et godstog vil effektbehovet trolig ligge i størrelsesorden 8 – 10 ganger effektbehovet i et persontog tilsvarende iLint. Det vil dermed være behov for opptil 80 g/s, som også er godt innenfor grensen på 200 g/s funnet i nevnte studie. Det vil derfor være fullt mulig å designe hydrogensystemet slik at det ikke kan oppstå hydrogenlekkasjer større enn 200 g/s nedstrøms høytrykkslageret, også for godstog.

Andre lekkasjer som kan oppstå fra et hydrogentog i tunell vil være ved utløsning (enten feilaktig eller i en nødsituasjon) av TRPD (Thermal Pressure Relief Devices). TRPD er et sikkerhetssystem som skal gi sikker tømming av hydrogentankene dersom de utsettes for brann. I en slik situasjon må tankene trykkavlastes før den strukturelle integriteten til tankene svekkes som følge av branneksplosjon. I tunell vil det dermed være viktig å kunne sikre trykkavlastning av hydrogentankene med en maksimal utslippsrate på rundt 200 g/s for å ivareta personsikkerheten. Dette vil være fullt mulig med enkle tiltak som enten å dele opp i flere tanker med brannskiller, ved å brannbeskytte tankene, eller en kombinasjon av disse tiltakene. Med en maksimal initiell utslippsrate på 200 g/s vil man kunne tømme en 45 kg. tank på ca. 10 minutter.

Blant dagens leverandører av hydrogentanker finner vi i dag løsninger som kan egne seg godt til bruk i tunell. For eksempel består dagens hydrogenkontainere levert fra Hexagon av mange tanker som hver inneholder 9 kg. Hydrogen på 381 barg. Det vil dermed være fullt mulig å trykkavlaste flere av disse tankene samtidig innenfor 10 min. med god margin. Typiske trykketanker i hydrogenbiler på 700 bar, vil kunne motstå en stor brann i 3.5 – 6.5 min<sup>12</sup>. Det vil dermed være mulig å finne løsninger som trykkavlaste tankene tilstrekkelig raskt uten å utgjøre en fare for personsikkerheten.

For godstog vil det være behov for et større høytrykkslager enn i persontog. Dermed vil det enten være behov for høyere TPRD-rate, eller bedre brannbeskyttelse av hydrogentankene, eller en kombinasjon av disse tiltakene. Når det gjelder TPRD-raten, vil det være forsvarlig å tillate opp til 500 g/s dersom personell oppholder seg inne i toget<sup>12</sup>. I et godstog der alle er ansatt (1. person) og vil kunne trenes i risikoforståelse og håndtering av en slik situasjon, vil en TRPD rate opp til 500 g/s representerer lekkasjerate med kun potensiale for begrensede konsekvenser for togets personell. Dette gjelder da fremdeles i et scenario hvor toget ikke kan kjøre ut av tunnelen.

Ett scenario det er viktig å unngå, både for persontog og for godstog, er et scenario hvor TPRD utløses ved en feil. Dette kan skje dersom:

1. Utløsningsmekanismen utsettes for fysisk skade.
2. Dersom en tank, eller gruppe av tanker, utsettes for en lokal brann skal TPRD for denne tanken løse ut. Dersom dette utslippet antenner kan det feilaktig utløse TPRD fra andre tanker/tankgrupper, uten at disse tankene selv er direkte utsatt for brannlaster, dersom ikke TPRD er beskyttet mot et antent TPRD utslipp.

Punkt 1. kan unngås ved å plassere to TPRD-enheter i serie, i tillegg til å beskytte mot mekanisk skade.

Punkt 2. kan løses ved å kreve avstand mellom tankgrupper og fysisk skjerming av TPRD for å hindre utløsning som følge av branner som ikke direkte eksponerer tankene. Slike problemstillinger jobbes det nå også med for mot maritime løsninger.

### **Hvordan ivareta sikkerheten til beredskapspersonell?**

Dersom toget ikke kan kjøre ut av tunellen, for eksempel ved avsporing i tunell, vil det være ønskelig å tømme trykkvaskene for hydrogen før man igangsetter berging. I et slikt tilfelle vil det være behov for å kunne trykkavlaste tankene med en mindre rate enn 200 g/s, da en slik operasjon potensielt vil måtte igangsettes av bergingspersonell på utsiden av toget. Man er da ikke beskyttet inne i toget. Dette vil imidlertid ikke være en utfordring da man vil ha god tid til å tømme tankene med svært lave rater, som ikke vil medføre en fare for personer som oppholder seg i tunellen. Det vil imidlertid være viktig å muliggjøre for manuell trykkavlastning med tilstrekkelig lav rate.

### **Oppsummering knyttet til sikkerhet**

Strekningene som har vært kjørt med hydrogentog i Tyskland har flere tunneler, og det har ikke fremkommet noen negative erfaringer så langt. Oppsummert er vurderingen at hydrogen kan benyttes i persontog og godstog, også i tunell, med minst like god sikkerhet som andre energibærere dersom følgende funksjonskrav stilles:

- a. Ingen lekkasjer fra systemer nedstrøms lageret skal kunne ha betydelige utslippsrater eller segmentstørrelser.
- b. Tanker må ha nedblåsingsprofil (tilstrekkelig TPRD-rate) som begrenser fare for tankbrudd ved branneksporing.
- c. TPRD-utslipp i tunnel fra en tank eller tankgruppe skal ikke representere betydelig fare for passasjerer eller personell, selv ikke om passasjerer oppholder seg utenfor toget. For godstog kan det vurderes å heve akseptabel TPRD-rate til et nivå som forutsetter at personell som vil bli gitt opptrening i risikoforståelse og handling ved en slik hendelse oppholder seg inne i toget så lenge utslippet pågår (ca. 10 min).
- d. Tiltak tas for å begrense fare for feilutløsning av TPRD som følge av skade på utløsermekanisme, og at dette dokumenteres.
- e. Sannsynligheten for antenning av et TPRD-utslipp vil være liten, og det må gjøres tiltak for å redusere tennsannsynligheten så mye som mulig, men det må også tas høyde for at utslippet kan antenne. Derfor er det også viktig at det sikres at brannlasten på mennesker på bakken, tog og tunellstruktur er akseptabel ved et slikt scenario. Øvre TPRD-rate kan ikke settes høyere enn at dette kriteriet er ivaretatt. For å svare ut om et TPRD-utslipp med initiell utslippsrate på 200 g/s gir en akseptabel brannlast, har ikke NHF har ikke fått samlet

tilstrekkelig informasjon til å kunne svare ut dette punktet. Vi bidrar imidlertid gjerne i videre dialog knyttet til dette spørsmålet.

- f. Spesifikt ved en eventuelt antent utløsning av 1 TPRD skal spesielt tanker være beskyttet mot direkte branneksplosjon for å hindre degradering av strukturell integritet. I tillegg skal øvrige TPRDer beskyttes mot feilaktivering, som følge av antent TPRD-utslipp. Dette for å hindre at flere TPRDer feilutløses og bidrar til enda større brannlast. Dette siste punktet lar seg håndtere ved enkle grep.

## Hovedkonklusjoner

NHF mener at hydrogentog ikke representerer en større risiko enn andre typer drivlinjer, så lenge man stiller gode funksjonskrav slik vi har beskrevet i dette innspillet.

Basert på tall fra kjøp av 27 tog av typen iLint (se fotnote 3) er kostnader for hydrogenpersontog i størrelsesorden 185 MNOK per togsett, inkludert 25 års vedlikehold og drivstoff.

Kostnader for hydrogen, levert i de kvanta som ett eller flere hydrogentog vil ha behov for, ventes å ligge i området 50-70 kr./kg. Det er vår vurdering at hydrogen i kombinasjon med batterier er en kostnadseffektiv løsning for regiontog. Det er viktig at infrastruktur for hydrogentog, inklusive produksjonsanlegg for hydrogen, ses i sammenheng med utviklingen for bruk av hydrogen i andre transportsegmenter da dette vil redusere kostnadene betraktelig. NHF anbefaler at WSP og Jernbanedirektoratet etablerer en dialog med leverandører av hydrogen, slik at kostnadene som benyttes i KVVU-arbeidet blir mest mulig korrekte.

## Videre dialog

NHF håper vårt innspill vil være nyttig i det videre arbeidet med KVVUen, og vi ser frem til neste arbeidsverksted 5. desember. Dersom det dukker opp noen spørsmål i mellomtiden, bidrar NHF veldig gjerne, enten med skriftlige innspill eller i et møte dersom det er ønskelig.

Vennlig hilsen  
Norsk Hydrogenforum



**Ingebjørg Telnes Wilhelmsen**  
Generalsekretær