



Jernbane-  
direktoratet

# Rapport

Teknologi og innovasjon i godsstrategien

Dokument nr: 2025/611

Dato: 21.08.2025

# Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet av Jernbanedirektoratet i samarbeid med Multiconsult og PwC, og analyserer hvordan teknologi og innovasjon kan styrke godstransportens konkurransekraft på jernbane. Med et langsiktig perspektiv mot 2050 vurderer rapporten jernbanens rolle i transportsystemet og utgjør en del av arbeidet med ny godsstrategi. Rapporten identifiserer teknologiske løsninger som kan øke effektiviteten, forbedre kvaliteten og styrke kapasiteten i jernbanesystemet, samtidig som den peker på muligheter for å utvikle nye tjenester og markeder.

Rapporten identifiserer fire hovedutfordringer for godstransport på jernbane:

- behov for økt effektivitet
- bedre kvalitet
- høyere kapasitet
- utvikling av nye tilbud

Utfordringene knyttes til blant annet manuelle prosesser, begrenset infrastrukturkapasitet, vinterdrift og behov for sømløse transportløsninger.

Fem teknologiske hovedområder er vurdert:

- Automasjon – inkludert automatiske skifteoperasjoner, terminalutstyr og drift/vedlikehold.
- Materialteknologi – som støyreducerende bremsesystemer og lettere materialer for lastbærere.
- Elektrifisering – som vogner med egen fremdrift og utslippsfri fremføring av gods.
- Konnektivitet – som spornære detektorer for deteksjon av feil på kjøretøy.
- Digitalisering – inkludert digitale tvillinger og blokkjede for transportdokumentasjon.

Gjennom en multidimensjonal analyse er teknologier vurdert basert på *effektivisering, tjenesteforbedring, realiserbarhet, kostnader og risiko*. Det synes å være særlig mange interessante løsninger innen automasjon og konnektivitet. Dette knytter seg til automatisering av skifting og andre terminalprosesser, samt overvåking, innsamling, analyse og deling av sensordata om godsvogner og infrastruktur. Innen elektrifisering er det allerede mange pågående prosjekter og initiativer, men det kreves satsing og prioritering for å gjennomføre større løft, slik som utslippsfri fremføring av tog på Nordlandsbanen, Rørosbanen og Solørbanen. I tillegg anbefales vogner med egen fremdrift videre utredet.

Rapporten anbefaler å prioritere utvikling av plattformer som muliggjør digitalisering, som DAC, ERTMS og FRMCS, samt digitale delingsløsninger slik som deling av data og utvikling av digitale tvillinger. Det anbefales generelt å støtte innovasjon rettet mot særnordiske utfordringer knyttet til vinterdrift, herunder spesielt bremseløsning for godsvogner. Det foreslås også økt støtte til mindre, brukerdrevne innovasjonsprosjekter og bedre informasjon om eksisterende finansieringsordninger.

Teknologi og innovasjon kan gi betydelige gevinster for jernbanegods, men krever målrettet innsats, samarbeid mellom godsaktører og fleksibilitet for å tilpasse seg fremtidige teknologiske gjennombrudd. Rapporten legger grunnlaget for prioriteringer i kommende NTP.

# Rapport informasjon

<b>Oppdrag</b>	<b>Teknologi og innovasjon i godsstrategien</b>
Oppdragsgiver	Jernbanedirektoratet, prosjekt godsstrategi, prosjektleder Helge Drösemeier
Delprosjektleder	Stephen Oommen (Jernbanedirektoratet)
Arbeidsgruppe	Ove Skovdahl, Bjørn Bryne og Jon Robert Dohmen (Jernbanedirektoratet)
Utarbeidet av	Gunnar Salberg (PwC), Sam Pawar og Kaj W. Halvorsen (Multiconsult)
Godkjent av	Jernbanedirektoratet
Dato	04.07.2025

## Endringslogg:

Dato	Versjon	Merknad
04.07.2025	1.0	Førsteutkast
15.08.2025	1.1	Revidert førsteutkast etter tilbakemelding fra arbeidsgruppe og sidemannskontroll i Multiconsult.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>8</b>
1.1	Bakgrunn	8
1.2	Metodisk tilnærming	8
<b>2</b>	<b>Utfordringer og behov</b>	<b>10</b>
2.1	Transportpolitiske mål	10
2.2	Utviklingstrekk og jernbanens utfordringer (NTP 2025 – 2036)	11
2.3	Konkretisering av utfordringer	12
2.3.1	Linjen	13
2.3.2	Terminal	13
2.3.3	Skinnegående kjøretøy	13
2.3.4	Lastbærer	14
2.3.5	Sømløse transportere	14
2.3.6	Drift og vedlikehold	14
2.3.7	Digitale systemer	14
2.3.8	Generelle	15
2.3.9	Offentlig-privat samarbeid - Samfunnsnytt og bedriftsøkonomisk lønnsomhet	15
2.4	Hvordan kan innovasjon og teknologi møte de behov og utfordringer som godstransport på jernbane står overfor?	16
2.4.1	Innovasjon	16
2.4.2	Teknologisk utvikling	18
2.4.3	Teknologiske tilnærminger til behov og utfordringer	19
2.5	Drøfting med togoperatørene	20
2.6	Oppsummering av utfordringsbildet	21
<b>3</b>	<b>Teknologier</b>	<b>23</b>
3.1	Automasjon	23
3.1.1	A1 – DAC (Digital Automatisk Kobling)	23
3.1.2	A2 – Automated Train Operations (ATO)	24
3.1.3	A3 – Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) – Inkl skifteplanleggingsverktøy	25
3.1.4	A4 – Automatisk terminalutstyr – Løftemateriell	26
3.1.5	A5 – Automatisk terminalutstyr – Containerlager	26
3.1.6	A6 – Automatisk terminalutstyr – Terminaltraktorer	27
3.1.7	A7 – Automatisk terminalutstyr – Innkjøringsporter	28
3.1.8	A8 – Automatisk terminalutstyr – Distribusjonsbiler	28
3.1.9	A9 – Automatisk terminalutstyr – Fjerning av snø/is	29
3.1.10	A10 – Automatisk terminalutstyr – Lastesikringsutstyr	29
3.1.11	A11 – Automatisk lesing av Lastbærer-ID	30
3.1.12	A12 – Automatisering av drift og vedlikehold	31
3.2	Materialteknologi	31
3.2.1	M1 – Materialkataloger for jernbane	31
3.2.2	M2 – Lokal gjenvinning av materialer	31
3.2.3	M3 – 3D-printing av deler	32
3.2.4	M4 – Lastbærere i andre materialer (kompositt)	32
3.2.5	M5 – Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold	32
3.2.6	M6 – Støydempende overbygning	33
3.2.7	M7 – Bedre materialer i halvlederkomponenter	33

3.3	Elektrifisering .....	34
3.3.1	E1 – Vogner med egen fremdrift.....	34
3.3.2	E2 – Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner .....	34
3.3.3	E3 – Elektriske lastebiler (distribusjon).....	35
3.3.4	E4 – Elektrifisering – Terminalutstyr.....	35
3.3.5	E5 – Utslippsfrie fremføring av gods på linja (KVU Green).....	36
3.4	Konnektivitet .....	36
3.4.1	K1 – Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.) .....	36
3.4.2	K2 – Datadeling (transportdokumentasjon mm).....	37
3.4.3	K3 – Overvåkning av lastenheter/lastbærere.....	38
3.4.4	K4 – Overvåkning av last.....	38
3.4.5	K5 – Ombordovervåkning av kjøretøy.....	38
3.4.6	K6 – Spornær overvåkning av kjøretøy (TrainGate).....	39
3.4.7	K7 – Overvåkning av infrastruktur fra kjøretøy .....	40
3.5	Digitalisering.....	40
3.5.1	D1 – Blokkjedeteknologi.....	40
3.5.2	D2 – Digitale tvillinger – Tilkoblet (online).....	40
3.5.3	D3 – Digitale tvillinger for simulering – Frakoblet (offline) .....	42
3.5.4	D4 – Digital infrastruktur (Datainfrastruktur).....	43
3.5.5	D5 – Cybersikkerhet.....	44
3.5.6	D6 – Cybersikkerhet – Konnektivitet.....	45
<b>4</b>	<b>Prioritering.....</b>	<b>47</b>
4.1	Prioritering.....	47
4.1.1	Metodikk .....	47
4.1.2	Prioriteringer .....	48
4.1.3	Teknologier som prioriteres for multidimensjonal analyse .....	51
<b>5</b>	<b>Multidimensjonal analyse .....</b>	<b>53</b>
5.1	Metodikk.....	53
5.1.1	Valg av dimensjoner .....	53
5.1.2	Scoring og nivellering .....	54
5.1.3	Diagrammer .....	55
5.2	Vurderinger.....	56
5.2.1	A2-1 - Automated Train Operations (ATO) – GoA 1 og GoA 2 .....	56
5.2.2	A3 - Automatisk Skifteoperasjoner (ASO) - Inkl skifteplanleggingsverktøy.....	56
5.2.3	A4 - Automatisk terminalutstyr – Løftemateriell .....	57
5.2.4	A5 - Automatisk terminalutstyr – Containerlager .....	58
5.2.5	A6 - Automatisk terminalutstyr – Terminaltraktorer .....	59
5.2.6	A9 - Automatisk terminalutstyr - Snø-/isrydding.....	60
5.2.7	A10 - Automatisk terminalutstyr – Lastsikring .....	61
5.2.8	A12 - Automatisering av drift og vedlikehold.....	62
5.2.9	M5 - Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold.....	63
5.2.10	E1 - Vogner med egen fremdrift .....	64
5.2.11	E2 - Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner .....	65
5.2.12	E5 - Utslippsfrie fremføring av gods på linja.....	66
5.2.13	K1 - Forbedret transportstyring .....	67
5.2.14	K2 - Datadeling (inkl. deling av transportdokumentasjon).....	68
5.2.15	K5 - Ombordovervåkning av kjøretøy .....	68
5.2.16	K6 - Spornær overvåkning av kjøretøy – TrainGate .....	69
5.2.17	K7 - Ombordovervåkning av infrastruktur .....	70

5.2.18	D2 og D3 - Digitale tvillinger .....	71
<b>6</b>	<b>Anbefaling .....</b>	<b>74</b>
6.1	Innovasjon og innovasjonsprosesser .....	74
6.2	Teknologi .....	75
6.2.1	Automasjon .....	75
6.2.2	Materialteknologi.....	77
6.2.3	Elektrifisering.....	78
6.2.4	Konnektivitet.....	79
6.2.5	Digitalisering .....	81
<b>7</b>	<b>Kostnader og nytte – Metodisk tilnærming .....</b>	<b>82</b>
7.1	Kostnadsberegninger .....	82
7.2	Nytteberegninger .....	84
<b>8</b>	<b>Kilder .....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>92</b>
9.1	Vedlegg 1 - Ordliste .....	92
9.2	Vedlegg 2 - Tankekart.....	96
9.3	Vedlegg 3 - Teknologiarkene for teknologier som har Multidimensjonal score .....	97
9.3.1	A2-1 Automated Train Operations (ATO) – GoA 1 og GoA 2 .....	97
9.3.2	A3 Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) - Inkl skifteplanleggingsverktøy.....	97
9.3.3	A4 Automatisk terminalutstyr - Løftemateriell.....	99
9.3.4	A5 Automatisk terminalutstyr - Containerlager .....	100
9.3.5	A6 Automatisk terminalutstyr - Terminaltraktor .....	100
9.3.6	A9 Automatisk terminalutstyr – Fjerning av snø/is .....	101
9.3.7	A10 Automatisk terminalutstyr – Lastsikringsutstyr .....	102
9.3.8	A12 Automatisering av drift og vedlikehold .....	102
9.3.9	M5 Støysvake bremsere for nordiske forhold.....	103
9.3.10	E1 Vogner med egen fremdrift.....	104
9.3.11	E2 Løsning for strøm til kjøleaggregat på container på vogner .....	105
9.3.12	E5 Utslippsfrie fremføringer av gods på linje (KVU Green) .....	106
9.3.13	K1 Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.) .....	106
9.3.14	K2 Datadeling (transportdokumentasjon mm.).....	107
9.3.15	K5 Ombordovervåkning av kjøretøy.....	108
9.3.16	K6 Spornær overvåkning av kjøretøy (Traingate) .....	109
9.3.17	K7 Overvåkning av infrastruktur fra kjøretøy .....	110
9.3.18	D2 Digitale tvillinger – sanntid (dynamisk/online) .....	111
9.3.19	D3 Digitale tvillinger for simulering (statisk/offline).....	112
	<b>Sammendrag.....</b>	<b>119</b>
<b>10</b>	<b>[Kapitteloverskrift].....</b>	<b>120</b>
10.1	Underoverskrift 2 .....	120
<b>11</b>	<b>[Kapitteloverskrift].....</b>	<b>122</b>
<b>12</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>123</b>
<b>13</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>124</b>
13.1	[Vedlegg].....	124



# 1 Innledning

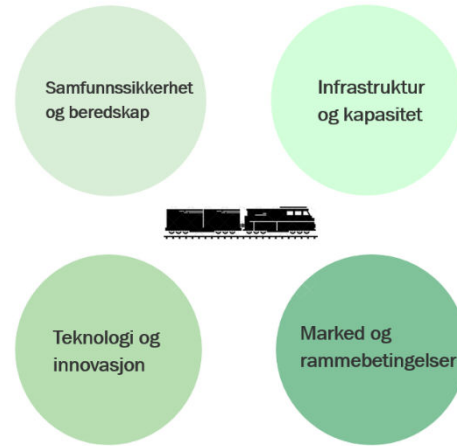
## 1.1 Bakgrunn

I NTP 2025 – 2036 ber Samferdselsdepartementet (SD) Jernbanedirektoratet om å utarbeide en ny godsstrategi. Oppdraget beskrives nærmere i supplerende tildelingsbrev 7 av 2024, der det også bestilles en ny fjerntogstrategi og en kollektivstudie.

Godsstrategien skal være et beslutningsgrunnlag for neste rullering av NTP. Den skal også analysere og beskrive jernbanens utvikling for godstransport mot 2050, og ha fokus på jernbanens rolle i hele transportsystemet i et 2050-perspektiv.

Godsstrategien har fire fokusområder: Samfunnssikkerhet og beredskap, Infrastruktur og kapasitet, Teknologi og innovasjon og Marked og rammebetingelser. Delprosjektet Teknologi og innovasjon i godsstrategien til NTP utreder fokusområdet Teknologi og innovasjon for gods på jernbane.

Denne rapporten oppsummerer arbeid innenfor fokusområdet teknologi og innovasjon.



Figur 1-1. Fokusområder i Godsstrategien

## 1.2 Metodisk tilnærming

Rapporten innledes med en gjennomgang av behov, mål og utfordringer for godstransport på jernbane, med fokus på behov og mål som antas å ha en teknologisk eller innovativ løsning (kapittel 2). I kapittel 3 presenterer de jernbaneteknologier som er behandlet i denne utredningen. Gjennomgangen fokuserer på kategorier av teknologier, men eksemplifiseres enkelte steder med produsentspesifikke løsninger. Listen vil aldri kunne være uttømmende, men anses å dekke de viktigste områdene med relevans for gods på jernbane i neste NTP-periode.

I kapittel 4 beskrives prosessen med å prioritere de teknologiene som anses mest relevante for neste NTP-periode. Disse blir i kapittel 5 vurdert mer inngående gjennom en multidimensjonal analyse. Basert på den multidimensjonale analysen presenteres en anbefaling for det videre arbeidet med godsstrategien i kapittel 6.

I kapittel 7 presenteres innledende tanker om et mulig rammeverk for å grove anslag av kostnader, samt mulige metodiske tilnærminger for å modellere/beregne nyttevirkninger.

En ordliste med relevante begreper finnes i Vedlegg 1 - Ordliste. Et tankekart som har vært utgangspunkt for arbeidet finnes i Vedlegg 2 - Tankekart. En kopi av teknologiarkene som ble benyttet til drøfting og kalkulering av de ulike teknologier (i stikkordsform) for vurderingene vist i de multidimensjonale matrisene er tatt inn i Vedlegg 3 - Teknologiarkene for teknologier som har Multidimensjonal score.

Arbeidet i dette delprosjektet er utført av en prosjektgruppe bestående av fagressurser fra både Jernbanedirektoratet og rådgiverteamet fra Multiconsult og PWC. Det er gjennomført 10 arbeidsmøter der prosjektgruppen har jobbet sammen om vurderinger og analyser.

Togoperatørene CargoNet, Onrail, Grenland Rail og BLS Rail ble konsultert i et møte 30.mai, 2025. Der presenterte representanter fra prosjektgruppen tidlige resultater fra analysene.

Tilbakemeldinger og innspill fra togoperatørene er redegjort for i avsnitt 2.5 og i noen grad hensyntatt i ferdigstillingen av denne rapporten.

## 2 utfordringer og behov

Innledningsvis i kapittelet gis en kortfattet beskrivelse av transportpolitisk mål og det overordnede utfordringsbildet for jernbanen. Deretter drøftes behov og problemer knyttet til de hovedutfordringene gods på jernbane står overfor, og ulike teknologiområder som vil være relevante for å møte utfordringene. Det henvises til rapporten «Gods på jernbane – utfordringer, behov og mål» (Jernbanedirektoratet, 2025) for mer utfyllende drøfting av det overordnede utfordringsbildet.

Videre drøftes utfordringer knyttet til samarbeid mellom private og offentlige aktører, og tilhørende økonomiske vurderinger. Til sist belyses en del utfordringer knyttet til innovasjon, samt de behov og problemer togoperatørene peker på som viktig i deres drift.

### 2.1 Transportpolitiske mål

Arbeidet med godsstrategien innrettes mot jernbanens bidrag til å nå de transportpolitiske målene fra NTP 2025 – 2036.



Figur 2-12 Regjeringens hierarki av transportpolitiske målsetninger. Kilde: Meld. St. 14 (2023-2024) - regjeringen.no

I strategiarbeidet skal alle mål hensyntas, selv om hovedfokus er på de tre målene der det antas at jernbanens bidrag er størst:

- Enklere reisehverdag og økt konkurransevne for næringslivet
- Bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål
- Effektiv bruk av ny teknologi

Med tanke på oppnåelse av de transportpolitiske målene i forbindelse med godstransport spiller jernbanen en særlig viktig rolle ved å tilby effektiv transport av store volumer og/eller over lange distanser. Dette er spesielt relevant med tanke på konkurransevnen til næringslivet, og flere segmenter av industrien er avhengig av systemtogene for å frakte bl.a. malm og tømmer, som ikke har samme fraktmuligheter på f.eks. vei. I tillegg spiller jernbanen en viktig rolle for å frakte kombivolumer som ellers ville gått på vei. Dette reduserer veitransporten. Derigjennom reduseres

også klimagassutslipp fra den fossile delen av den tunge kjøretøyparken, samt risiko for ulykker, som er lavere for tog enn for veitransport. Dette er både positivt for målene om å bidra til Norges klima- og miljømål, og for å nå nullvisjonen for drepte og hardt skadde.

Godstransport på bane kan også ha positive effekter når det gjelder sosial bærekraft. Det anses lettere å ha kontroll på arbeidsrettigheter og -vilkår på jernbane, enn det kan være for andre transportformer. Dette er relevant med tanke på konkurranseevnen til næringslivet, da fler og fler virksomheter i dag må overholde EUs bærekrafts direktiv - CSRD (Regjeringen.no, 2024) krever at virksomheter har et verdikjedeperspektiv på sin påvirkning på bærekraftsforhold.

I NTP 2025 – 2036 fremheves «Effektiv bruk av ny teknologi» som eget mål. Digital Automated Couple (DAC) omtales spesifikk som eksempel for teknologi for å forbedre jernbanens tilbud for godstransport. Et av målene med denne delrapporten er å utvide listen med aktuelle teknologier som kan styrke gods på bane, samt beskrive teknologienes nytteeffekter og kostnader.

## 2.2 Utviklingstrekk og jernbanens utfordringer (NTP 2025 – 2036)

I Stortingsmeldingen NTP 2025-2036 vektlegges det at vi lever i en tid der både nasjonale og globale utviklingstrekk bidrar til større usikkerhet enn tidligere. Følgende utviklingstrekk trekkes fram som styrende for transportpolitikken generelt:

- **Omstilling for å nå klima- og miljømålene:** Klimaendringer og tap av biologisk mangfold er to av vår tids største utfordringer, og vil være en ramme rundt all politikk. Norge har ambisiøse mål for kutt i klimagassutslipp, og for å nå disse målene kreves det en betydelig omstilling i alle sektorer. Transportsektoren står for om lag en tredjedel av alle klimagassutslipp, og omstillingen vil derfor bli særskilt stor her. Regjeringen peker på at det å unngå transportvekst, flytting av transport til transportmidler med lave utslipp og forbedring av transportmidlene gjennom teknologi vil være viktige forutsetninger for å lykkes med omstillingen.
- **Teknologisk utvikling:** Transportsektoren står overfor store teknologiske endringer, særlig innenfor områder som samhandlende intelligente transportsystemer, kunstig intelligens, automatisering, delingsmobilitet og overgang til nullutslippsløsninger. For å hente ut mulighetene som teknologien gir kreves det tett samarbeid om tiltak mellom myndigheter, næringsliv og forskningsmiljøer. Det er også viktig med lovgivning om internasjonalt samarbeid.
- **Ustabil geopolitisk situasjon:** Den sikkerhetspolitiske situasjonen i Europa og verden for øvrig har endret seg etter Russlands invasjon i Ukraina, og dette gir økt geopolitisk usikkerhet. Den nye sikkerhetspolitiske situasjonen som følger av dette, aktualiserer behovet for å sikre transportsystemets evne til å bidra innenfor rammen av Totalforsvaret.
- **Endring og usikkerhet i globale markeder:** Endringer i globale handels- og produksjonsmønstre har betydning for transportstrømmene. Det har de siste tiårene vært en utvikling med fallende transportkostnader og fremvekst av globale markeder. Samtidig tyder andre utviklingstrekk på at økningen i global handel vil avta fremover, og at produksjon i større grad flyttes tilbake til opphavslandet eller vår egen verdensdel. De langsiktige følgene for norsk handel som følge av disse utviklingstrekkene er usikre, men kan potensielt bli store og vil kunne få betydning for utviklingen av transportsystemet.
- **Redusert økonomiske handlingsrom:** Det har vært en betydelig økning i bevilgninger til formål i NTPene mellom 2014 og 2023. Mange viktige samferdselsprosjekter er startet opp, og er nå i ferd med å ferdigstilles. Samtidig er det fortsatt store utfordringer i transportsystemet, og klare tegn til at det økonomiske handlingsrommet vil reduseres fremover. Dette skyldes delvis at inntektene på statsbudsjettet forventes å vokse mindre, på samme tid som utgiftene til pensjon, helse og omsorg forventes å øke. Denne utviklingen gjør det nødvendig å effektivisere ressursbruken og gjøre omprioriteringer.

I stortingsmeldingen beskriver regjeringen utfordringsbildet for jernbanesektoren slik:

- **Deler av jernbanenettet er overbelastet:** Togtilbudet har i de siste tiårene blitt forbedret noe som har ført til flere avganger. Som resultat er flere stekninger og deler av strekninger erklært overbelastet deler av døgnet.
- **Infrastrukturen er gammel og sårbar for feil:** Feil i infrastrukturen påvirker driftsstabiliteten, og kan ha store konsekvenser for togtrafikken.
- **Overbelastning og gammel infrastruktur gir lavere punktlighet og flere kansellerte avganger:** De siste årene, med unntak av pandemiårene, har punktligheten for både persontog og godstog vært under målet på 90 %. Med tett trafikk, et jernbanenett der store deler av trafikken må gå gjennom Oslo og få omkjøringsmuligheter, forplanter forsinkelser seg raskt til andre deler av nettet.
- **Lite rom for tilbudsutvikling:** Det er forventet en økning i etterspørsel etter jernbanetransport i årene fremover. Det er også ønskelig å flytte transport over fra bil til andre transportformer. Uten videre utvikling vil jernbanen bare i begrenset grad kunne møte den forventede og ønskede økning en i etterspørsel.

I tillegg peker regjeringens perspektivmelding(Finansdepartementet, 2024) på mangel på arbeidskraft som en av de største utfordringene for Norge. Spesielt helsesektoren vil etterspørre arbeidskraft, og automatisering av manuelle arbeidsoppgaver vil være nødvendig i alle sektorer der dette er mulig.

Fra et teknologisk ståsted kan utfordringsbildet for jernbanegods oppsummeres slik:

1. Jernbanen må øke sin effektivitet ved å organisere sine leveranser på en måte som utnytter ressursene optimalt. Knappe ressurser inkluderer ikke bare offentlige budsjettmidler, men også arbeidskraft, energi, arealer og sporkapasitet. Dette er avgjørende både fra et bærekraftperspektiv og i et lønnsomhetsperspektiv. Gjennom teknologi og innovasjon bør det legges vekt på å finne tiltak som enten reduserer ressursforbruket eller øker produksjonen uten en tilsvarende økning i ressursinnsatsen.
2. Jernbanen må øke kvaliteten på produktet slik at norsk næringsliv får sterkere konkurransekraft gjennom attraktive og bærekraftige transporttjenester til/fra markedene de opererer i. Gjennom teknologi og innovasjon må det søkes etter løsninger som øker punktlighet og forutsigbarhet, i en integrert og sømløs, grønn transportkjede.
3. Jernbanen må øke kapasiteten innenfor rammene av dagens sårbare og overbelastede infrastruktur. Infrastrukturen er gammel og sårbar, og det økonomiske handlingsrommet er begrenset, og noen vesentlig utbygging av ny infrastruktur kan ikke forventes utover de utbyggingsprosjektene man kjenner per i dag. Det må søkes etter teknologi og innovasjon som kan bidra til økt utnyttelse av infrastrukturen.
4. Jernbanen må utvikle nye tilbud og tjenester som utvider markedet både geografisk og i kunde-/ produktsegment. Dette krever blant annet forbedrede marginer for godstogoperatørene og derigjennom økt evne til innovasjon og investering.

## 2.3 Konkretisering av utfordringer

Det er en viktig suksessfaktor at fremtidige løsninger bidrar til å løse konkrete utfordringer og problemer med relevans for jernbanegods. De fleste av de antas å kunne løses helt eller delvis ved hjelp av teknologi og innovasjon. For å gruppere disse har vi valgt å knytte de til noen fysiske

hovedobjekter som linjen, terminalen, kjøretøy og lastbærer. I tillegg er det en del utfordringer som er mer generelle, eller knyttet til sømløshet, drift og vedlikehold. Nedenfor gis en overordnet beskrivelse av utfordringene, gruppert etter hovedobjekt.

### 2.3.1 Linjen

Kapasiteten på linjen, er en begrenset ressurs som må utnyttes effektivt. Ruteleier søkes om, og tildeles, for 12 måneder av gangen. Variasjoner og endringer gjennom året fører til at mange tildelte ruteleier ikke benyttes i det hele tatt, eller ikke benyttes fullt ut for eksempel ved å kjøre tog med kortere lengder enn planlagt. Manglende fleksibilitet i systemet gjør det utfordrende for andre aktører å dra nytte av ledige ruteleier, noe som ytterligere reduserer den samlede kapasitetsutnyttelsen.

Godstog møter også spesifikke utfordringer på hovedsporet som i mindre grad påvirker persontransport og andre brukere av linjen. Store stigninger, enten punktvis og over lengre strekninger, begrenser maksimal togvekt og fører til økte kostnader knyttet til behovet for ekstra trekkraft. I tillegg bidrar lang fremføringstid mellom terminaler til å redusere kvaliteten og attraktiviteten til godstjenestene, noe som svekker jernbanens konkurranseevne.

### 2.3.2 Terminal

Inne på terminalområdene er både lastespor, hensettingsspor, skiftespor, depotkapasitet og semitrailerhensetting blant de viktigste knappe faktorene. Mangel på lastespor/-gater, korte lastespor eller for smale lastegater reduserer laste- og lossekapasiteten og -effektiviteten ved en terminal. Gjennomføring av aktiviteter som vognvisitasjon mens vognene står i lastespor tar opp lastesporkapasitet som kunne vært brukt til å laste/losse et annet tog.

Ineffektiv styring av løftemateriell og koordinering med depot gjør at lastbærer løftes/flyttes både to og tre ganger mer en strengt nødvendig inne på terminalen. Det øker terminalkostnadene og beslaglegger løftemateriell/terminaltraktorer som er knappe ressurser, spesielt i rushtidene.

Skifting av vogner, inn og ut av lastespor, til/fra hensettingsspor, inn og ut av vognstammer, eller til/fra verksted legger beslag på knapp sporkapasitet inne på terminalen. Mer effektiv skifting og optimalisert planlegging av skiftebevegelser kan øke utnyttelsen av knappe ressurser og øke kapasiteten på terminalen.

På terminalen skjer også aktiviteter som medfører helse- og sikkerhetsrisiko og utfordrer HMS-reglene, for eksempel ved kobling av vogner, eller når personell beveger seg rundt blant tog og vogner som skiftes. Problemene forsterkes i vintersesongen da snø og is øker behovet for manuelle prosesser inne på terminalområdet.

Det ligger et potensiale i lokale terminaler og sidespor. Slike terminaler eller sidespor kunne vært utnyttet bedre av nærliggende transportkrevende industri, men benyttes ikke på grunn for store kostnader knyttet til manuell trafikkstyring og skifting.

### 2.3.3 Skinnegående kjøretøy

Rullende materiell, både godsvogner og lokomotiver, utsettes for harde påkjenninger. Feil oppstår hyppig, og om vinteren overgår feilhyppigheten reparasjonstiden, slik at det bygger seg en stor pool av vogner i ustand. Hjulskader fører ofte til ytterligere skader på kjøretøyene, og i tillegg betydelig slitasje og skader på infrastrukturen, særlig spor og sporveksler. Per i dag avdekkes disse feilene gjennom en systematisk manuell inspeksjon. Inspeksjon av alle vogner og lokomotiver ved ankomst og avgang er en tidkrevende prosess. Det er behov for et system som automatisk avdekker feil på kjøretøy slik at dette oppdages raskt og kan utbedres mye raskere enn det som er tilfelle i dag.

Vinterdrift skaper utfordringer for vognmateriell, særlig semitrailervogner, som pakkes fulle av snø og is. Bremses fryser fast, både på terminal, i kryssingsspor og på linja, og bidrar til hjulslag. Fjerning av snø og tining/fjerning av is er manuelle og tidkrevende prosesser.

Lokomotiver er knappe ressurser utnyttet ineffektivt som følge av hensyn til blant annet førerbytter og pauser. Om vinteren må de forvarmes og sandbeholdere må fylles, men dette vanskeliggjøres av mangel på varmeposter og sandpåfyllingsanlegg. Dette fører til at lokomotiver ikke er klare til avgangstidspunkt og fører til forsinkelser i togavviklingen og avvik fra ruteplan.

Verdifulle lokfører-ressurser benyttes i dag til flytting av lok på lukkede områder; til og fra hensetting og verksteder, samt internt i verksteder.

### **2.3.4 Lastbærer**

Lastbærere som ikke kan toppløftes og/eller stables gjør jernbanens del av intermodale transporter uforholdsmessige kostbar. Håndteringen av slik lastbærere, som semitrailere, og visse typer vekselflak mm, krever mer håndteringstid, legger beslag på mer areal, krever vogntyper med dårlige vintereregenskaper, noe som gir en mindre effektiv utnyttelse av de knappe ressursene på terminalene. I tillegg vil det også kunne en dårligere utnyttelse av tog lengde og togvekt.

### **2.3.5 Sømløse transporter**

Sømløs (intermodal) dør-til-dør-transport er essensielt for å gjøre godstransport på jernbane attraktiv. Jernbanebasert godstransport innebærer nesten alltid omlasting, noe som medfører både økte kostnader og lengre transporttid. Selv om lav fremføringskostnad er et av jernbanens største konkurransefortrinn, representerer dør-til-dør-transport en betydelig utfordring. Det er derfor et stort behov for effektive løsninger for omlasting og distribusjonstransport, samt transparente systemer som sikrer integrert og sømløs godsflyt gjennom hele den intermodale transportkjeden.

### **2.3.6 Drift og vedlikehold**

Kjøretøy til jernbaneformål har en relativt lang levetid (20-40 år, alt etter type bruk). Utstyret utsettes for til dels store påkjenninger gjennom livsløpet. Dette fører til feil og skader som reduserer driftsstabiliteten og påliteligheten.

Begrenset verkstedkapasitet tvinger togoperatører til å investere i flere godsvogner enn de strengt tatt trenger. Dette binder unødvendig mye kapital hos togoperatørene og reduserer lønnsomheten deres. En reservekapasitet på over 50 prosent for å håndtere vinterdriften er ikke uvanlig, men selv med en så stor reservekapasitet opplever togoperatører mangel på vogner etter vinteren som igjen fører til at det kjøres kortere godstog enn ønskelig langt utover sommeren. Ved å innføre systemer som kan diagnostisere vogner før de tas inn på verksted, kan reparasjonsprosessen effektiviseres, noe som vil redusere behovet for et stort antall vogner.

### **2.3.7 Digitale systemer**

Digitalisering er i ferd med å revolusjonere måten gods håndteres og spores på, og åpner for mer transparente, pålitelige og effektive logistikk-løsninger. Ønsket effekt av digitaliseringen er gjennomgående bruk av smartere infrastruktur med intelligente transportsystemer og med tilstrekkelig sikring av både systemer, infrastruktur og informasjonen på disse. Digitale løsninger kan bidra til blant annet bedre kapasitetsutnyttelse i eksisterende infrastruktur og kan også bidra til utvikling av nye tjenester. Videre kan digitaliseringen føre til kvalitet i leveransene gjennom bedre punktlighet og pålitelighet.

Med økt digitalisering kommer også tilgang på store mengder data som må organiseres og lagres på en måte som gjør at man kan nyttiggjøre seg dette som en ressurs. Kunstig intelligens kan benyttes til å strukturere, skalere og gjenbruke data. Aktørenes transportdata er i liten og varierende grad tilrettelagt for deling, og det mangler verktøy og systemer for enkelt og trygt kunne dele og få tilgang til dataene. Det er også i liten grad etablert automatiserte prosesser for datadeling. Tilrettelegging for videre bruk av data som i stor grad forvaltes av transportvirksomhetene blir viktig. Både datafangst, lagring og forvaltning av dette ligger i de enkelte transportselskap og er i svært liten grad tilgjengelig hos jernbanen.

### **2.3.8 Generelle**

Teknologi og innovasjon må utvikles og implementeres raskt for å styrke konkurransekraften for godstransport på jernbane. Den teknologiske utviklingen vil potensielt kunne bidra til å øke effektiviteten, kvaliteten og kapasiteten, og kan i tillegg benyttes til å utvikle nye tilbud og tjenester. Potensialet ligger i økt bruk av digitale løsninger. Eksempler på noe som sannsynligvis kan implementeres relativt raskt kan være innovative prosesser for å ta i bruk automasjon på terminalene, automatiske laste og losse systemer og bedre datadeling mellom transportvirksomhetene. Dette vil gi en bedre flyt i logistikken og bedre utnyttelse av infrastrukturen på en langt bedre måte enn tilfellet er i dag.

Mangel på arbeidskraft ventes å tilta, og det vil være behov for automatisering av manuelle arbeidsoppgaver. Utviklingen av autonome kjøretøy/roboter forventes å ha et betydelig potensial for å effektivisere arbeidskraftbehovet. Det finnes et visst potensial for autonome enheter på jernbaneterminaler og togfremføringen, men det antas at autonome kjøretøy som kan kjøre på det offentlige veisystemet totalt sett vil vri konkurranse i favør av veitransport.

### **2.3.9 Offentlig-privat samarbeid - Samfunnsnytt og bedriftsøkonomisk lønnsomhet**

Behovet for samarbeid mellom offentlige og private aktører om komplekse teknologiske systemer utgjør ofte en kompleks utfordring – uansett sektor. Der det eksisterer slike samarbeid/avhengigheter oppstår ofte vanskelige problemstillinger som

- Er dette et problem som det offentlige skal bidra til å løse?
- Hvor stor bør den offentlige investeringen være?
- Hvordan motivere alle nødvendige parter til å delta?
- Hvordan koordinere investeringer fra flere parter, som skal prioritere sine investeringer opp mot andre prosjekter i hver sine investeringsporteføljer?

Ofte kreves det samarbeid mellom offentlige og private aktører når større tiltak skal gjennomføres for jernbanen. Det kan for eksempel være teknologitiltak som krever koordinert oppgradering av både offentlig eiet jernbaneinfrastruktur og private eide vogner og lokomotiver. Den tette avhengigheten mellom offentlige og private aktiviteter i den daglige driften av jernbanesystemet representerer i seg selv en utfordring for jernbanen som kanskje er større enn for andre transportformer.

Jernbanedirektoratet vektlegger samfunnsøkonomisk lønnsomhet i sine prioriteringer. Samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak bør i utgangspunktet prioriteres og gjennomføres, så fremt det finnes rom innenfor gjeldende budsjettammer.

Hvis et tiltak både er samfunnsøkonomisk lønnsomt og bedriftsøkonomisk lønnsomt, vil det etter all sannsynlighet bli gjennomført av den eller de private aktørene som ser lønnsomhet i tiltaket. Det forutsetter selvsagt at tiltaket i sin helhet er mulig å gjennomføre for en privat aktør alene – det er ikke alltid tilfelle i jernbanesektoren. Ofte må det private og det offentlige samarbeide, men så lenge begge parter ser lønnsomhet i tiltaket er det sannsynlig at tiltaket blir realisert.

Tiltak som krever samarbeid mellom offentlige og private aktører, men der bare én av partene ser lønnsomhet i det, kan medføre utfordringer. Hvis et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt vil samfunnet ønske å gjennomføre det, men hvis det er bedriftsøkonomisk ulønnsomt vil en privat aktør kunne være motvillig til å bidra i tiltaksimplementeringen. Med mindre den private aktøren får incentiver til å være med, står det samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltaket i fare for ikke å bli gjennomført.

Dersom en privat aktør ser bedriftsøkonomisk lønnsomhet i noe som ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt kan det få uheldige samfunnsmessige konsekvenser. Dette kan for eksempel skyldes at en privat aktørs virksomhet fører til negative eksterne virkninger for andre i samfunnet, uten at aktøren pålegges å kompensere for dette. Dersom rammebetingelsene eller incentivene for den private aktøren ikke endres kan slik virksomhet påføre samfunnet betydelige kostnader.

Tiltak som har negative lønnsomhet både for samfunn og private bør i utgangspunktet ikke gjennomføres. Unntaket er hvis lønnsomhetsberegningene har utelatt store positive (ofte ikke-prissatte) virkninger, som tilsier at tiltaket bør gjennomføres likevel.

I denne rapporten søkes det særlig etter teknologiske og innovative løsninger som har en samfunnsøkonomisk lønnsomhet og en realiserbarhet som tilsier at staten bør engasjere seg i og bidra til - eller sørge for - at løsningen blir implementert eller utrullet. Utover å belyse kompleksitet knyttet til offentlig-privat samarbeid knyttet til den aktuelle løsningen er det ikke dette prosjektets oppgave å finne innretninger som motiverer alle relevante aktører til å delta. Det overlates til senere faser.

Tidshorisont vil bli omtalt senere, men inngår som en viktig beslutningsvariabel. Der samfunnet kan ta et langsiktig perspektiv på en stor investering, kan en privat aktør ha høyere krav til kortsiktig lønnsomhet. Å prioritere teknologitiltak med utsikter til rask implementering og lønnsomhet kan bidra til en høyere motivasjon blant private aktører i et samarbeidsprosjekt. Rask implementering og realisering av tiltak som vil øke effektiviteten, kvaliteten og kapasiteten, samt å utvikle nye markeder og tjenester for jernbanegods er ikke negativt for det offentlige heller.

## **2.4 Hvordan kan innovasjon og teknologi møte de behov og utfordringer som godstransport på jernbane står overfor?**

I en fremtid der innovasjon og teknologi utvikles raskt er det viktig at jernbanesektoren, koordinert av Jernbanedirektoratet, evner å ha en helhetlig oversikt over teknologi- og aktørbildet, slik at det arbeides målrettet med teknologi og innovasjon for godstransport på jernbane med fokus på økt effektivitet, kvalitet, kapasitet og nye tjenester. Dette innebærer kartlegg og monitorere et bredt spekter av teknologiske muligheter og ta initiativ til at de som møter jernbanens behov og utfordringer implementeres – på kort og lang sikt. På den måten vil det være mulig å hente ut gevinster og læring fra innovasjon og teknologi som har ulik grad av modenhet.

Fokus på innovasjon, teknologi og økonomiske prioriteringer vil være kritisk i den fremtidige moderniseringen av norsk jernbane.

### **2.4.1 Innovasjon**

Innovative løsninger for jernbanegodstransport må vurderes helhetlig i samspill mellom organisasjon, teknologi og prosesser. Selv om mye av teknologien allerede er tilgjengelig og benyttes i andre transportformer, kreves det målrettet innsats for å tilpasse og implementere den i jernbanesektoren. Teknologitvillingen skjer raskt, og jernbanen må aktivt utforske nye bruksområder for eksisterende løsninger. Et eksempel er bruk av sensorer utviklet for andre

bransjer, som gjennom innovasjon kan tilpasses jernbanens behov, for eksempel til automatisk diagnostisering av hjulslag på kjøretøy.

Optimalisering og automatisering av eksisterende prosesser, slik som for eksempel administrasjon av transportdokumentasjon, lasting og klargjøring av togene (herunder blant annet bremseprøve og vognvisitasjon), vil gi vesentlig kostnadsreduksjoner, bidra til mer effektivisering og øke kapasiteten gjennom innovasjon. Implementering av noen nye teknologier har vist seg å være utfordrende, men kan potensielt påvirke organisasjonen svært positivt blant annet i form av redusert ressursbruk.

Ved blant annet å automatisere og digitalisere, etablere intelligente transportsystemer (ITS), ta i bruk droner, bruke kunstig intelligens samtidig som krav til cybersikkerhet ivaretas, kan man effektivisere godstransport med jernbane, forbedre godstogoperatørens tjenester og bidra til en raskere overgang til nullutslippsløsninger. Forbedring av eksisterende infrastruktur gjennom innovasjon vil øke effektivitet og kvalitet, og i neste omgang gi en mer effektiv utnyttelse av både den fysiske infrastrukturen og transporttilbudet.

For å hente ut mulighetene som teknologiutviklingen gir, kreves det tiltak på ulike områder hvor myndigheter, næringsliv og forskningsmiljøer kan samarbeide tett for å ivareta fremvekst av innovative og smarte mobilitetsløsninger. Det er viktig med tett samarbeid, også internasjonalt, inklusiv etablering av mer standardisering som tar høyde for norske behov, f.eks. klimatiske forhold og bransjestruktur, slik at vi unngår behov for mange særnorske løsninger.

Gjennom innovasjon og teknologi i jernbanenes godstransport kan verdiskapningen økes i hele samfunnets transportkjede. God fremkommelighet for godstransport krever tilstrekkelig kapasitet og effektive lokale terminaler med lokalt ansatte som bidrar til sømløs overgang mellom ulike transportformer. Lokale terminaler med moderne laste og lossesystemer bidrar også til verdiskaping og innovasjon gjennom utviklingen av null- og lavutslippsløsninger.

Næringslivet er avhengig av effektiv godstransport for å kunne skape verdier. En betydelig del av råvareproduksjonen og annen verdiskaping skjer i distriktene, og gods transporteres ofte over betydelige avstander for å nå markedet. Jernbanetransport er spesielt egnet for å frakte store volumer over lengre distanser. For å dekke kundenes behov slik at de kan oppnå konkurransefordeler i ulike markeder, er det viktig at godstransport på jernbane blir tilpasset næringslivets behov. Ved hjelp av teknologi og innovasjon kan det bli mulig å etablere mindre jernbaneterminaler så nær produksjonsleddet som mulig for å redusere transport på vei med spesialkjøretøy med relativt høye kostnader, eksempelvis terminaler for tømmer- og fisketransport. Dette er innovative løsninger som har en samfunnsøkonomisk lønnsomhet, er realiserbar og som også vil kunne benyttes med hensyn til samfunnsikkerhet og beredskap.

Det er viktig å se muligheter for at relativt kjent og moden teknologi som per i dag ikke synes å ha en klar relevans for jernbanesektoren kan få dette i fremtiden gjennom innovativ anvendelse. Listen over kjent teknologi uten klar relevans for jernbanen per nå, er åpenbart svært lang, og ikke egnet for opplisting. Det er imidlertid viktig å være åpen for denne typen innovasjon. Dette krever et overblikk og en helhetsforståelse for å se muligheter.

Prosjektet har aktivt forsøkt å identifisere slike innovasjonsmuligheter gjennom ulike tilnærminger.

1. Teknologiperspektiv: Kjenner man teknologier med kjent relevans for jernbane som ikke passer inn under de fem teknologiske hovedgrenene? I så fall, mangler det en hovedgren? Hvis det identifiseres en ny hovedgren, finnes det flere teknologier under denne som ikke er identifisert så langt? Og kan noen av disse tenkes å ha relevans for jernbane?
2. Grunnleggende teknologisk skift: Dersom ny grunnleggende teknologisk utvikling gir så store og omfattende konsekvenser at mange andre teknologier må revurderes i lys av

dette? Et eksempel kan være endringen i energitilgang, for eksempel dersom kjernekraft i små modulære reaktorer blir kommersielt tilgjengelig. Kunstig intelligens kan også være en slik systemendring.

### 3. Behovsperspektivet:

- a. Finnes det behov med en antatt teknologisk løsning, men der teknologien ikke finnes per i dag? I hvilken teknologisk hovedgren tror man løsningen ligger?
- b. Er det behov som åpenbart ikke løses gjennom teknologi? Ligger løsningen i så fall på innovasjon i for eksempel arbeidsprosesser, organisering, arealutnyttelse eller prismetoder?

Regulatoriske, organisatoriske eller økonomiske hensyn kan stå i veien for innovasjon og ny teknologi. Kjente løsninger kan være gjennomførbare rent teknisk, men krevende å få godkjent (teknisk, sikkerhet osv.) for anvendelse i europeisk/ norsk jernbane. Andre løsninger kan kreve samarbeid mellom mange aktører eller fordrer en organisering som er så komplisert at aktører vegrer seg for å sette i gang. Til sist kan utrulling av ny teknologi stanse opp fordi aktørene som skal stå for investeringen ikke har nødvendig økonomisk handlingsrom.

## 2.4.2 Teknologisk utvikling

Den teknologiske utviklingen kan gå raskt og preges av usikkerhet. Det er uklart hvilke teknologier som i fremtiden kan skape stor effekt og endring og hvilke som ikke kommer til å lykkes.

«Gods på jernbane – utfordringer, behov og mål» (Jernbanedirektoratet, 2025) peker på at teknologisk utvikling kan være både eksternt og internt drevet.

Ekstern teknologipåvirkning kommer hovedsakelig fra teknologier som blir utviklet utenfor jernbanens «sfære», og som derfor påvirker den utenfra. Slike teknologier kan både utfordre og forbedre jernbanens konkurransekraft. I dag skjer det store fremskritt på mange forskjellige felt, og det er derfor viktig å ha oversikt over disse teknologiene for å forstå deres innvirkning på jernbanen som system, både direkte og indirekte.

En ekstern teknologi som eksempelvis kan være relevant for godstransport i fremtiden er nye energibærere – både for jernbane og andre godstransportformer. Dette dreier seg hovedsakelig om ny batteriteknologi og andre energibærere som hydrogen, ammoniakk, pluss produksjonsmetoder for e-fuels<sup>1</sup> osv. Slike teknologier kan påvirke godstransport på jernbane både indirekte og direkte.

Intern teknologiutvikling handler om teknologier som blir utviklet internt i jernbanesektoren, og som vil påvirke jernbanen «innenfra og ut». ERTMS er et eksempel på en slik teknologi, i likhet med andre teknologiske løsninger som digitalt automatkobbelt (Digital Automatic Coupler, DAC).

Teknologi som drives fram internt av jernbanesektoren, for eksempel i Europeiske samarbeid, vil ofte ha en utrullingsplan som sikrer implementering innen overskuelig fremtid, interoperabilitet på tvers av landegrensar, direkte anvendbarhet for norsk jernbane, og en plan for hvordan gevinster skal realiseres. Et europeisk samarbeid sikrer også storskala gevinster, og ofte lavere enhetskostnader enn særnorske prosjekter. Det er naturlig at Norge deltar i slike teknologiprojekter og prioriterer disse høyt i sine planer.

---

<sup>1</sup> forkortelse for elektrofuel som er en fellesbetegnelse på en ny type syntetiske drivstoffer. Karakteristisk for dette drivstoffet er at det produseres med elektrisk energi fra fornybare energikilder (Store norske leksikon, 2024).

Samtidig vil det være behov for teknologisk utvikling for å dekke særnorske behov. Dette vil for eksempel være utfordringer knyttet til nordiske/arktiske forhold som snø og is, som kompliserer drift og operasjon av både materiell og infrastruktur. Det utvikles ikke nødvendigvis teknologi innenfor det europeiske jernbanesamarbeidet som adresserer slike utfordringer. Derfor kan Norge selv måtte bli en pådriver i utviklingen av slik teknologi, eller måtte støtte seg på teknologi utviklet utenfor Europa, som potensielt kan tilpasses og brukes til å løse særnorske jernbaneutfordringer. I tillegg skiller strukturen og organiseringen av sektoren seg ut i Norge, med en annen sammensetning av kombigods, systemgods (inkl. tømmer og malm) og vognlast enn det som er vanlig ellers i Europa. Dette medfører også noen særnorske utfordringer.

Skal ny teknologi gi ønskede effekter for jernbanegods, kreves det helhetlige tiltak på ulike områder og et tett samarbeid mellom myndigheter, næringsliv og forskningsmiljø.

### 2.4.3 Teknologiske tilnærminger til behov og utfordringer

For å sikre effektiv bruk av ny teknologi på en kostnadseffektiv måte med fokus på økt konkurransevne for næringslivet, og samtidig oppfyllelse av Norges klima- og miljømål, må jernbanen holde fokus på teknologi og innovasjon som bidrar til å løse jernbanens utfordringer pekt på tidligere i rapporten:

1. Jernbanen må øke effektiviteten
2. Jernbanen må øke kvaliteten
3. Jernbanen må øke kapasiteten
4. Jernbanen må utvikle nye tilbud og tjenester

Disse fire hovedutfordringene kan adresseres på mange ulike måter, og ikke alle kan løses utelukkende ved hjelp av teknologi – kjent eller ukjent per i dag. Et norsk jernbanenett som preges av en stjerneform ut av hovedstaden vil alltid ha færre omkjøringsmuligheter enn et nettverkspreget jernbanenett. Dette kan ikke forventes løst med ny teknologi. En enkeltsporet jernbane vil alltid gi dårligere kapasitet og færre ruteleier enn et dobbeltsporet jernbanenett. Løsningen på dette handler om samfunnsøkonomi og prioriteringer, og i liten grad om teknologi og innovasjon. Det samme gjelder dårlig kurvatur som senker fremføringshastigheten, mangel på lange kryssingsspor og prioritering av persontransport fremfor godstransport. Dette forringer kvaliteten på godstjenesten og øker fremføringskostnaden per enhet. Bedring av kurvatur og bygging av flere og lengre kryssingsspor bygger på kjent teknologi og kunnskap, og handler primært om prioriteringer. Organisatoriske endringer, forbedrede prosesser og økonomiske virkemidler – gjerne i kombinasjon med innovasjon og prioriteringer - kan være noen tilnærminger for å løse en del utfordringer.

Arbeidet med teknologi og innovasjon i godsstrategien legger fokus på hvordan teknologi og innovasjon kan bidra til å løse disse hovedutfordringene. Arbeidet tar utgangspunkt i fem teknologiske hovedgrener, som i stor grad bygger på rapporten *Teknologitrender for jernbanesektoren* (Jernbanedirektoratet, 2024):

- Automasjon
- Materialteknologi
- Elektrifisering
- Konnektivitet
- Digitalisering

De fleste teknologier innen hver hovedgren bygger på – eller er avhengige av – løsninger fra andre teknologier på tvers av hovedgrenene. Automatiske skifteoperasjoner (ASO) er for eksempel avhengig av digitalisering. Intelligente transportsystemer, lagring av større datamengder, økt samhandling mellom aktørene og ivaretagelse av cybersikkerhet er nødvendig for trygg og sikker ASO. Bruk av droner og kunstig intelligens (KI) åpner for fremtidige innovative

løsninger, men vil samtidig være avhengige av stabil kommunikasjonsteknologi. Det vil si god båndbredde med tilstrekkelig dekning og god redundant lagringskapasitet med høy grad av tilgjengelighet. Avhengigheten mellom teknologier er kompleks.

I Tabell 2-1 presenteres hvordan noen overordnede utfordringer kan møtes med teknologi. For hver teknologisk hovedgren gjøres en kortfattet redegjørelse for hvordan den antas å kunne bidra til å løse de fire hovedutfordringene for jernbanetransport av gods.

Tabell 2-1. Teknologiske løsninger på jernbanens utfordringer. Eksempler

Teknologi-hovedgren	Øke effektiviteten	Øke kvaliteten	Øke kapasiteten	Nye tilbud og tjenester
Automasjon	Vil kunne gi svært store effektivitetsgevinster gjennom automatisering av manuelle tidkrevende og risikofylte oppgaver. Raskere og mer presise prosesser og reduserte lønnskostnader. Drives frem i store europeiske samarbeidsprosjekter og/eller av globale teknologutviklere	Vil øke kvaliteten gjennom økt punktlighet, mer data, presis informasjon og sanntidstjenester. Løsninger som DAC vil kunne gi teknologiske plattformer (strøm, kommunikasjon etc.) som muliggjør ytterligere automasjon.	Den viktigste hovedgrenen med tanke på å øke kapasiteten av infrastruktur og materiell. Øker utnyttelsen av knappe ressurser (hensettingsarealer, lastegater, skiftebevegelser etc.) på terminaler. Øker utnyttelse av hovedspor ved at godstog er mer presise iht. ruteplan.	Autonom distribusjons-transport til/fra terminal, sammen med mer transparente og interaktive løsninger legger til rette for nye forretningsmodeller og nye, mer direkte kunde-transportør-relasjoner.
Material-teknologi	Nye materialer med bedre ledeevne kan redusere forbruket av strøm i jernbanesystemet	Nye materialer kan redusere støy, for eksempel fra kontaktpunktet mellom hjul og skinne.	Vogner og lastbærere i lettere materialer kan øke andelen nyttelast et godstog frakter	Additive tjenester (3D-printing) kan erstatte ikke-lagerførte komponenter med lang ledetid. Samling, lagring og salg av oppskrifter/modeller for jernbaneobjekter som trengs for 3D-printing.
Elektrifisering	Betydelig redusert fremføringskostnad der diesel kan erstattes med hel- eller del-elektrifisering. Elektrisk lokomotiv og terminalutstyr er betydelig mer energieffektiv enn diesel, og krever mindre vedlikehold	Elektrifiserte lokomotiver har ofte høyere effekt enn diesel, og gir færre forsinkelser og avvik fra ruteplan. Fossilfri skifting og fremføring vil gi en mer bærekraftig tjeneste.	Elektrisk fremdrift øker akselerasjon og evne til å holde hastighet i stigning, og legger til rette for bedre utnyttelse av hovedspor og kryssingsspor.	Elektrifisering og batteriteknologi er en forutsetning for en lang rekke nye tjenester innenfor eksempel konnektivitet og tilbydertjenester.
Konnektivitet	Vil gi bedre styring av tog, transportkjeder og distribusjon. Trafikkstyring og terminalstyring blir viktige effektiviserings-effekter.	Deling av digitale data mellom aktørene, med blant annet overvåking av last og lastesystemer gir mindre feil og hever kvaliteten.	Færre manuelle rutiner fører til raskere operasjoner og en bedre kapasitetsutnyttelse.	Konnektivitetsbaserte tjenester som overvåking av last, lastbærer, vogner og materielle gir mulighet for å tilby kunder sanntidstjenester om lokasjon, temperatur, pinposisjoner etc.
Digitalisering	Vil være en forutsetning for å kunne tilby transparente, pålitelige og effektive logistikk-løsninger i alle ledd.	Måten gods håndteres og spores på ved hjelp av digitale løsninger hever kvaliteten betydelig og er i ferd med å revolusjonere bransjen.	Økende digitalisering på jernbanen gir muligheter for sømløs harmonisering mellom flere transport-former, vil gi økt kapasitet, større fleksibilitet og en betydelig bedre flyt.	Digitalisering (lagring, sikkerhet og kontrollert deling, mm) er en forutsetning for en lang rekke nye tjenester innen godstransport på jernbane, som sanntidsinformasjon til kunder og kontrollert tilgang til nye typer data samlet inn av delt infrastruktur.

## 2.5 Drøfting med togoperatørene

Det ble avholdt konsultasjon med togoperatørene CargoNet, OnRail, Grenland Rail og BLS Rail den 30. mai 2025. Togoperatørene fikk anledning til å peke på behov og utfordringer de møter i daglig drift og hvilke ønsker de har for utvikling av teknologi og innovasjon. Oppsummeringen av innspillene er gjengitt nedenfor i dette avsnittet. De fikk også kommentere på tidlige resultater av den multidimensjonale analysen, og disse i innspillene er tatt med i de endelige vurderingene av den multidimensjonale analysen.

I korte trekk etterlyser togoperatørene tiltak som på kort sikt kan redusere kostnader, forbedre effektiviteten og øke forutsigbarheten i sportilgang. På litt lengre sikt peker de på behovet for strategisk satsing på digitale løsninger og tilstandsbasert vedlikehold. De ønsker mer brukerstyrt innovasjon og tettere samarbeid mellom aktørene i bransjen.

Togoperatørene uttrykker bekymring for at store offentlige innovasjonsprosjekter, som DAC og ERTMS, på kort sikt kan påføre dem betydelige kostnader uten tilsvarende gevinster. Det er et ønske om mer støtte til mindre, bransjedrevne innovasjonsprosjekter, og en enighet blant operatørene om at summen av mange små tiltak kan være like effektiv som store nasjonale eller europeiske prosjekter.

Togoperatørene etterlyser tettere samarbeid mellom aktørene i bransjen og med kundene for å utnytte tilgjengelige ressurser bedre. Manglende lønnsomhet og begrenset innovasjonskapasitet gjør samarbeid enda viktigere.

Togoperatørene opplever store utfordringer med forutsigbarhet i sportilgang. Bedre utnyttelse av teknologi og innovative løsninger kan bidra til å forbedre dette. Dagens verktøy for planlegging, som ARBIS<sup>2</sup>, oppleves som utilstrekkelige og tidkrevende. Operatørene bruker betydelige ressurser (20–25 årsverk per selskap) på å koordinere sportilgang og planlegging, noe som kunne vært effektivisert med bedre programvare og prosesser. De etterlyser derfor bedre planleggingsverktøy for skifteaktiviteter og sportilgang, og tettere dialog med Bane NOR om sportilgang og muligheter for å utnytte ledig kapasitet mer effektivt.

Togoperatørene støtter prioriteringen av teknologier som kan redusere kostnader og forbedre effektiviteten. Tilstandsbasert vedlikehold for å redusere slitasje og vedlikeholdskostnader trekkes frem som viktig, sammen med spornær overvåkning (TrainGate) og sensorer om bord i kjøretøy, for å samle inn data om både vogner og infrastruktur. Operatørene ønsker at Bane NOR eller andre aktører tar ansvar for å analysere innsamlede data og dele funn og algoritmer med bransjen. Det er et ønske om en felles digital plattform for godstransport, inkludert RFID-lesing for presis sporlokalisering på terminaler. Etter operatørenes oppfatning er ikke GPS alene tilstrekkelig presis for dette formålet.

Kombitog er mer komplekse og har større konkurranseflate mot veitransport. Togoperatørene opplever høyere risiko fordi de selv må fylle togene, i motsetning til Sverige, hvor samlastere ofte kjøper hele tog. De støtter derfor strategiarbeidets fokus på kombitransport. Systemtog og industritog, som malmtog, har enklere og mer forutsigbare driftsmodeller.

## 2.6 Oppsummering av utfordringsbildet

Godstransport med jernbane står overfor følgende utfordringsbilde:

1. Jernbanen må øke effektiviteten
2. Jernbanen må øke kvaliteten
3. Jernbanen må øke kapasiteten

---

<sup>2</sup> ARBIS er Bane NORs system for oversikt over planer for arbeid i spor, samt banetekniske planforutsetninger, og skal tjene som et verktøy både for jernbaneforetakenes og Bane NORs arbeid med egne ruteplaner.

#### 4. Jernbanen må utvikle nye tilbud og tjenester

Utfordringene kan grupperes på følgende objekter/tema: Linjen, terminal, kjøretøy, lastbærer, sømløse transporter, drift og vedlikehold, digitale systemer og generelle tema.

Gjennomgående knytter utfordringsbildet seg til:

- Manuelle arbeidsprosesser som tar mye tid og utsetter personell for større risiko.
- Dårlig utnyttelse av knappe areal og sporressurser.
- Materiell som utsettes for tøffe påkjenninger og slitasje med behov for verkstedtjenester som overstiger tilbudet/kapasiteten.
- Toglengder og togvekt begrenses av infrastruktur (kurvatur, kryssingsspor etc.) og kjøretøy (trekkraft mm).
- Behov for mer sømløse dør-til-dør-løsning.
- Behov for flere, mer gjennomgående og sikre digitale løsninger, og økt elektrifisering.
- Særnorske forhold som nordisk/arktisk klima og strukturer i bransjen.

## 3 Teknologier

I dette kapitlet presenteres de teknologier som er drøftet i arbeidet med dette prosjektet. Listen over teknologier utarbeidet med utgangspunkt i et tankekart gjengitt i vedlegg 2.9.2 Hensikten er å gi leserne en forståelse av teknologien, blant annet ved å beskrive problemet den skal løse, hvilke komponenter den består av og i noen tilfeller ved å inkludere et illustrerende bilde.

Teknologiene er gruppert i fem hovedkategorier:

- *Automasjon*
- *Materialteknologi*
- *Elektrifisering*
- *Konnektivitet*
- *Digitalisering*

For hver teknologi er det en overordnet beskrivelse av funksjonalitet, nyttevirkninger, kostnader, risiko og realiserbarhet, med fokus på hvordan de kan bidra til å styrke jernbanens konkurransevne og bærekraft i et langsiktig perspektiv. Kapitlet belyser også hvordan teknologiene kan tilpasses norske forhold og tilpasses i eksisterende infrastruktur og operasjoner der dette er relevant. Mer presise og konkrete vurderinger av blant annet kostnader, realiserbarhet etc., der dette har vært tilgjengelig, beskrives i kapittel 4 og 5

### 3.1 Automasjon

#### 3.1.1 A1 – DAC (Digital Automatisk Kobling)

DAC er en automatisk kobling som erstatter dagens manuelle system for å koble godsvogner sammen. Den gir også luft, strøm og datakommunikasjon mellom vognene, noe som blant annet muliggjør sanntidsovervåking og videre automatisering. Dette gjør godstog mer effektive, sikrere og konkurransedyktige (Rail Sweden, 2025) (Dellner, 2025).

**Motivasjon:** Dagens godsvogner kobles manuelt med en tidkrevende og risikofylt prosess. Digital Automatisk Kobling (DAC) skal automatisere denne prosessen, og inkluderer koblinger for data og strøm, samt en sentral dataenhet i hver vogn noe som gir mulighet for sanntidsdata fra sensorer om bord, f.eks. for overvåking av bremses eller last, og blir også en plattform for videre automatisering og digitalisering av godstog. Målet er å øke jernbanens konkurransevne mot veitransport ved å redusere arbeidstid og øke effektivitet – og på den måten bidra til å nå klimamålene innen transport.

**Realiserbarhet:** Teknologien er under utvikling i EU, og standardiseringsarbeid pågår (Europe's Rail, 2025). DAC er blant annet testet på flere hundre vogner og en del lokomotiver hos SBB Cargo (Voith, 2025). Full implementering i Europa forventes påbegynt tidligst i 2029 og erfaringsvis noen år senere i Norge. Dette vil kreve europeisk koordinering og betydelige investeringer. Det er nødvendig med ombygging av nesten hele vognparken og tilpasning av terminaler, verksteder og stasjoner.

**Nyttevirkninger:** DAC gir betydelige effektiviseringsgevinster, blant annet 50 % raskere togformering (testet av SBB Cargo og Voith. Teknologien fungerer som plattform for mange nye sensorer og funksjoner, og gir potensial for reduserte kostnader og økt sikkerhet.



Figur 3-1. Digital Automatisk Kobling for godslokomotiv og -vogner. Foto: Voith(2024)

Kostnadsreduksjon på opptil 30 % på europeisk nivå er nevnt, men nytten er vanskelig å kvantifisere for Norge alene.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever store investeringer fra både offentlige og private aktører. Kostnadene er estimert til 4–5 mrd. NOK i Norge. Risikoen knyttes til manglende koordinering, finansiering og teknisk feil. Det er også utfordringer knyttet til opplæring av personell og tilpasning av eksisterende infrastruktur.

**Implementeringsplaner:** DAC er under utredning. Endelig beslutning om implementering i Europa forventes fattet i 2027-2028. Norge deltar i dette felleseuropeiske prosjektet. Det vil være svært krevende for Norge å velge å stå utenfor, hvis resten av Europa implementerer felles DAC-standard.

### 3.1.2 A2 – Automated Train Operations (ATO)

ATO gjør det mulig for tog å kjøre automatisk, med varierende grad av manuell overvåkning. Lokomotiver utstyres med sensorer og mulighet for fjernstyring, eller med teknologi som gjør lokomotivet autonomt/selvkjørende. Teknologien skal gi bedre punktlighet, økt kapasitet og reduserer behovet for manuell arbeidskraft. Den brukes allerede på metroer i Europa (OTIV, 2024).

ATO kategoriseres i flere nivåer (GoA<sup>3</sup>), som beskrevet i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Nivå av automasjon (GoA) nivåer for ATO. Kilde:(ERTMS Users group, 2025)

GoA	Beskrivelse	Eksempler
GoA 0	Fullt manuell styring – ingen automatisering. Fører styrer alt.	Tradisjonelt persontog og godstog.
GoA 1 <sup>4</sup>	Manuell styring med automatisk beskyttelse (ATP). Fører styrer, men får hjelp.	Systemer med hastighetskontroll og signalthjelp.
GoA 2	Semiautomatisk drift (STO). Toget akselererer, bremses og stopper automatisk, men fører er om bord for å håndtere dører og nødtilfeller.	Metroer som Londons Victoria line.
GoA 3	Førerløs drift (DTO). Toget kjører automatisk, men det er personell om bord for å håndtere nødtilfeller.	Docklands Light Railway.
GoA 4	Ubetjent drift (UTO). Toget kjører fullstendig automatisk uten personell om bord.	Metroer som København Metro, Singapore MRT.

Som det fremgår av tabellen er ATO i bruk på metroer i Europa, men er i liten grad implementert på europeisk jernbane.

**Motivasjon:** ATO automatiserer funksjoner som akselerasjon, bremsing, stopp ved plattform og dørhåndtering, basert på signaldata. Dette kan redusere behovet for manuell arbeidskraft, løse utfordringer med mangel på lokførere, samt gi lavere energikostnader og økt kapasitet. Målet er å gjøre godstog mer punktlig, effektive og sikre. ATO i Norge er utredet i en egen konseptvalgutredning(Jernbanedirektoratet, Bane NOR, 2023).

<sup>3</sup> Grade of Automation

<sup>4</sup> GoA 1 Manuell styring hvor fører får noe hjelp er realisert på store deler av det norske jernbanenettet per i dag.

**Realiserbarhet:** GoA 2 vurderes som en moden og gjennomførbar løsning i kombinasjon med ERTMS nivå 2 eller hybrid nivå 3, og kan innføres uten store strukturelle endringer i infrastruktur eller sikkerhetsregime. Det finnes eksempler på bruk, blant annet Südostbahn (SOB) Switzerland (Rail Systems Engineering, 2025).

Implementering av GoA 3 – GoA 4 for gods forutsetter blant annet ERTMS<sup>5</sup> og FRMCS<sup>6</sup> og vil trolig kreve pilotprosjekter i lukkede områder før det er aktuelt på åpne linjenett. Det kreves utvikling av togutstyr, organisatorisk endring, opplæring og sikkerhetssertifisering. Regulatoriske rammer fra EU og norske myndigheter må også være på plass. GoA 3 – GoA 4 er fortsatt på et lavt modenhetsnivå, og ERA<sup>7</sup> har ikke ferdigstilt kravene for interoperabilitet i blandet trafikk. Implementering av GoA 3 - GoA4 er ikke realistisk i neste NTP-periode.

**Nyttevirksomheter:** ATO gir potensial for reduserte lønnskostnader, optimalisert traksjonskontroll, økt punktlighet, bedre kapasitet og høyere sikkerhet. Simuleringer viser at ATO kan gi 15–20 prosent høyere kapasitet på norske strekninger. Gevinsten er størst ved full autonom drift (GoA 4), men det er usikkert om dette blir aktuelt for godstog i Norge. Nyttevirkningen avhenger av GoA-nivå:

Tabell 3-2. Effekter GoA 2 vs GoA 3 - GoA 4

GoA 2	GoA 3 – GoA 4
<b>Automatisk togfremføring med fører om bord</b>	<b>Førerløse og helautomatiserte godstog</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedre punktlighet og redusert energibruk gjennom standardisert kjøring</li> <li>- Redusert slitasje på materiell og infrastruktur</li> <li>- Effektivisering ved kryssinger og gjennom terminalområder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduserte operasjonelle kostnader og eliminering av bemanningslogistikk</li> <li>- Økt frekvens og fleksibilitet, spesielt på lukkede terminal- og driftsbanegårder</li> <li>- Større krav til teknologisk modenhet og sikkerhetsinfrastruktur, inkludert: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Hinderdeteksjon (f.eks. radar, lidar)</li> <li>o Fjernstyring</li> <li>o Sikring av planoverganger og inngjerding</li> </ul> </li> </ul>

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever betydelige investeringer i togutstyr, sensorer og styringssystemer. Det kan også være betydelige kostnader knyttet til områdesikringstiltak i infrastruktur, som f.eks. gjerder og plattformdører på stasjoner for GoA 3 – GoA 4. Det er risiko for teknisk feil og behov for å tilpasse eksisterende infrastruktur. Kostnadsbesparelser kan være begrenset, og gevinsten er usikker.

**Implementeringsplaner:** Det er foreløpig ingen planer om å pålegge implementering av ATO, men kan bli det i fremtiden, særlig for persontog.

### 3.1.3 A3 – Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) – Inkl skifteplanleggingsverktøy

ASO automatiserer skifting av vogner på terminaler ved hjelp av roboter eller fjernstyring. Dette reduserer behovet manuell arbeidskraft og øker sikkerheten, samt gir raskere og mer effektiv

<sup>5</sup> European Rail Traffic Management System (ERTMS), Level 2, baseline 4

<sup>6</sup> Future Railway Mobile Communication System (FRMCS)

<sup>7</sup> European Union Agency for Railways

drift. Et skifteplanleggingsverktøy hjelper til med å optimalisere flyten på terminalen (LINEAS, ALSTOM, ProRail, 2023).

**Motivasjon:** Motivasjonen for ASO er å automatisere skifting på terminaler, redusere arbeidskraftkostnader, effektivisere skifteprosessen og fjerne personell fra farlige situasjoner. Dette gir økt sikkerhet og mulighet for døgkontinuerlig drift. Dette kan oppnås gjennom ASO i kombinasjon med et skifteplanleggingsverktøy som optimaliserer skiftebevegelsene på en terminal. Som for ATO er det ulike nivåer av automatisering (GoA 1 til 4) hvor full automatisering (GoA SO 4) betyr at all skifting utføres uten personell.

**Realiserbarhet:** ASO forutsetter innføring av DAC, sikringsanlegg, planleggingsverktøy og kommunikasjonssystemer. ERTMS og DAC forventes innført innen 2035, gitt at det fattes beslutning om dette i EU. Teknologien er nærmere realisering enn ATO generelt. Det foreligger en utredning om mulig pilotering av ASO (Jernbanedirektoratet, 2020).

**Nyttevirksomheter:** ASO gir mulighet for døgkontinuerlig skiftevirksomhet, mer effektive og optimaliserte skifteoperasjoner, bedre utnyttelse av terminalkapasitet, redusert behov for skiftemateriell og betydelige reduksjoner i arbeidskraftkostnader. Virkningen er størst på store terminaler som Alnabru.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever store investeringer i sikringsanlegg, overvåking, kommunikasjon og styresystemer. Risiko knyttes til systemfeil, mekaniske feil og sikkerhet. Kostnadene er betydelige, særlig for terminaler uten eksisterende sikringsanlegg.

### 3.1.4 A4 – Automatisk terminalutstyr – Løftemateriell

Dette innebærer at kraner og reach stackere på terminaler fungerer autonomt og flytter på lastbærere på egenhånd, med en form for overvåking. Bestilling av flytting av lastbærer kan enten gis manuelt eller fra et optimaliserende laste/losseplanleggingsverktøy. Teknologien gir raskere og mer presis håndtering av containere og vogner, samt redusert behov for personell.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å effektivisere løfteprosesser, redusere personalkostnader og unngå skader.

**Realiserbarhet:** Teknologien er allerede i drift blant annet på havner. For eksempel er kranene ved Oslo havn operert av operatører som jobber i et kontrollrom. Kranene på Alnabru er tilrettelagt for autonom styring. Områdesikring og regulatoriske godkjenninger er store hindringer, men implementering forventes å kunne skje relativt raskt.

**Nyttevirksomheter:** Automatiserte løftesystemer gir raskere og mer presis håndtering av containere og vogner, økt kapasitet, utvidet driftstid og forbedret sikkerhet. Effektiviseringen er størst på store terminaler.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i løftemateriell, områdesikring og sertifisering. Risiko knyttes til systemfeil, mekaniske feil og sikkerhet. Kostnadene er moderate.

### 3.1.5 A5 – Automatisk terminalutstyr – Containerlager



Figur 3-2. Kontrollrom for kraner på Alnabru. Foto: Sam Pawar

Containerlager lagrer containere automatisk i høye hyller, og robotkraner henter og leverer dem når det trengs. Dette gir høyere kapasitet per areal og minimalt behov for manuell håndtering (Konecranes, 2025).



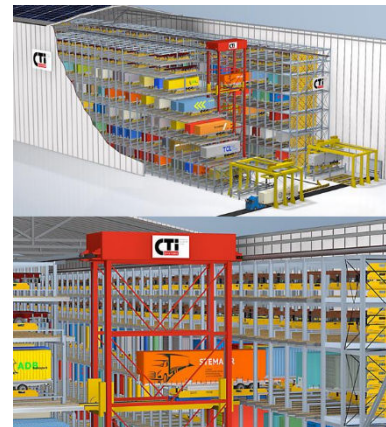
Figur 3-3. Automatisert høylager for containere BoxBay - DP World. Illustrasjon: SMS group GmbH

**Motivasjon:** Motivasjonen er å øke depotkapasiteten på terminalområder, effektivisere flyten av containere, redusere personalkostnader og unngå skader ved å automatisere lagring og håndtering.

**Realiserbarhet:** Teknologien finnes i prototyper av flere leverandører, f.eks. av BoxBay av DP World, High Bay av Kone Cranes, Container Logistics Solution Concept av Vollert. (Kone Cranes) (MitchHawkins, 2025), men er ikke kommersielt tilgjengelig i stor skala. Implementering forventes å kunne skje raskt, men kostnader og behov for standardisering er utfordringer.

**Nyttevirkinger:** Automatiserte containerlagre gir høyere kapasitetsutnyttelse per areal, rask og behovsstyrt tilgang til containere, og minimalt behov for manuell håndtering. Dette gir økt effektivitet og sikkerhet.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i infrastruktur og terminalrobotikk. Risiko knyttes til systemfeil og mekaniske feil, samt norske vinterforhold. I tillegg er det en betydelig planrisiko ift. at det vil være en stor og høy konstruksjon. Kostnadene er betydelige.



Figur 3-4. Automatisert lager for både containere og semitraller. Kilde: CTI Systems(2025)

### 3.1.6 A6 – Automatisk terminalutstyr – Terminaltraktorer

Terminaltraktorer brukes til å transportere containere internt på et terminalområde, for eksempel mellom kraner og containerdepot. Med autonome terminaltraktorer kan dette utføres uten sjåfør (Port Technology Team, 2023).

**Motivasjon:** Motivasjonen er å effektivisere interne forflytninger av containere og semitrailere på terminaler, redusere personalkostnader og unngå skader.

**Realiserbarhet:** Teknologien finnes, og autonome terminaltraktorer er i bruk flere steder i verden. Områdesikring og regulatoriske godkjenninger er store hindringer. Implementering forventes å kunne skje raskt, men det er utfordringer knyttet til vinterklima og samarbeid mellom flere terminaloperatører.

**Nyttevirksomheter:** Automatiserte terminaltraktorer gir rask, kontinuerlig og forutsigbar transport av containere mellom kai og jernbaneterminal, økt driftstid og kapasitet, samt redusert risiko for ulykker.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i terminaltraktorer og områdesikring. Risiko knyttes til systemfeil, mekaniske feil og sikkerhet. Kostnadene er moderate.



Figur 3-5. Eksempel på autonom terminaltraktor (Q-Truck - Westwell)

### 3.1.7 A7 – Automatisk terminalutstyr – Innkjøringsporter

GOS (Gate Operasjon system) er et system for automatisk registrering og kontroll av kjøretøy og containere som kommer inn og ut av terminalen. Dette gir bedre kontroll og effektivisering av godshåndtering.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å effektivisere og automatisere prosessen med å skanne kjøretøy og lastbærere inn og ut av terminalen fra veiside, og gi totaloversikt over hva som kommer inn i og går ut av jernbanesystemet. Dette sikrer at gods som er inne på terminalen faktisk skal transporteres med tog, og gir bedre kontroll og planlegging.

**Realiserbarhet:** Teknologien finnes og er allerede i bruk. GOS-systemer forventes å være på alle kombiterminaler innen 2–3 år.

**Nyttevirksomheter:** GOS gir effektivisering, bedre kontroll, mulighet for tjenesteforbedring til vareeier (sporing av container), og bedre forutsetninger for planlegging av tiltak og drift.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i gatesystemer og datagrensesnitt. Risikoen er organisatorisk og knyttes til samarbeid mellom aktører. Kostnadene er moderate.



Figur 3-6. GOS portaler på Alnabru (Foto: Sam Pawar)

### 3.1.8 A8 – Automatisk terminalutstyr – Distribusjonsbiler

Selvkjørende lastebiler brukes til å flytte containere og semitrailere mellom terminaler og kunder i omlandet til terminalen. Teknologien er i stor grad lik A6, men A8 er mer utfordrende fordi den skal fungere i et offentlig vegnett med blandet trafikk som setter langt høyere krav til sikkerhet enn inne på et lukket område.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å automatisere kortdistansefordeling (last mile) mellom terminaler, godsterminaler og samlastere ved hjelp av selvkjørende lastebiler. Dette løser utfordringer knyttet til mangel på sjåførere, ineffektiv terminalhåndtering og høye driftskostnader.

**Realiserbarhet:** Teknologien er under utvikling, og implementeringshorisonten er ikke innenfor neste NTP-periode. Det kreves regulatoriske godkjenninger, teknisk infrastruktur og integrasjon med TOS/GOS.

**Nyttevirksomheter:** Autonome distribusjonsbiler antas å gi høyere kapasitet, færre menneskelige feil, bedre forutsigbarhet i leveringstider, mer pålitelig logistikk og redusert trafikk og forurensning rundt terminaler.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever store investeringer i sensorer, styringssystemer og integrasjon. Konsekvensen av feil på teknologien som skal styre autonome lastebiler i blandet trafikk er store, og teknologien er ikke moden for kommersiell bruk.

### 3.1.9 A9 – Automatisk terminalutstyr – Fjerning av snø/is

Snø og is legger seg både i spor, på lastegater, på veier og i/på kjøretøy. Fjerning av dette kan være tid- og ressurskrevende, avhengig av forholdene. Særlig krevende er det å fjerne snø og is som pakker seg på og i godsvogner. Dagens maskinelle løsninger er ineffektive, og det påføres hyppig skader på vogner mm. Løsninger for fjerning av snø og is kan være autonomt terminalutstyr for dette formålet.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å automatisere fjerning av snø og is fra kjøretøy, slik at man unngår manuelt arbeid og reduserer slitasje/ødeleggelse av vogner. Dette er spesielt aktuelt i norsk vinterklima.

**Realiserbarhet:** Dagens løsninger er manuelle, dyre og ressurskrevende. Optimal løsning er ukjent og må utforskes nærmere. Teknologien er under utvikling.

**Nyttevirksomheter:** Automatisert snø- og isfjerning gir økt driftssikkerhet, punktlighet, raskere terminalprosess, redusert manuelt arbeid og lavere HMS-risiko. Dette gjør jernbanen mer pålitelig i vinterdrift.



Figur 3-7. Fjerning av snø og is fra godsvogn for semitraller. Foto: Sam Pawar

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever utvikling av ny teknologi. Risikoen er moderat, og kostnadene er ukjente.

### 3.1.10 A10 – Automatisk terminalutstyr – Lastesikringsutstyr

Lastbærere som containere og semitrailere sikres i godsvognene ved hjelp av lastsikringsutstyr. Dette er blant annet mekaniske pigger i ulike mønstre avhenger av containerstørrelse og kingpin, som låser semitrailer til godsvognene. Innstilling, og låsing/frigjøring av lastsikringsutstyret gjøres manuelt og er tid- og ressurskrevende. Det finnes også løsninger som leverer strøm, data og luft via kingpinlåsen (Krone, 2025).



Figur 3-8. Teknologi for automatisk pinposisjonering på lastebilchassis kan også overføres til jernbanevogner. Kilde: Krone(2025)

**Motivasjon:** Motivasjonen er å automatisere sikring av semitrailere og containere (kingpin-lås, containerlåser) for å redusere tidsbruk, kostnader, risiko for feil, forskyvninger og skader under transport., samt muligjøre autonome løfteoperasjoner.

**Realiserbarhet:** Teknologien finnes og kan innføres trinnvis, støttet av digital infrastruktur og sikkerhetskrav. Utfordringer knyttes til manglende standarder, kostnader og behov for materielltilpasning.

**Nyttevirksomheter:** Automatisert lastesikring gir redusert risiko for godsskader, raskere og mer presis terminalprosess, og bedre kvalitet og sikkerhet i leveransen.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i lastesikringsutstyr og tilpasning av materiell. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.1.11 A11 – Automatisk lesing av Lastbærer-ID

Eiere av lastbærere merker disse med delvis standardiserte identifikatorer. Dette kan være visuelt lesbare ID i form av bokstaver og tall. Lastbærere kan også utstyres med såkalt RFID, QR-koder etc., som gjør det mulig å lese av ID ved hjelp av henholdsvis radiobaserte RFID-lesere eller digitale kamera. Per i dag registreres ID gjennom manuelle prosesser. Ved å sette opp kamera og/eller RFID-lesere på terminalene kan alle lastbærer ID registreres automatisk ved både ankomst og avgang, eller ved passering av andre steder på terminalen.



Figur 3-9. Automatisk avlesning av lastbærer-ID ved bruk av RFID, OCR etc. Illustrasjon: KI-generert

**Motivasjon:** Motivasjonen er å automatisere identifisering og datafangst av lastbærere ved hjelp av OCR, RFID, QR-koder og visuell AI. Dette reduserer manuell registrering, feil i containeridentifikasjon og ineffektiv dokumentasjon.

**Realiserbarhet:** Teknologien finnes og er allerede i bruk på havner og terminaler. OCR-lesere er i drift flere steder.

**Nyttevirksomheter:** Automatisert ID-lesing gir mindre feil i avlesingen. Videre gir automatisk registrering og lagring av lastbærerID ved terminalene sikker informasjon om lokaliseringen av lastbæreren. Automatisk registrering av lastbærerID sammen med andre sensordata som bilder av lastbærer og lastsikringsutstyr gir informasjon om tilstanden på lastbærerne hvilket tog den er på og om den er/var sikret korrekt på godsvogn osv. Dette er informasjon som kan tilbys i sanntid til kunder, og som gir økt verdi for både togoperatører, lastbærereier og vareeier. Det kan også forenkle skadeoppgjør og ansvarsspørsmål.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon med TOS/WMS-systemer. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.1.12 A12 – Automatisering av drift og vedlikehold

Sensorer og dataløsninger brukes til å overvåke og vedlikeholde både kjøretøy og infrastruktur. Dette gir optimalisert vedlikehold og reduserte kostnader.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å automatisere tilstandsbasert og prediktivt vedlikehold av kjøretøy og infrastruktur på terminaler, samt effektivisere verkstedsoperasjoner og snø-/isrydding.

**Realiserbarhet:** Full automatisering er urealistisk i hele godskjeden, men på utvalgte områder er det fullt mulig og allerede gjennomførbart. Hovedutfordringer er investeringer, standardisering og datasamarbeid.

**Nyttevirksomheter:** Automatisering gir mulighet for prediktiv og optimalisert vedlikeholds syklus, reduserte vedlikeholdskostnader, bedre informasjonsflyt og samhandling, samt gradvis forbedring av tjenestekvalitet.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer, dataløsninger og samarbeid mellom aktører. Risikoen er moderat, og kostnadene er moderate.

## 3.2 Materialteknologi

### 3.2.1 M1 – Materialkataloger for jernbane

Dette er digitale kataloger som gir oversikt over alle materialer i et system, slik som en godsvogn. Det gjør det enklere å gjenvinne og dokumentere materialer. Norske Tog er allerede i gang med et prosjekt for gjenvinning av materialer fra persontog (Norske Tog, 2025). Det er behov for et tilsvarende arbeid for godstog, som kan bidra til bedre materialgjenvinning fra de fleste godsvogntyper som benyttes i Norge. Dette vil være til nytte for alle togoperatører som eier godsvogner.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å forbedre gjenvinnbarhet og dokumentasjon av materialer som inngår i produktet/systemet, slik at det blir enklere å gjenvinne og bruke materialer på nytt.

**Realiserbarhet:** Teknologien bør utvikles på europeisk nivå, og det bør være relativt enkelt å implementere. AI kan brukes til å finne nye anvendelser for materialer.

**Nyttevirksomheter:** 3D-kataloger gir reduserte livsløpskostnader gjennom høyere grad av gjenvinning og bedre dokumentasjon.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever samarbeid og standardisering. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.2.2 M2 – Lokal gjenvinning av materialer

Materialer som brukes i jernbanedeler kan males opp eller smeltes og gjenbrukes lokalt. Dette reduserer avfall og gir bærekraftige løsninger.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å muliggjøre lokal gjenvinning av materialer, for eksempel ved 3D-printing, slik at materialer kan smeltes tilbake og brukes på nytt.

**Realiserbarhet:** Teknologien forventes utviklet på europeisk nivå, og det bør være relativt enkelt å implementere. AI kan brukes til å finne nye anvendelser for materialer.

**Nyttevirksomheter:** Lokal gjenvinning gir reduserte livsløpskostnader gjennom høyere grad av gjenvinning.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever samarbeid og standardisering. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.2.3 M3 – 3D-printing av deler

Sjeldne eller utgåtte deler kan produseres ved hjelp av 3D-printer. Dette gir raskere reparasjon og reduserer behovet for lagerføring.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å muliggjøre produksjon av sjeldne eller utgåtte deler ved hjelp av 3D-printing, slik at man kan unngå lagerføring og raskt løse oppdøkkende problemer.

**Realiserbarhet:** 3D-printing er tilgjengelig teknologi, og CNC-teknologi er også moden. Det er betydelig forbedring i råmaterialer og tilgjengelighet av modeller.

**Nyttevirksomheter:** 3D-printing gir raskere reparasjon, tilgang til utgåtte deler, forlenget levetid og reduserte kostnader til lagerføring.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever tilgang til tegninger og modeller. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.



Figur 3-10. 3D-printing av komponenter til jernbane. Kilde: Alstom(2023)

### 3.2.4 M4 – Lastbærere i andre materialer (kompositt)

Containere, vognkasser og lignende komponenter kan lages i komposittmaterialer istedenfor stål. Dette gir lavere vekt, slik at mer nyttelast kan fraktes på hvert tog (Chambers, 2023).

**Motivasjon:** Motivasjonen er å redusere vekten på lastbærere (for eksempel containere) ved å bruke komposittmaterialer istedenfor stål, slik at man kan frakte mer nyttelast.

**Realiserbarhet:** Kompositt kan redusere containervekten fra ca. 3,4 tonn til ca. 750 kg, men det er uavklart hvor godt materialene tåler arktiske forhold og røff behandling. Testprosjekter pågår.

**Nyttevirksomheter:** Lette containere gir større andel nyttelast, redusert slitasje og dermed lavere driftskostnader/energibehov.

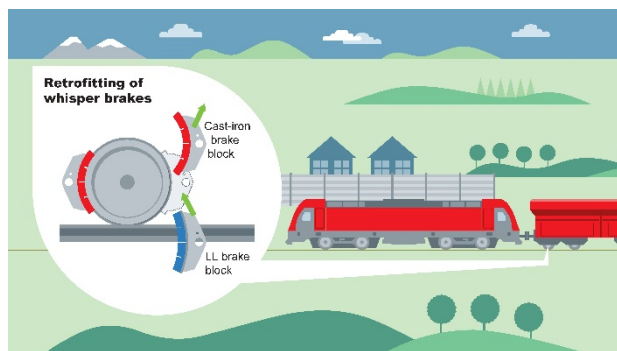
**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i nye lastbærere. Kostnadene er betydelig høyere enn for konvensjonelle containere.



Figur 3-11. Lastbærer i kompositt. Kilde: AELER(2025)

### 3.2.5 M5 – Støysvake bremses for nordiske vinterforhold

Konvensjonelle bremseklosser i jern på godsvogner fører til ujevn slitasje på hjulets profil, noe som danner riller og ujevnheter. Dette påvirker hjul/skinne kontakten og skaper uforholdsmessig mye støy. Det er utviklet bremseklosser i andre materialer som fører til mye jevnere slitasje, noe som kan føre til en reduksjon på opp til hele 10dB (tilsvarende halvering i opplevd støy). (Deutschebahn, 2025). Bremsefunksjonen til disse nye bremseklossene har imidlertid vist seg å ikke være tilfredsstillende i nordiske vinterforhold, og det er gitt midlertidig unntak fra krav om støysvake bremsere i Finland, Sverige og Norge frem til 31.12.2032. Om vinteren brukes det derfor konvensjonelle bremseklosser i disse landene. Det er uklart om dispensasjonen vil bli forlenget når den går ut. Det er behov for å utvikle støysvake bremseklosser som kan gjøres kommersielt tilgjengelig til en overkommelig pris for togoperatørene. I tillegg har det dukket opp bekymringer rundt tidlig sprekkdannelse i hjulet hvor f.eks. Swiss Transportation Safety Investigation Board (STSIB) har midlertidig gitt forbud for bruk av støysvake bremseklosser av sikkerhetsmessige årsaker (Kirchner, 2025).



Figur 3-12. Støysvake bremsere. Kilde: DB Cargo (2025)

**Motivasjon:** Motivasjonen er å redusere støy fra godstog, spesielt i bynære områder med støyrestriksjoner, og å forbedre samfunnsaksept for godstrafikk.

**Realiserbarhet:** Støysvake bremsere kan redusere støy, men krever teknologitilpasning for å fungere pålitelig i nordisk vinterklima med snø og is. Videre utvikling og testing er nødvendig.

**Nyttevirksomheter:** Støysvake bremsere gir lavere støynivå, redusert behov for støyskjermer og bedre samfunnsaksept.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever utvikling og godkjenning av nye bremsere. Kostnadene er betydelig høyere enn for konvensjonelle bremseklosser.

### 3.2.6 M6 – Støydempende overbygning

Komposittvillor og andre løsninger i sporet demper støy fra godstog. Dette gir lavere støynivå og mindre behov for støyskjermer

**Motivasjon:** Motivasjonen er å redusere støy fra godstog ved å bruke komposittvillor, padding og andre støydempende løsninger i sporet.

**Realiserbarhet:** Teknologien finnes, men krever store investeringer i infrastruktur. Støydemping er spesielt relevant i støyuutsatte områder.

**Nyttevirksomheter:** Støydempende overbygning gir lavere strukturlyd, mindre støy i boligområder, redusert sporslitasje og mindre behov for vedlikehold.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever store investeringer i infrastruktur. Risikoen er lav, og kostnadene er høye.

### 3.2.7 M7 – Bedre materialer i halvlederkomponenter

Kjeden som fører strømmen fra omformerstasjoner langs sporet, via kontaktledning og pantograf til lokomotivet har mange strømteper gjennom kjeden. Avanserte halvledermaterialer gir mindre energitap i kraftoverføringen mellom omformerstasjoner og elmotor i lokomotivet. Dette gir lavere energibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp.

**Motivasjon:** Motivasjonen er å redusere effekttap i omformerstasjoner og fremdriftssystemer, slik at energiforbruket til eltog reduseres.

**Realiserbarhet:** Silisiumkarbid og andre avanserte materialer gir økt energieffektivitet, men krever investering i infrastruktur og materiell.

**Nyttevirksomheter:** Bedre materialer gir lavere energitap, reduserte kostnader og CO<sub>2</sub>-utslipp, samt lettere og mer kompakte installasjoner.

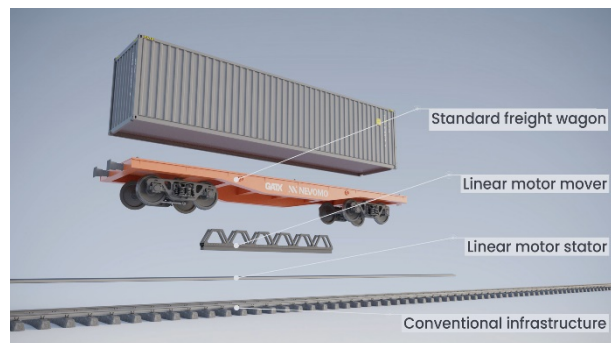
**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i infrastruktur og materiell. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.3 Elektrifisering

#### 3.3.1 E1 – Vogner med egen fremdrift

Togvogner flyttes primært ved hjelp av lokomotiver. Dette skaper behov for lokomotiv inne på terminalene og for å bringe de ut på industrispor. Langs hovedlinja kan det oppstå behov for ekstra lokomotiv/trekkraft i særskilt bratte bakker, slik som Tistedalsbakken på Østfoldbanen. Ved å utstyres vogner med egen fremdrift kan de bevege seg selvstendig på terminaler og industrispor, og bidra til togets fremdrift i bratte bakker mm. Dette reduserer behovet for ekstra lokomotiver under fremføring, behovet for skiftelokomotiver og gir mer fleksibel drift.

**Motivasjon:** Løse problemet med behov for ekstra lokomotiver for økt trekkraft, skifting, sammensetting av togstammer og for å øke fleksibiliteten i godstransporten. Teknologien muliggjør at enkeltvogner eller vognsett kan bevege seg selvstendig på terminaler og industrispor, noe som reduserer behovet for manuell arbeidskraft og skiftelokomotiver. Dette gir økt effektivitet, mindre behov for ekstra lokomotiv og mulighet for økt togvekt under fremføring.



Figur 3-13. MagRail Booster muliggjør selvkjørende godsvogner. Kilde: Nevomo (2025)

**Realiserbarhet:** Teknologien er under utvikling og testing på flere steder i Europa, men er ikke moden for kommersiell bruk i stor skala. Implementeringshorisonten er ikke innenfor neste NTP-periode. Løsningene kan basere seg på batteri, elmotor eller lineærmotor i spor (Felez, et al., 2024). Det kreves omfattende investeringer i både kjøretøy og infrastruktur, samt tilpasning av eksisterende systemer og regulatoriske rammer. Det foregår pilotprosjekter fra Europa, og Norge vil kunne dra nytte av disse erfaringene og standarder for å utvikle egne løsninger.

**Nyttevirksomheter:** Vogner med egen fremdrift gir raskere og mer effektiv skifting, redusert behov for ekstra lokomotiver, økt togvekt som følge av økt trekkraft og bedre fleksibilitet i terminaldrift. Det gir også mulighet for å levere gods direkte til mindre terminaler og industrispor uten behov for skiftelokomotiver, noe som kan bidra til markedsutvidelse og økt konkurranseevne mot veitransport.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever store investeringer i både kjøretøy og infrastruktur. Risiko knyttes til tekniske feil, sikkerhet og vedlikehold. Kostnadene er høye, særlig for lineærsystemer, men kan reduseres med økt produksjonsvolum og standardisering.

#### 3.3.2 E2 – Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner

De fleste containere og semitrailere med behov for kjøling har dieseldrevne kjøleaggregater. Dette skaper både støy og klimagassutslipp. Kjøleaggregater kan drives av strøm fra vogna eller lokomotivet istedenfor diesel. Dette gir utslippsfri kjøling og bedre miljø. Det kreves imidlertid mer strøm enn det som vil kunne leveres gjennom en fremtidig DAC-løsning. Det følgelig søkes etter andre løsninger.

**Motivasjon:** Redusere utslipp og støy fra diesellaggregater som driver kjøling av containere under transport. Dagens løsninger baserer seg på diesel, mens fremtidige løsninger kan basere seg på strøm fra vogna eller lokomotivet, eventuelt batteri. Dette er spesielt aktuelt for transport av matvarer som laks til kontinentet og nasjonal matvaredistribusjon.

**Realiserbarhet:** Teknologien finnes og er under utvikling, men krever tilpasning av vogner og infrastruktur. DAC gir ikke tilstrekkelig strøm, så det må utvikles løsninger for høyere effekt eller batteridrift på hver vogn. Realiserbarhet er høy for faste togkonsepter og terminaldrift, men lavere for flytende gods.

**Nyttevirksomheter:** Elektrisk drift av kjøleaggregater gir lavere utslipp, mindre støy, bedre arbeidsmiljø og mer bærekraftig transport. Det gir også økt attraktivitet for kunder med krav til klimavennlig transport.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i vogner og strømsystemer. Risikoen er moderat, og kostnadene er moderate.

### 3.3.3 E3 – Elektriske lastebiler (distribusjon)

Elektriske lastebiler kan brukes til å levere og hente gods mellom terminaler og kunder i terminalens omland. Dette gir redusert utslipp og støy i bynære områder.

**Motivasjon:** Redusere utslipp og støy fra distribusjonskjøretøy mellom terminaler og endemål. Dette er allerede en realitet i mange bransjer, og gir en mer bærekraftig transportkjede fra terminal til kunde.

**Realiserbarhet:** Teknologien er moden og i rask utvikling. Implementering skjer primært av private aktører, og krever liten tilpasning av jernbanesystemet. Private transportører og distributører er allerede i gang med å bygge opp en flåte med elektriske lastebiler.

**Nyttevirksomheter:** Elektriske lastebiler gir redusert utslipp, lavere støy og mer effektiv transport i bynære områder. Dette styrker jernbanens konkurransevne og bidrar til å nå klimamålene.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i elbiler og ladeinfrastruktur. Risikoen er lav, og kostnadene dekkes av private aktører.

### 3.3.4 E4 – Elektrifisering – Terminalutstyr

Konvensjonelt terminalutstyr som kraner, reachstackere, terminaltraktorer og skiftelokomotiver drives av forbrenningsmotorer. Denne typen terminalutstyr er mulig å elektrifisere. Oslo havn har allerede tatt i bruk elektriske terminaltraktorer og kraner, med gode erfaringer.



*Figur 3-14. Løsning med batteri i vognkasse og automatisk distribueringsystem for opptil 4 kjølecontainere pr. vogn.  
Foto: Sam Pawar*

**Motivasjon:** Redusere utslipp og støy fra terminalutstyr. Bane NOR har allerede satt som mål at driften av de fleste norske terminalene skal være nærmest utslippsfrie. Dette gjelder all flytting, lasting og lossing av godsvogner (Anlegg&Transport, 2021).

**Realiserbarhet:** Teknologien er moden, og det finnes allerede elektriske løsninger for terminalutstyr. Implementering krever investeringer i utstyr og ladeinfrastruktur.

**Nyttevirkinger:** Elektrisk terminalutstyr gir lavere utslipp, mindre støy og bedre arbeidsmiljø. Det gir også lavere driftskostnader og bedre samfunnsaksept.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i utstyr og ladeinfrastruktur. Risikoen er lav, og kostnadene dekkes av private aktører.



Figur 3-15. Elektrisk reach stacker som lader. Kilde: Kalmar (2025)

### 3.3.5 E5 – Utslippsfrie fremføring av gods på linja (KVU Green)

Per i dag er fire togstrekninger i Norge ikke elektrifisert. Dette gjelder Nordlandsbanen, Rørosbanen, Solørbanen og Raumabanen. I en egen konseptvalgutredning har Jernbanedirektoratet anbefalt at de tre førstnevnte skal hel- eller delelektrifiseres (Jernbanedirektoratet, 2023). Raumabanen skal fortsatt kjøres med dieseldrift.

På Nordlandsbanen planlegges en delelektrifisering som skal kunne trafikkeres av tog med batteri. Batteriet lades på deler av strekningen der det er kontaktledning, og kjører på batteri der kontaktledning mangler. Kontaktledning er krevende å ettermontere, spesielt i tunneler med for lavt tverrsnitt til at tog kan kjøre der med pantografen oppe. På Rørosbanen og Solørbanen er tunnelandelen veldig lav, så her planlegges bygging av kontaktledning uavbrutt langs hele linja, slik at den kan trafikkeres av konvensjonelle elektriske lokomotiver.

**Motivasjon:** Redusere utslipp fra godstog og økt konkurransevne mot veitransport på strekninger uten kontaktledning.

**Realiserbarhet:** Teknologien for batteridrift og hybride togsett er i kommersiell bruk for persontrafikk i Europa, men er ikke moden for kommersiell godstrafikk i stor skala. KVU Green anbefaler batteridrift med delelektrifisering for Nordlandsbanen og full elektrifisering for Røros- og Solørbanen.

**Nyttevirkinger:** Utslippsfri fremføring gir lavere CO<sub>2</sub>-utslipp, lavere energibruk, bedre trekraft og mulighet for høyere togvekt. Dette gir lavere fremføringskostnader og økt konkurransevne.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever store investeringer i både infrastruktur og nytt materiell. Risiko knyttes til teknisk feil, finansiering og godkjenning.

## 3.4 Konnektivitet

### 3.4.1 K1 – Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.)

Begrenset grad av digitalisering og betydelig innslag av manuelle prosesser reduserer effektiviteten og vanskeliggjør deling av informasjon mellom aktører i transportkjeden. Mulighetene for deling av verdifull sanntidsinformasjon for operatører og vareeiere begrenses, slik at kvaliteten på godstjenesten ikke blir så god som den kunne vært. Avanserte transportstyringssystemer gir bedre kontroll over transportkjeden, distribusjon og terminaldrift. Dette gir raskere og mer effektive operasjoner.

Tabell 3-3. TMS og TOS – begrepsforklaring

Forkortelse	Fullt navn	Hvem bruker det?	Fokusområde
TMS (logistikk)	Transport Management System	Logistikk- og transportaktører	Planlegging og styring av transportflyt
TOS	Terminal Operating System	Terminaloperatører	Effektiv og sikker terminaldrift
TMS (jernbane)	Traffic Management System	Togledere/ infrastrukturforvaltere	Operasjonell trafikkstyring i jernbanenettet

**Motivasjon:** Effektivisere styring av transportkjeden, distribusjonstrafikk og terminaler. Dette gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og optimalisert ressursbruk.

**Realiserbarhet:** Bane NOR har implementert nye styringssystemer (TOS) som gir bedre informasjon og mer effektiv drift. Teknologien er moden og tilgjengelig, men krever datadeling og samarbeid mellom aktører. Realiserbarhet er høy, men implementering krever standardisering og investeringer i systemer og integrasjon.

**Nyttevirkinger:** Forbedret transportstyring gir raskere og mer effektive operasjoner, bedre kontroll på henting og levering av lastbærere, og reduserte håndteringskostnader. Dette gir også bedre kapasitetsutnyttelse og høyere tjenestekvalitet.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i systemutvikling og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.4.2 K2 – Datadeling (transportdokumentasjon mm)

Manglende deling av data mellom aktører i transportkjeden forhindrer optimalisering av transportkjeden. Dersom aktører deler transportdokumentasjon og sanntidsdata digitalt kan det gi rom for bedre planlegging, færre feil og mer transparent transportkjede.

**Motivasjon:** Mer effektiv godstransport

**Realiserbarhet:** Teknologien er moden og tilgjengelig, men krever standardisering og tillit mellom aktører. Europeiske standarder (eFTI) er under implementering i EU, men ikke nødvendigvis innenfor alle EØS-landene.

**Nyttevirkinger:** Datadeling gir bedre planlegging, færre manuelle feil, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i systemutvikling og integrasjon. Risikoen er moderat, og kostnadene er moderate.

### 3.4.3 K3 – Overvåkning av lastenheter/lastbærere

Lastbærere som containere og semitrailere har historisk vært lite digitale/smarte og offline. Informasjon om lastbærerens posisjon, temperatur utenfor og inni osv. har ikke vært tilgjengelig. Ved å utstyre lastbærer med strømkilde, mobilkommunikasjon og sensorer som GPS og temperaturføler kan lastbærereier får sanntidsinformasjon om posisjon og tilstand for containere og vogner. Dette gir bedre kontroll og sporbarhet i verdikjeden, som kan være viktig for blant annet matvaretransportører.

**Motivasjon:** Gi sanntidsinformasjon om posisjon og tilstand for lastbærere, slik at man kan spore gods og identifisere feil tidlig. Dette gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet.

**Realiserbarhet:** Overvåkning av lastbærere er allerede i bruk i flere bransjer, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Teknologien er moden og tilgjengelig, og kan implementeres av private aktører. Realiserbarhet er høy, men krever investeringer i sensorer og integrasjon.

**Nyttevirkinger:** Overvåkning gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.4.4 K4 – Overvåkning av last

Noen typer last kan kreve særskilt behandling under transport. Dette kan for eksempel være farlig last som drivstoff, kjemikalier eller sprengstoff, som kan ha krav til temperatur, rystelser osv. Gjennom sensorer er det mulig å overvåke tilstanden til last, samt mulighet for å dele denne med togoperatører, terminaloperatører og relevante myndigheter. Dette gir bedre sikkerhet og kvalitet i transporten

**Motivasjon:** Bedre og sikrere godstransporttjeneste gjennom bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet.

**Realiserbarhet:** Overvåkning av farlig last er allerede et krav i flere bransjer, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Teknologien er moden og tilgjengelig, og kan implementeres av private aktører. Realiserbarhet er høy, men krever investeringer i sensorer og integrasjon.

**Nyttevirkinger:** Overvåkning gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.4.5 K5 – Ombordovervåkning av kjøretøy

Feil på kjøretøy som oppstår under transport kan være vanskelig å oppdage. Kjøring med slike skader kan påføre skader, både på kjøretøyet og infrastrukturen. Spesielt det siste kan være svært kostbart (Bane NOR, 2024). Sensorer på vogner og lokomotiver gir sanntidsinformasjon om teknisk tilstand. Dette gir bedre driftssikkerhet og vedlikehold – og i ytterste forstand informasjon til togfører slik at tog under fremføring kan stoppes for å begrense skade på infrastruktur.

**Motivasjon:** Gi sanntidsinformasjon om tilstand for kjøretøy, slik at man kan oppdage feil tidlig og redusere risiko for driftsavbrudd. Dette gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet.

**Realiserbarhet:** Ombordovervåkning er allerede i bruk i flere bransjer, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Teknologien er moden og tilgjengelig, og kan implementeres av private aktører. Realiserbarhet er høy, men krever investeringer i sensorer og integrasjon.

**Nyttevirksomheter:** Ombordovervåkning gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

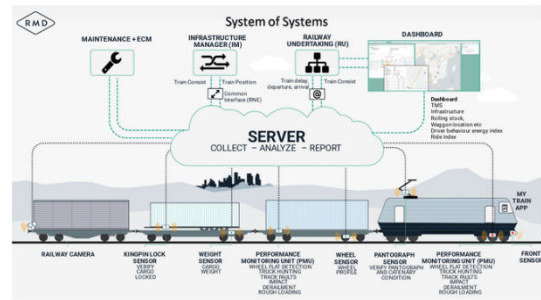
**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.4.6 K6 – Spornær overvåkning av kjøretøy (TrainGate)

Inspeksjon av kjøretøy og hele tog gjøres mens materiellet er på terminalene. Inspeksjonen utføres til dels manuelt med støtte av digital teknologi. Ved å utplassere sensorer på strategiske steder langs sporet kan deler av inspeksjonen gjøres automatisk. Type sensorer som kan monteres spenner vidt, blant annet høyoppløselig kamera, RFID-leser, OCR-leser, akustisk sensor, trykksensor, hastighetssensor mm). Inspeksjon mens kjøretøyet er i bevegelse gir muligheter for å identifisere feil som er vanskeligere å detektere når materiellet står i ro. Spornær overvåkning av kjøretøy gir tidlig deteksjon av feil (ved ankomst terminal). Spornær overvåkning kan også etableres langs hovedspor og fange opp feil på passerende tog (person og gods).

**Motivasjon:** Gi sanntidsinformasjon om tilstand for kjøretøy ved hjelp av sensorer på infrastrukturen, slik at man kan oppdage feil tidlig og redusere risiko for driftsavbrudd. Dette gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet.

**Realiserbarhet:** Spornær overvåkning er allerede i bruk på flere terminaler, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Bane NOR startet i 2025 et pilotprosjekt for å etablere TrainGate på Alnabru terminal. Teknologien er moden og tilgjengelig, og kan implementeres av private aktører. Realiserbarhet er høy, men krever investeringer i sensorer og integrasjon.



Figur 3-16. Ombordovervåkning av kjøretøy  
Kilde: RMD (2023)



Figur 3-17. Spornær overvåkning av kjøretøy.  
Kilde: Trelleborgs Hamn (2019)

**Nyttevirksomheter:** Spornær overvåkning gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

### 3.4.7 K7 – Overvåkning av infrastruktur fra kjøretøy

Med over 4 000 km jernbanespor i Norge er det en krevende oppgave å kartlegge feil og vedlikeholdsbehov på infrastrukturen for de som ansvar for drift og vedlikehold. Materiellet som kjører på jernbanesporene, representerer en mulighet for å overvåkning som ikke har vært utnyttet historisk sett. Ved utnytte sensorer som allerede er montert i lokomotiver og togsett, samt montere ytterligere sensorer på disse kan det samles data om infrastrukturen hver gang et tog kjører på den. Foruten å avdekke direkte feil og mangler kan slike sensordata også brukes til å predikere vedlikeholdsbehov. Dette gir smartere vedlikehold og reduserte kostnader.

**Motivasjon:** Gi sanntidsinformasjon om tilstand for infrastrukturen ved hjelp av sensorer på kjøretøy, slik at man kan oppdage feil tidlig og redusere risiko for driftsavbrudd. Dette gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet.

**Realiserbarhet:** Overvåkning av infrastruktur fra kjøretøy er allerede i bruk i flere bransjer, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Teknologien er moden og tilgjengelig, og kan implementeres av private aktører. Realiserbarhet er høy, men krever investeringer i sensorer og integrasjon.

**Nyttevirksomheter:** Overvåkning gir bedre kontroll, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

## 3.5 Digitalisering

### 3.5.1 D1 – Blokkjedeteknologi

Blokkjedeteknologi brukes til å sikre og dokumentere transaksjoner i transportkjeden. Blokkjedeteknologi er en desentralisert digital logg (database) som lagrer transaksjoner på en sikker og uforanderlig måte uten behov for en sentral aktør. Dette gir høyere tillit og bedre kontroll.

**Motivasjon:** Gi bedre kontroll og sikkerhet for transaksjoner og dokumentasjon i transportkjeden. Blokkjedeteknologi kan brukes til å sikre at informasjon om transport, last og dokumentasjon ikke kan manipuleres, noe som gir høyere tillit og transparenss.

**Realiserbarhet:** Blokkjedeteknologi er allerede i bruk i flere bransjer, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Teknologien er moden, men bruksområdene for jernbanegods er ennå ikke klart definert. Implementering krever samarbeid og standardisering mellom aktører.

**Nyttevirksomheter:** Blokkjedeteknologi gir bedre kontroll, sikrere dokumentasjon og høyere tillit i transportkjeden. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i systemutvikling og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate.

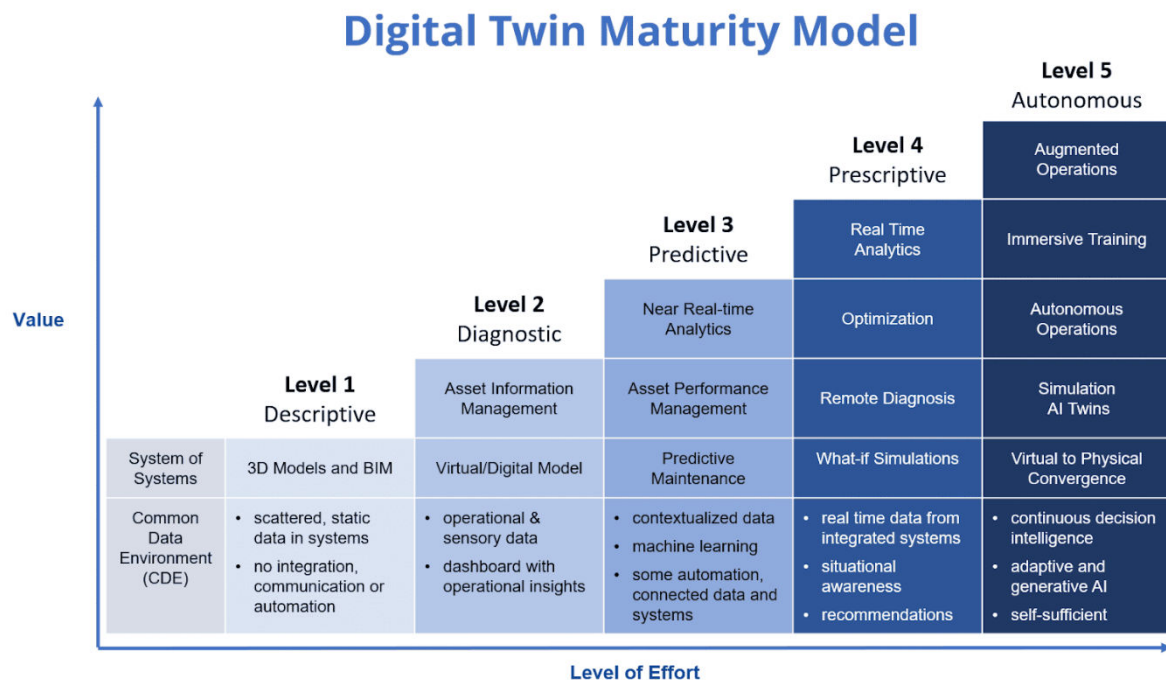
### 3.5.2 D2 – Digitale tvillinger – Tilkoblet (online)

Digitale tvillinger er digitale modeller av kjøretøy, infrastruktur, terminaler eller andre fysiske objekter. Denne teknologien skaper en digital representasjon av fysiske objekter, systemer eller prosesser, og brukes til overvåking, simulering og optimalisering av drift.

Digitale tvillinger kan brukes på to hovedmåter innenfor godstransport: tilkoblede (online) og frakoblede (offline). Disse tilnærmingene har ulike bruksområder, fordeler og utfordringer, og begge kan bidra til å oppnå målene om økt effektivitet, kvalitet, kapasitet og utvikling av nye markeder. Graden av tilkobling er en viktig dimensjon. Tilkobling varierer, fra overføring av begrensede datastrømmer fra originalen til tvillingen og videre til en sammenkobling som er så tett at man ved hjelp av kunstig intelligens skape en autonom original, som styres med en digital tvilling. En annen viktig dimensjon er graden av detaljering. Dette kan variere fra enkle databaser for et fåtall egenskaper knyttet til den fysiske originalen, til svært detaljerte 3D-modeller.

En digital tvilling er ofte en underliggende/ muliggjørende teknologi som er en forutsetning for andre teknologiske løsninger. Ambisjonsnivået for den digitale tvillingen har normalt vært tilpasset bruken den er tiltenkt og omvendt. Tvillingen lages ideelt sett ikke mer omfattende enn behovet krever, og problemet tvillingen kan brukes til å løse begrenses av hvilke data og funksjonalitet det er mulig å bygge inn i den. Utvikling innen dataoverføring, datalagring og prosesseringskraft de siste årene har gjort det enklere å bygge og drifte komplekse digitale tvillinger. Det er mer nærliggende nå enn tidligere å utvikle et fåtall store/komplekse tvillinger for flere formål, enn å utvikle flere mindre/enklere formålsspesifikke digitale tvillinger.

Frakoblede tvillinger beskrives nærmere i avsnitt 3.5.33.5.3.



Figur 3-18. Digitale tvillinger - modenhet og kompleksitet. Kilde: Digital Twin Consulting (2024)

Tilkoblede digitale tvillinger vil være kontinuerlig oppdatert med sanntidsdata fra sensorer eller andre kilder tilknyttet jernbanen. De gir en dynamisk og oppdatert representasjon av det fysiske systemet. For denne rapporten her prosjektgruppen primært hatt fokus på digitale tvillinger på nivå 3 og 4, jf. figuren over. Det er dette som anses som mest realistisk å kunne realisere i neste NTP-periode.

**Motivasjon:** En kontinuerlig overvåking av kjøretøy, infrastruktur og terminaler, muliggjør rask respons på avvik og feil. Sanntidsinformasjon om tilstand på for eksempel vogner, last og

infrastruktur vil for å optimalisere operasjoner i sanntid for togfremføring, kapasitetsutnyttelse, vedlikeholdsplanlegging osv. Dette gir bedre kontroll og høyere tjenestekvalitet ved at man oppdager kritiske feil eller avvik tidlig, som hjulskader, varmegang eller lastforskyvning. Dette vil gi både miljøgevinster og reduserer risikoen for ulykker.

**Realiserbarhet:** Det er gjennomførbart å etablere tilkoblede digitale tvillinger og være online mer eller mindre kontinuerlig, men det vil kreve et omfattende nettverk av sensorer, datainfrastruktur og sanntidskommunikasjon. Digitale tvillinger er allerede i bruk i flere bransjer, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Teknologien krever høy grad av interoperabilitet mellom aktører og systemer, samt investeringer i cybersikkerhet for å beskytte data. Høye utviklingskostnader kan imidlertid forsinke implementeringen og redusere den økonomiske gevinsten.

**Nyttevirksomheter:** Digitale tvillinger reduserer vedlikeholdskostnader gjennom tilstandsbasert vedlikehold og optimaliserer ressursbruk i sanntid. Videre kan man forvente at den vil være med på å øke påliteligheten, redusere risikoen for ulykker ved tidlig deteksjon av feil, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate. Eksisterende systemer må oppgraderes eller tilpasses for å kunne dele data med digitale tvillinger, og ansatte må få opplæring i bruk av teknologien. Digitale tvillinger krever jevnlig oppdatering av data, modeller og algoritmer for å forbli relevante og nøyaktige. Sensorer må etableres og vedlikeholdes, og byttes ut ved behov. Lagring, prosessering og analyse av store datamengder kan føre til høye kostnader på datainfrastruktur og skytjenester. Investeringer i sikkerhetsløsninger som brannmurer og overvåkingssystemer, er nødvendige for å beskytte data og systemer.

Digitale tvillinger må tilpasses spesifikke behov for jernbane, inkludert overvåking av infrastruktur, kjøretøy og terminaler. Denne tilpasning kan øke kompleksiteten og dermed kostnadene ved implementering. Det kreves langsiktige investeringer for å oppnå ønsket nytteverdi. Kostnadene kan overstige de kortsiktige gevinstene, noe som kan redusere insentivene for implementering.

### 3.5.3 D3 – Digitale tvillinger for simulering – Frakoblet (offline)

Frakoblede (offline) digitale tvillinger kan brukes til planlegging, simulering og analyse av systemer. Dette gir bedre beslutningsgrunnlag og effektivisering. For planlegging og innføring av komplekse systemer som ERTMS eller infrastrukturendringer på Alnabru terminal kan slike tvillinger for simulering ikke bare forbedre resultatet, men til en viss grad være en forutsetning for hele planleggingen. Frakoblede tvillinger begrenses ikke av hvilke datastrømmer som kan la seg tilkoble, og kan utarbeides på et så detaljert nivå som nødvendig, tilpasset simuleringsformålet/-behovet. Prosjektgruppen har derfor lagt til grunn at dette er frakoblede digitale tvillinger med et høyt detaljeringsnivå, egnet for simulering av ERTMS og utforming/ombygging av større jernbaneterminaler som Alnabru.

**Motivasjon:** Offline systemene gir mulighet til å simulere og evaluere effekten av nye tiltak, som utbygging av terminaler, ruteendringer eller implementering av ny teknologi. Dette gir aktørene mulighet til å teste endringer digitalt før de implementeres fysisk, noe som sparer miljø og reduserer risiko og kostnader. Historiske data kan benyttes til å analysere trender for å forbedre drift og vedlikehold.

**Realiserbarhet:** Digitale tvillinger (også statiske offline systemer) er allerede i bruk i flere bransjer, og gir betydelige effektiviseringsgevinster. Teknologien er moden og tilgjengelig, men krever mye data og integrasjon. Realiserbarheten er høy, men implementering krever standardisering og investeringer i systemer og integrasjon. Å utvikle nøyaktige modeller for simulering og analyse

krever avansert ekspertise og kan være tidkrevende. Offline systemer vil være enklere å implementere enn tilkoblede online systemer, da de kan bygges på eksisterende data og modeller, men krever likevel høy datakvalitet og avanserte analyseverktøy.

**Nyttevirksomheter:** Digitale tvillinger gir bedre planlegging, raskere håndtering av avvik og høyere tjenestekvalitet. Dette gir også mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer. Teknologien gir også mulighet for effektivisering og tjenesteforbedring ved å identifisere flaskehals og optimalisere prosesser som påvirker tjenesteleveransene. Videre vil dette kunne tilrettelegge for utvikling av nye tjenester og markeder ved å teste konsepter digitalt.

**Risiko og Kostnader:** Digitale tvillinger har stort potensial til å forbedre effektiviteten, sikkerheten og bærekraften i innenfor godstransport på jernbane. Samtidig er det viktig å forstå risikoene og kostnadene knyttet til implementering og drift av denne teknologien. Implementeringen krever investeringer i sensorer og integrasjon. Risikoen er lav, og kostnadene er moderate. Kostnadene kan overstige de kortsiktige gevinstene, noe som kan redusere insentivene for implementering.

### 3.5.4 D4 – Digital infrastruktur (Datainfrastruktur)

Digital infrastruktur er felles digitale plattformer for effektiv datadeling og integrasjon mellom aktører i transportkjeden. Dette legger grunnlaget for sanntidsstyring, automatisering og bedre beslutningsstøtte, og er en forutsetning for å realisere potensialet i andre teknologier som er beskrevet over. En robust digital infrastruktur gir bedre kontroll og muliggjør raskere håndtering av avvik.

**Motivasjon:** En felles digital plattform for datadeling og integrasjon mellom aktører i transportkjeden vil potensielt kunne sikre sømløs informasjonsflyt mellom togoperatører, terminaler, kunder og myndigheter. Det reduserer fragmentering og ineffektivitet ved å samle data fra ulike aktører og systemer på én plattform. Sporing av gods, prediktivt vedlikehold og annen automatisering vil ha behov for en stabil digital infrastruktur.

**Realiserbarhet:** Digital infrastruktur er allerede i bruk i mange bransjer, også innenfor logistikk i andre transportkjeder eksempelvis innen sjøfart og veitransport. Implementeringen vil likevel kreve utvikling av felles standarder for datadeling og interoperabilitet mellom aktører i jernbanesektoren og et tettere samarbeid mellom det offentlige og de private for å sikre helhetlige løsninger. Realiserbarheten vurderes som høy, men det må tilpasses spesifikke behov i sektoren, som sanntidsdata for togstyring, terminaloperasjoner og vedlikehold.

**Nyttevirksomheter:** Digital infrastruktur reduserer manuelle prosesser og feil, ved å automatisere informasjonsflyt og dokumentasjon. Dette vil forbedre ressursutnyttelsen og gi en forutsigbarhet og økt punktlighet i transportkjedene blant annet fordi oppdatert informasjon om kapasitet og last kan foreligge før lasten ankommer terminal for omlasting. Reduserte papirbaserte prosesser og ineffektiv transport kan også bidra til økt bærekraft og lavere utslipp i tillegg til at jernbanen kan bli mer attraktiv for kunder når det tilbys bedre integrasjon med andre transportformer og høyere kvalitet på tjenestene.

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever koordinering mellom mange aktører med ulike behov og teknologiske løsninger. Manglende samarbeid mellom ulike aktører kan føre til fragmenterte løsninger som ikke er interoperable. Mer datadeling og digitalisering vil øke risiko for cyberangrep og datalekkasje som det må tas hensyn til. Dette er kjent risiko og det forventes derfor at det kommer en rekke regulatoriske krav for å minimere denne type risiko og lukke kjente sårbarheter. Kostnader for utvikling av en felles digital plattform, integrasjon mellom eksisterende systemer, kompetanse og opplæring vurderes som relativt liten fordi teknologiene finnes.

**Implementeringsplaner.** Det er igangsatt flere initiativ i Europa for å utvikle gjennomgående interoperable løsninger mellom EU & EØS land, og også integrert med andre transportformer. Det

pågår behovsanalyser for å identifisere krav til datainfrastruktur i jernbanesektoren. Videre vil det være behov for å kartlegge eksisterende systemer i den grad disse finnes, og eventuelle standarder som kan gjenbrukes. Det er behov for en felles standard for datadeling og interoperabilitet i tråd med nasjonale og europeiske krav.

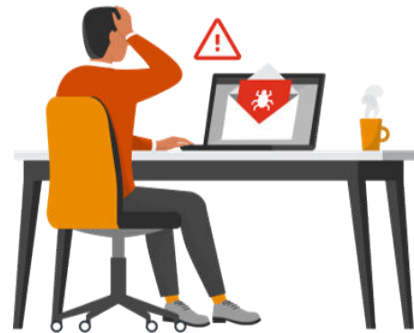
**Supplerende informasjon:** Europe's Rail og andre EU-prosjekter arbeider med utvikling av felles digitale plattformer for transportsektoren. Norge kan dra nytte av disse initiativene for å redusere kostnader og sikre interoperabilitet. Det pågår et arbeid i EU for å modernisere og effektivisere transport- og logistikksektoren gjennom digitalisering. Dette reguleres i dag av eFTI<sup>8</sup>-forordningen (EU Regulation 2020/1056, 2024).

### 3.5.5 D5 – Cybersikkerhet

Cybersikkerhet sikrer informasjon, infrastruktur og systemer mot digitale trusler som cyberangrep, datalekkasje og sabotasje. Dette er spesielt viktig i en stadig mer digitalisert og sammenkoblet jernbanesektor, der avhengigheten av digitale systemer og datadeling øker. Cybersikkerhet sikrer kontinuitet, tillit og robusthet i transportkjeden, og er en forutsetning for å oppnå effektiv og pålitelig jernbanedrift.

**Motivasjon.** Hensikten er å sikre tilgjengelighet, autentisitet, integritet eller tilliten til lagrede, overførte eller behandlede data. Dette gir høyere tillit, bedre kontroll og redusert risiko for driftsavbrudd for togselskapene.

**Realiserbarhet:** Teknologien er moden og tilgjengelig, og det finnes allerede en rekke standarder og løsninger for cybersikkerhet. Dette er etablerte standarder og rammeverk, som ISO/IEC 27001 (Standard Norge, 2023), IEC 62443 (OT-sikkerhet, 2024) og i tillegg vedtas stadig flere nye EU-direktiv som for eksempel NIS2<sup>9</sup>-direktivet (Directive (EU) 2016/1148 , 2021). Det forventes også en ny standard tilpasset de unike behovene til jernbanesektoren. Den bygger NEK CLC/TS50701:2023 (Railway applications - Cybersecurity, 2023), og forventes ferdigstilt innen juli 2025. Flere aspekter knyttet til jernbanedrift, kjøretøy, særegne tekniske styringssystemer med tilhørende tjenester blir beskrevet i dette rammeverket. Realiserbarheten er derfor høy, men implementering krever ofte kostbare investeringer i både teknologi og kompetanse.



**Nyttevirkninger:** Cybersikkerhet gir bedre kontroll, redusert risiko for driftsavbrudd og systemfeil som vil gi høyere tillit blant kunder, vareeiere og samarbeidspartnere som i neste omgang vil styrke jernbanens konkurransevne. Beskyttelse av data sikrer at informasjon som deles mellom aktører er korrekt og pålitelig, noe som er avgjørende for effektiv drift og beslutningstaking. Dette gir mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer. Cybersikkerhet er og blir pålagt gjennom norske lovkrav som blant annet er gitt i Lov om nasjonal sikkerhet (Sikkerhetsloven) (Lovdata, 2018), Lov om digital sikkerhet (Digitalsikkerhetsloven) (Lovdata, 2023) og Forskrift om sikring på jernbane (Sikringsforskriften) (Lovdata, 2022).

**Risiko og Kostnader:** Implementeringen krever investeringer i teknologi, opplæring av personell og etablering av prosedyrer for nye systemer. Risikoen i forbindelse med selve implementeringen av å bedre cybersikkerheten er lav, og kostnadene moderate sammenlignet med potensielle konsekvenser av et vellykket cyberangrep.

---

<sup>8</sup> Electronic Freight Transport Information

<sup>9</sup> Network and Information Security Directive

Implementering av cybersikkerhet på tvers av ulike systemer og aktører kan likevel være krevende, spesielt i en sektor med mange ulike grensesnitt og avhengigheter til både moderne oppdaterte IT-systemer, men også til eldre OT-systemer som er skreddersydd for jernbanen og som ikke uten videre er mulig å oppdatere eller erstatte. I tillegg vil drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til kontinuerlig overvåking, oppdatering av systemer og håndtering av sikkerhetshendelser bli større.

**Implementeringsplaner:** Cybersikkerhet er et sentralt tema i europeiske jernbaneprosjekter som Europe's Rail, som arbeider med å utvikle felles løsninger for sikkerhet og interoperabilitet. Derfor har det kommet, og det kommer, en rekke påbud som i tillegg inkluderer både tilsyn og rapportering. Dette er påbud som både offentlige og private aktører må forholde seg til.

**Supplerende informasjon:** Myndighetenes krav til cybersikkerhet i kritisk infrastruktur, som jernbanen, forventes å bli strengere i årene fremover. Med økt bruk av kunstig intelligens og integrerte digitale løsninger i jernbanesektoren vil trusselbildet utvikle seg, noe som krever kontinuerlig tilpasning av cybersikkerhetstiltak. Dette understreker behovet for proaktiv implementering. Cybersikkerhet er allerede et krav, men kravene forventes å bli strengere og ufravikelige i hele transportkjeden.

### 3.5.6 D6 – Cybersikkerhet – Konnektivitet

Konnektivitet er en grunnleggende del av moderne jernbanedrift, der systemer og aktører er tett sammenkoblet gjennom digitale nettverk. Cybersikkerhet for konnektivitet handler om å beskytte kommunikasjon og datadeling mellom aktører i forhold til digitale trusler og cyberangrep som beskrevet i avsnitt 3.5.5 over.

**Motivasjon:** Med avhengighet til digitale systemer og mer datadeling øker sårbarheten for cyberangrep. Jernbanen er en del av samfunnets kritiske infrastruktur, og et cyberangrep kan få alvorlige konsekvenser for både sikkerhet og økonomi. Effektiv og sikker kommunikasjon mellom aktører er en forutsetning for sanntidsstyring, automatisering og digitalisering. Tillit avhenger av sikker kommunikasjon og trygg datadeling mellom aktører i transportkjeden mot cyberangrep og datalekkasje.

**Realiserbarhet:** Teknologien for cybersikkerhet innen konnektivitet er mode og tilgjengelig, men implementeringen krever mer standardisering enn det som er tilfelle pr i dag. Løsningene må tilpasses spesifikke behov, som sikring av styringssystemer, tekniske koblingsrom og dataplattformen i disse tekniske rommene. Et tett samarbeid mellom offentlige og private aktører er nødvendig for å sikre helhetlige løsninger. Realiserbarheten vurderes som høy og det vil si at teknologien finnes, og er moden for implementering med noen tilpasninger. Dette avhenger imidlertid av aktørenes evne til å samarbeide og tillate tilpasning av eksisterende systemer.

**Nyttevirksomheter:** Beskyttelse mot cyberangrep reduserer risikoen for driftsavbrudd og systemfeil, noe som sikrer kontinuitet i transportkjeden. Sikker kommunikasjon mellom aktører og pålitelig informasjonsdeling øker tilliten blant kunder og leverandører av tjenester. Robust konnektivitet legger også grunnlaget for avanserte teknologier som automasjon, kunstig intelligens, digitale tvillinger og sanntidsstyring. Dette gir mulighet for nye digitale logistikkmodeller og bedre integrasjon med kundesystemer.

**Risiko og Kostnader:** Økt konnektivitet gjør systemene mer sårbare for digitale trusler, og kan være krevende å implementere. Uten tilstrekkelig kompetanse kan implementeringen bli ineffektiv eller utilstrekkelig. Dette vil kreve investering i sikkerhetsløsninger som kryptering, brannmurer, tilgangskontroll og overvåkingssystemer for kontinuerlig overvåking, oppdatering av systemer og håndtering av sikkerhetshendelser. Kostnadene vurderes som moderate, men kan reduseres ved å bygge på eksisterende løsninger og standarder.

**Implementering:** Implementeringen krever noen nye systemer og tilpasning av eksisterende systemer. Det må utarbeides felles standarder og retningslinjer for terminaler og transportkorridorer, og deretter etablere mekanismer for kontinuerlig overvåking og forbedring av sikkerhetsløsningene.

**Supplerende informasjon:** I EU arbeides det med utvikling av felles digitale plattformer for transportsektoren. Norge kan dra nytte av disse initiativene for å redusere kostnader og sikre interoperabilitet ved Europe's Rail og andre tilsvarende EU-prosjekter.

## 4 Prioritering

I det påfølgende beskrives metodikk og begrunnelse for å prioritere bort de teknologiene som virker minst relevant multidimensjonal analyse.

### 4.1 Prioritering

Den endelige anbefalingen av teknologier fra dette prosjektet baseres på en grundig multidimensjonal analyse som er relativt arbeidskrevende. For å anvende ressursene i prosjektet mest mulig effektivt er de teknologiene som synes å kunne bli innført uansett (som følge av lovpålegg eller liknende) og de teknologiene som synes minste aktuelle å prioritere i arbeidet med neste NTP prioritert bort gjennom en grovsiling. Metodikk for grovsilingen og de vurderinger som er gjort, er redegjort for i dette kapittelet.

#### 4.1.1 Metodikk

Teknologier som forventes å bli pålagt implementert skilles ut i en egen gruppe. Dette kan være teknologier som inngår internasjonale fellesprosjekter som det er viktig for Norge å delta i, slik som EU-programmet Europe's Rail, eller sikkerhetsmotiverte teknologiimplementeringer. Hvis det fattes slike beslutninger på overordnet nivå legges det til grunn at det er tungtveiende grunner for norsk jernbane å etterkomme slike pålegg, slik som behovet for internasjonale standarder for grensekryssende togavganger eller sterke sikkerhetsmessige årsaker. Teknologiene i denne gruppen blir ikke analysert multidimensjonalt, men vil likevel kunne inngå i direktoratets innspill til NTP.

Etter at teknologier som forventes pålagt å implementere er skilt ut, er det gjort en grovsiling av de resterende teknologiene etter fire kriterier for å prioritere bort teknologier som synes minst aktuelle for Jernbanedirektoratets arbeid med neste NTP. Dette er:

- Implementeringshorisont
- Behovet for offentlig involvering
- Godstiltak
- Samfunnsøkonomisk potensial

Vurderingene i forbindelse med grovsilingen er gjort av prosjektgruppen i fellesskap.

##### 4.1.1.1 Implementeringshorisont

Enkelte teknologier er allerede under implementering. Disse anses dermed lite relevant å prioritere i neste NTP.

Teknologier som ikke antas å være klar til å starte implementering før 2035 blir ikke vurdert multidimensjonalt, ettersom de da vil være lite relevant for arbeidet med neste NTP. Bakgrunnen for å vurdere om en teknologi er langt unna realisering kan være:

- Lavt modenhetsnivå (TRL - Technology Readiness Levels) i og uten utsikter til rask utvikling/heving av TRL-nivå.
- Sterk avhengighet til andre systemer, teknologier eller liknende som ikke ventes å være på plass i tide.
- Kompleks implementering, for eksempel på grunn av behov for omorganiseringer, samspill mellom mange ulike aktører, internasjonale samarbeid.
- Krevende økonomi, for eksempel høye kostnader.

Dette betyr ikke at teknologiene anses som dårlige eller irrelevante, kun at det er andre teknologier Jernbanedirektoratet prioriterer høyere i arbeidet med neste NTP. Teknologiene kan bli prioritert i senere NTP-prosesser. Det kan dessuten være behov for at offentlige aktører likevel engasjerer seg i utviklingen av teknologien og bidrar til at den når et høyere modenhetsnivå i løpet av NTP-perioden.

#### *4.1.1.2 Behovet for offentlig involvering*

Det er vurdert om teknologien kan forventes implementert av private eller offentlige aktører alene, eller om det kreves offentlig privat samarbeid. Teknologier som antas å kunne bli implementert av private aktører, på eget initiativ og regning, har ikke behov for offentlig prioritering. Disse prioriteres bort. Merk at det likevel kan være behov for at det offentlige involverer og engasjerer seg, for eksempel ved å besørge justeringer i regelverk, gjennomføre/bidra i søknadsprosesser og andre mindre tilpasninger av rammebetingelser, men ikke et større engasjement som krever prioritering av offentlige budsjettmidler i NTP.

#### *4.1.1.3 Godstiltak*

En del jernbanetiltak anses som relevante for persontrafikk og/eller infrastruktur og ikke bare godstransport på bane. Prioritering av teknologier som påvirker persontransporten og andre deler av jernbanen bør drøftes på tvers og en eventuell beslutning om å prioritere slike teknologier i NTP gjøres i fellesskap, ikke av godsmiljøet alene. Derfor er de silt ut av denne delrapporten, men forventes å være ivare tatt av andre deler av organisasjonen.

#### *4.1.1.4 Samfunnsøkonomisk potensial*

Beregning av samfunnsøkonomisk lønnsomhet kan ofte kreve en omfattende mengde informasjon og ressursinnsats. Det har det ikke vært rom for i denne grovsilingen. Det er gjort svært forenklede vurderinger av om samfunnets samlede kostnader og samfunnets brutto nytte vil være høy, medium eller lav. Altså en brutto vurdering av hver av disse. Begge deler tenkt som den neddiskontert verdien av kostnader og nytte over en levetid på om lag 40 år.

Kostnaden vil inkludere både utvikling av teknologi frem til den er moden for fullskala implementering, implementering (innkjøp, planlegging og utrulling) og kostnader gjennom livsløpet (drift, vedlikehold og utvikling). Alle kostnader inkluderes, uavhengig av om de finansieres av det offentlige eller private aktører.

Nytte omfatter alle samfunnsnytter både økonomiske gevinster og økt kvalitet i tjenester (også for tredjepart). Økonomiske gevinster inkluderer redusert behov for kapasitetsutvidelser i fremtiden som følge av at man utnytter dagens kapasitet bedre med ny teknologi eller innovasjon.

Nivåene er ikke definert i tallstørrelser, men de må sees i lys av det generelle nivået på nytte og kostnader i jernbanesektoren. Et høyt nivå – både for kostnader og nytte – anses å være et tosifrede milliardbeløp eller høyere. Et tosifret antall millioner er antakelig i den lave enden av skalaen.

De teknologiene som antas å ha høyere kostnader enn nytte, altså (1) høy kostnad, medium nytte, (2) høy kostnad, lav nytte, eller (3) medium kostnad, lav nytte er prioritert bort. Teknologier med nytte som er antatt å være høyere eller om lag lik kostnad løftes frem.

## **4.1.2 Prioriteringer**

Med utgangspunkt ønsket om å redusere antallet teknologier som skal analyseres multidimensjonalt, som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet, og de kriterier som er beskrevet over, er det gjort en grovsiling. Nedenfor følger en gjennomgang av de teknologier som er prioritert bort.

#### 4.1.2.1 Pålegg om implementering

Tre godsrelaterte jernbaneteknologier er forventet å kunne bli pålagt implementert gjennom for eksempel sikkerhetskrav, internasjonale prosjekter eller nye standarder. Det kan tenkes at det med pålegget for noen av disse teknologiene vil medfølge noe offentlig medfinansiering.

**A1 Digital Automatic Coupler (DAC)** utvikles av Europe's Rail-programmet, som drives av EU, og der flere norske jernbaneaktører er involvert. En slik europeisk standard for automatisk kobling og frakobling av godsvogner er forventet å gi stor samfunnsnytte, og effektivisere godstransport på jernbane betydelig. Kostnadssiden er også enorm, ved at samtlige godsvogner i Europa må bygges opp i hver ende med et DAC-koppel og med gjennomgående kabling. Det vil være krevende – nesten umulig - for norsk jernbane å stå utenfor et slikt prosjekt<sup>10</sup>. Samtidig gir det store volumet som utløses av et slikt felleseuropeisk prosjekt lavere enhetskostnader. Det er fortsatt uavklart på europeisk nivå hvor mye dette vil koste, og en endelig samfunnsøkonomisk analyse foreligger ikke. Beslutning om eventuell utrulling gjøres på europeisk nivå i forventes i 2027. Utrulling forventes tidligst påbegynt i 2029, men det vil erfaringsvis ta ytterligere noen år før utrulling starter i Norge.

DAC vil i tillegg til automatisk til- og frakobling også levere strøm, trykkluft og datakommunikasjon på hver godsvogn. Med dette får dagens «dumme» godsvogner et stort løft, og får en digital plattform som gir mange nye muligheter.

**E4 Elektrifisering av terminalutstyr** som terminaltraktorer, reach-stackere, kraner, skiftelokomotiver etc. forventes å bli pålagt elektrifisert som et ledd i gjennomføringen av det grønne skiftet i transportsektoren. Nødvendig batteriteknologi er allerede tilgjengelig, og forventes å forbedres ytterligere i fremtiden, blant annet gjennom tørrstoffbatterier som under utvikling. Dette vil redusere støy og klimagassutslippene på sikt og redusere energiforbruket. Avhengig av hvordan prisene på slikt utstyr utvikler seg, antas det også å gi lavere kostnader.

En del utstyr kan like gjerne bli kjøpt inn av private aktører som av det offentlige. Det offentlige bør som et minimum vurdere hvilke initiativer som bør tas med tanke på koordinering av slike utskiftninger og behovet for etablering av ladestasjoner på terminaler.

**D5 Cybersikkerhet** i form av sikring av digitale systemer anses som helt nødvendig for en fremtidig digitalisering av godstransporten – også på jernbane. Dette er også noe som påpekes av Sikkerhetsloven og Digitaliseringsloven, jernbaneloven med sikkerhetsforskrift og Sikringsforskrift.

#### 4.1.2.2 Implementeringshorisont

Seks godsrelaterte jernbaneteknologier er enten allerede i ferd med å ruller ut, eller antas enten å ha en implementeringshorisont så langt frem i tid at de ikke anses relevante å prioritere i neste NTP. Merk at dette ikke innebærer at teknologien ikke dårlig eller uegnet, den anses bare ikke å ha en god nok realiserbarhet på nåværende tidspunkt.

**A2 Automatisk togfremføring (ATO)** anses å ha stort potensial. Teknologien er allerede implementert på flere t-banesystemer, for eksempel i København. Teknologien vil på nivå GoA 3 – GoA 4 innebærer førerløse tog på hovedspor. Dette vil kunne redusere kostnader og energiforbruk og bedre punktligheten. Teknologien forutsetter at nytt signalsystem (ERTMS) og ny togradio (FRMCS) er innført. Det er avhengigheten til disse to prosjektene, som har en høyst usikker dato for ferdig implementasjon som er hovedårsaken til at prosjektet tror ATO GoA 3 – GoA 4 ligger langt frem i tid. I tillegg gjenstår også utvikling av teknologien for selvkjøring for tog

---

<sup>10</sup> Med unntak av spesielle lukkede transportkjeder som f.eks. malmtransport, flydrivstoff etc., hvor det ikke forventes interaksjon med andre jernbanevogner

på åpne linjer, som er teknologisk mer krevende enn selvkjørende t-baner på lukkede/sikrede systemer med ensartede trafikk.

ATO GoA 1 – GoA 2 (identifiseres som teknologi **A2-1 Automatisk togfremføring (ATO) – GoA 1 og GoA 2**) anses som implementerbar mot slutten av neste NTP-periode, gitt at utrulling av ERTMS og FRMCS er vellykket og skjer innenfor den tidshorizonten som er forventet. ATO GoA 1 – GoA 2 prioriteres dermed for Multidimensjonal analyse. GoA 1 er strengt tatt implementert på norsk jernbane, så i realiteten dreier dette seg om GoA 1½ - GoA 2.

**A7 Automatiske innkjøringsporter med såkalt Gate Operasjons System (GOS)** for distribusjonskjøretøy er allerede implementert eller under implementering ved flere jernbaneterminaler, inkludert Alnabru. Innen 2-3 år antas GOS å være implementert på alle norske intermodale jernbaneterminaler. Systemet gir en mer effektiv matching mellom terminallageret og de distribusjonskjøretøyene som henter og bringer lastbærere fra/til terminalen.

**A8 Autonome lastebiler for distribusjonskjøring** rundt terminaler forventes å effektivisere godstransporten, ikke minst for tog, der logistikken i hver ende av togfremføringen utgjør en betydelig del av den samlede logistikkostnader. Selvkjørende biler, også lastebiler, er under utvikling, og teknologien har kommet langt. Det gjenstår likevel flere steg i utviklingen – og i tilpasning av regelverk – før selvkjørende lastebiler kan godkjennes for norske veier. Dette er hovedårsaken til at prosjektgruppen tror denne teknologien ikke er klar til implementering frem mot 2035.

Det bemerkes også at Jernbanedirektoratet ikke anser det som jernbaneaktørens oppgave å utvikle eller implementere denne typen lastebiler. Dette forventes løst av privat sektor og vegmyndigheten. Når private aktører er klare til å utføre transport – herunder distribusjonstransport – med selvkjørende lastebiler vil jernbane legge til rette for dette.

**A11 Automatisk lesing av lastbærerID** samler, lagrer og deler data om lastbærere som containere eller semitraller. Informasjon om lastbærerens posisjon og tidspunkter den har blitt observert gir nyttige sanntidstjenester for eier av lasten og lastbærer, og muliggjør mer effektiv styring av transportkjeden. Sensorer og systemer som observerer og gir informasjon om lastbærerposisjoner er for eksempel GOS, løfteåk og Traingate.

**D1 Blokkjedeteknologi** er en viktig del av digitaliseringen av samfunnet. Den åpner for sikker og transparent gjennomføring av transaksjoner og prosesser som også har relevans for godstransport på jernbane. Teknologien vil både kunne effektivisere og bedre styring og kontroll. Imidlertid virker det som om praktisk anvendelse innenfor jernbanesektoren ligger lenger frem i tid enn det som har relevans for neste NTP.

#### *4.1.2.3 Behovet for offentlig involvering*

Foruten automatiske lastebiler for distribusjonskjøring som er nevnt over, er det tre teknologier som prosjektgruppen forventer blir løst av private aktører, uten offentlig involvering. Alle tre er relatert til last og lastbærere.

**M4 Lastbærere i andre materialer** er allerede i utvikling. Det arbeides med lettere komponenter og vogner, der blant annet godsvognsdører i aluminium og tømmerklaver/staker i høyfast stål (som leveres av aktører som ExTe) er i bruk. I enkelte tilfeller, som for styreventiler, velges lettere materialer som aluminium også av HMS-hensyn, for eksempel for å gjøre komponentene løftbare av én person. På systemnivå er det fortsatt et uutnyttet potensial for bruk av nye materialer som kompositt eller aluminium i hele lastbærere og vogner. Dette kan redusere egenvekten betydelig, og dermed øke andelen nyttelast og forbedre lønnsomheten. Så lenge nye løsninger tilfredsstiller gjeldende krav (f.eks. løftbarhet, stabelbarhet og temperaturløselighet for containere), står aktørene fritt til å ta dem i bruk. Per i dag er innkjøpspris en vesentlig barriere for bredere innfasing av slike løsninger (Yildiz, 2019).

**K3 Overvåking av lastenheter eller lastbærere** innebærer at disse utstyres med for eksempel GPS, temperaturføler og/eller mobilkommunikasjon, drevet av et batteri. Dette kan gi eier – og kunde – sanntidsinformasjon om hvor lastbærer befinner seg, og hvilken temperatur den holder innvendig. På sikt vil batteriet kunne erstattes med strøm fra godsvogna, dersom for eksempel DAC eller andre strømløsninger rulles ut på godsvogner. Lastenheter og lastbærere eies av private aktører, og slik overvåking kan installeres uten bistand fra det offentlig. Flere aktører har allerede installert slikt utstyr. Det er en økonomisk avveining eieren av lastenheten eller lastbæreren gjør, med hensyn til verdien av lastbærer og lasten, og kostnaden av overvåkingsutstyret. I takt med at teknologien blir billigere er det grunn til å tro at en større og større andel av lastenhetene og lastbærerne utstyres med dette.

**K4 Overvåking av last** har mange likhetstrekk med overvåking av lastbærer, men det kan være andre sensorer som er relevant å inkludere i overvåkingsutstyret. Teknologien er særlig relevant for farlig gods. Transport av farlig gods krever også kommunikasjon med togoperatør og myndigheter, men dette handler vel så mye om rutiner og organisering. Ansvar for teknologiinvesteringen hviler på transportøren.

#### 4.1.2.4 Godsspesifikke teknologitiltak

Flere materialrelaterte teknologier anses å ha relevans for hele jernbanesektoren, ikke bare godstransport på bane.

Innenfor 3D-printing finnes flere gode teknologiske initiativ. Dette prosjektet har vurdert

- **M3 3D-printing av deler** slik at blant annet ikke-lagerførte deler likevel kan fremskaffes på kort tid, slik at materiell kan (kanskje midlertidig) repareres og settes raskere tilbake i drift. Særlig aktuelt for lokomotiver, løfteutstyr og infrastruktur.
- **M2 Gjenvinning av printer masse bruk i 3D-printede objekter** som ikke lenger trengs.

Etablering av **M1 Materialkatalog for jernbanemateriell** som dokumenterer materialer som inngår i materiellets komponenter, slik at materiellet lettere kan gjenvinnes.

**M6 Støydempende overbygning**, slik som komposittsviller, padding, andre skinnebefestigelser og øvrige komponenter som inngår i hjul/skinnekontakt kan ha stor samfunnsmessig verdi. For eksempel kan det redusere støyulempene i utsatte områder, og redusere behovet for støydempende tiltak som støyskjermer.

**M7 Mer effektive halvlederkomponenter for overføring av strøm** mellom omformerstasjon, via kontaktledning til lokomotivet kan redusere energibehovet. Dette krever investeringer både på infrastrukturens og lokomotivene/togsettene.

Prosjektgruppen har konkludert med at disse fem teknologiene ikke er godsspesifikke, og dermed ikke en prioritet for dette prosjektet. De vil imidlertid bli spilt inn for eventuell prioritering på et tverrfaglig nivå.

#### 4.1.2.5 Samfunnsøkonomisk potensial

To teknologier, allerede tatt ut av andre årsaker, ble også vurdert å ha større samfunnsøkonomiske kostnader enn nytte:

- Støydempende overbygning
- Mer effektiv overføring av strøm fra omformerstasjon til lokomotiv

Disse er antatt å ha en middels høy samfunnskostnad å innføre og ta i bruk, og lav samfunnsnytte.

### 4.1.3 Teknologier som prioriteres for multidimensjonal analyse

Etter grovsortering som beskrevet over er følgende jernbaneteknologier prioritert for en mer inngående multidimensjonal analyse

- A2 Automatisk Togfremføring (ATO) GoA2
- A3 Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) – Inkl. skifteplanleggingsverktøy
- Automatisk terminalutstyr
  - A4 Løftemateriell
  - A5 Containerlager
  - A6 Terminaltraktorer
  - A9 Fjerning av snø/is
  - A10 Lastesikringsutstyr
- A12 Automatisering av drift og vedlikehold
- M5 Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold
- E1 Vogn med egen fremdrift
- E2 Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner
- E5 Utslippsfrie fremføring av gods på linja (KVU Green)
- K1 Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.)
- K2 Datadeling (transportdokumentasjon mm)
- K5 Ombordovervåking av kjøretøy
- K6 Spornær overvåking av kjøretøy (f.eks. TrainGate)
- K7 Overvåking av infrastruktur fra kjøretøy
- D2 Digitale tvillinger – Tilkoblet
- D3 Digitale tvillinger – Frakoblet

## 5 Multidimensjonal analyse

Vurdering av en teknologis fremtidige potensiale er en kompleks og høyst usikker eksersis. Å spå inn i fremtiden er generelt vanskelig. Å skulle anslå en kostnad av en teknologi som ikke er ferdig utviklet er krevende. Omfatter utviklingen også støttesystemer som IT, OT og drift og vedlikehold gjør det kostnadsanslagene enda mer usikre. Å anslå en samfunnsnytte er tilsvarende krevende. Likevel har det en verdi å gjøre slike kvalitative vurderinger og analyser når man i planleggingen skal legge strategier for 10-20 år frem i tid.

Kompleksiteten ligger i alle de forhold som påvirker om en teknologi kan tenkes å få en praktisk anvendelse og verdi. Dette omfatter blant annet kostnader (implementering og drift- og vedlikehold), kompleksitet, risiko, realiserbarhet, samt forventninger til hvilke effektiviseringer og forbedringer teknologien forventes å bidra til. Ofte er bildet nyansert innenfor hver av disse temaene, og det hele bildet får man bare ved å ha god faglig forståelse og ved å sette seg inn i fagrapporter – helst flere.

Sammenlikning av – og prioritering mellom - teknologier er tilsvarende krevende fordi svært få, om noen, har tilstrekkelig dybdekunnskap og oversikt over alle teknologier. Ofte har man bedre oversikt over sine egne fagfelt enn andres og man står i fare for å ikke å forstå den fulle verdien eller kompleksiteten av en teknologi fra et annet fagfelt. Kanskje oppleves til og med en grad av eierskap og forutinntatthet, som kan vanskeliggjøre en objektiv vurdering.

Dette prosjektet har valgt å anvende multidimensjonal analyse som en metodikk for å løfte blikket på tvers av teknologier og fagfelt (dog innenfor jernbanefeltet), på en så transparent måte som mulig, gjennom å kvantifisere en score for hver teknologi, innenfor et sett med dimensjoner vi anser som de viktigste. Det vil åpenbart være andre relevante dimensjoner som kunne vært tatt med, men antall dimensjoner må avgrenses av hensyn til både arbeidsmengde, og for at diagrammene visuelt skal klare å formidle et bilde av teknologien.

### 5.1 Metodikk

Nedenfor beskrives metodikken som er anvendt i den multidimensjonale analysen av godsrelaterte teknologier og innovasjoner som ble prioritert i grovsorteringen. Først beskrives de dimensjonene som er valgt ut, deretter hvordan scoringen er utført og nivellert, og til slutt hvordan diagrammene brukes for å visualisere den multidimensjonale analysen.

#### 5.1.1 Valg av dimensjoner

I Tabell 5-1 viser en oversikt over dimensjonene som inngår i den multidimensjonale analysen og hvordan de er definert.

Tabell 5-1. Dimensjoner i multidimensjonal analyse

Dimensjon	Beskrivelse	Høy score (10) betyr
Effektivisering	Hvilke effektiviseringspotensialer får vi av å benytte denne teknologien?  Eksempelvis: redusert ressursbruk i driftsfase (kostnader, arealer, tid, spor) eller andre ting. Samme produksjon med redusert bruk av arealer, tid og spor betyr økt kapasitet.	Stor effektivisering
Tjeneste-forbedring	Hvordan gir denne teknologien en tjenesteforbedring? F.eks. bedre tjenester til operatører, kunder og vareeiere gjennom f.eks.	Stor tjenesteforbedring

Dimensjon	Beskrivelse	Høy score (10) betyr
	Økt kvalitet, punktlighet. Også togtjenester som øker verdien for samfunnet for øvrig, som f.eks. mindre forurensing (støy, CO2-utslipp osv.). Bedre utnyttelse av ruteplan etc.	
<i>Nye markeder</i>	Potensialet for å nå ut til nye kunder som per i dag ikke benytter godstog, gjennom nye tjenester eller geografiske utvidelse av jernbanes godstogtilbud, for eksempel ved å kunne levere sanntidsinformasjon som per i dag ikke er tilgjengelig for kunder, eller å kunne tilby selvkjørende vogner ut på industrispor, uten behov for lokomotiv.	Stort potensial for nye markeder
<i>Realiserbarhet (før 2035)</i>	Teknologiens modenhet og forventede utvikling. Sannsynlighet for at implementeringen kan begynne før 2035. Teknologiens egnethet for norsk jernbane. Hva må til for at den skal kunne realiseres?	Høy sannsynlighet for realisering
<i>Drift og vedlikeholdskostnader</i>	Drifts- og vedlikeholdskostnader knyttet til den aktuelle teknologien.	Store D&V kostnader for den implementerte teknologien
<i>Risiko</i>	Risiko for at løsningen ikke lar seg realisere. Risiko for ting som kan gå galt i driftsfase. Risiko for fremdrift/ økonomi. Risiko for redusert funksjonalitet. Risiko for skade på menneske og miljø.	Stor risiko
<i>Investerings-/implementeringskostnader</i>	Kostnad knyttet til å implementere teknologien. Omfatter både FoU og storskala innkjøp og utrulling/montering.	Stor kostnad
<i>Kompleksitet</i>	Grad av kompleksitet ved å innføre teknologien? Antall aktører involvert og samarbeid offentlig/privat. Grad av interaksjon mellom sensorer, beslutningssystemer og utførende. Teknologisk kompleksitet og avhengigheter. Regulatoriske utfordringer. Ergonomisk tilpasning.	Høy kompleksitet

De blå dimensjonene er dimensjoner som er positive, og som er ønskelig at skal ha en høy score. De røde dimensjonene bør ideelt sett være lave.

### 5.1.2 Scoring og nivellering

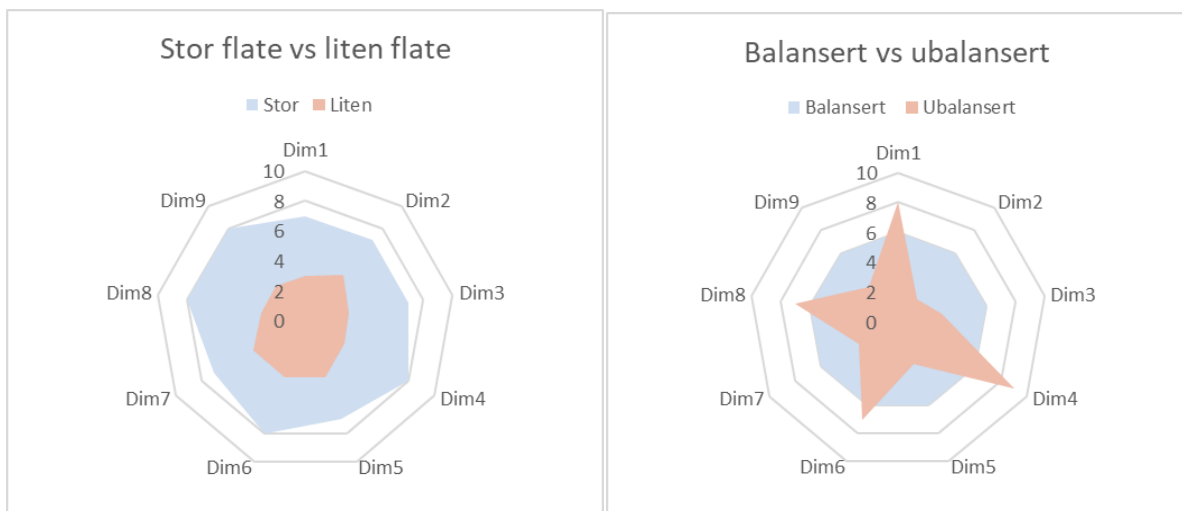
Score på de ulike dimensjonene er satt kvalitativt av prosjektgruppen i samarbeid. Til hver score er det utarbeidet en tekstlig beskrivelse av hva som er vektlagt for den aktuelle teknologien innenfor dimensjonen som scores. Dette for å sikre transparens og sporbarhet.

Det har vært lagt vekt på at scoren innenfor én dimensjon skal være konsistent mellom teknologiene som er vurdert, slik at de teknologiene som har høyest score på f.eks. realiserbarhet faktisk er de teknologiene som anses som mest realiserbare. Prosjektgruppen har jobbet i

grupper. Hver gruppe har jobbet med et tildelt sett av dimensjoner, og scoret alle teknologier innenfor disse dimensjonene. Målet har vært konsistens i scorene innenfor samme dimensjon.

Videre er det også forsøkt at en del dimensjoner som kostnader og effektivisering/forbedring skal være om lag like, slik at om disse har om lag lik score, så kan også nytte og kost ved implementering forventes å være om lag like stor. Samme arbeidsgruppe har vurdert effektivisering og kostnader (invest./implementering og D&V) for å sikre en grad av konsistens mellom disse dimensjonene. En annen arbeidsgruppe har vurdert tjenesteforbedring, nye markeder, kompleksitet og realiserbarhet. Siste gruppen har vurdert risiko. Prosjektgruppen har i fellesskap gjennomgått alle scorer og teknologier i fellesskap.

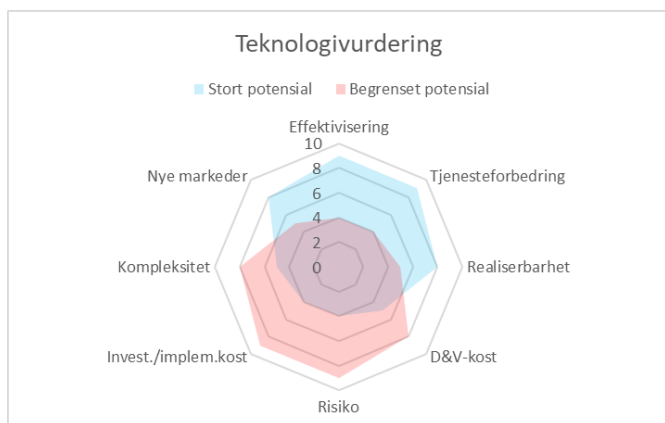
### 5.1.3 Diagrammer



Figur 5-1. Multidimensjonalt diagram, stor vs

Figur 5-2. Multidimensjonalt diagram, balansert

Multidimensjonale diagrammer (ofte også omtalt som edderkoppdiagram) kan anvendes på ulike måter. De har den fordelen at de kan illustrere flere dimensjoner samtidig, til forskjell fra to – maks tre – dimensjoner som er vanlig. Multidimensjonale diagrammer kan få frem mer nyansert informasjon, og møter slik sett behovet i dette prosjektet. Ofte er samtidig visning av alle dimensjoner verdifullt i seg selv. Når man skal prioritere må det imidlertid defineres hva som er en bra og en mindre bra form på det multidimensjonale «avtrykket» til det som fremstilles i diagrammet. En tilnærming kan være at en stor flate på avtrykket kan være bedre enn en mindre flate, jf. Figur 5-1, eller at en flate med ganske lik score på alle dimensjoner er bedre enn en flate som har store variasjoner i score på ulike dimensjoner, jf. Figur 5-2.



I denne analysen anvender vi diagrammer som har positive dimensjoner, som effektivisering og realiserbarhet i øvre/høyre halvdel. Negative dimensjoner som kostnader og kompleksitet ligger ned og til venstre i diagrammet. Dersom avtrykket til en teknologi har et tyngdepunkt over og til høyre for origo anses den å ha et større potensial enn om den ligger lang ned og til venstre for origo.

Figur 5-3. Multidimensjonalt diagram, plassering av tyngdepunkt høyt vs lavt

## 5.2 Vurderinger

Nedenfor følger en oppsummering av den multidimensjonale vurderingen av hver enkelt av de prioriterte teknologiene. Vurderingene er gjort med utgangspunkt i det modenhetsnivået teknologien forventes å ha nådd frem mot 2035. En mer detaljert beskrivelse, hentet fra datagrunnlaget til prosjektet finnes i Vedlegg 3 - Teknologiarkene for teknologier som har Multidimensjonal score.

### 5.2.1 A2-1 - Automated Train Operations (ATO) – GoA 1 og GoA 2

Automatic Train Operation (ATO) er en teknologi som automatiserer ulike funksjoner i togdrift, inkludert akselerasjon, bremsing, stopp ved plattform og dørhåndtering. Systemet opererer basert på signaldata og kan tilpasses ulike nivåer av automasjon, fra førerassistanse (GoA1 og GoA2) til full autonom drift uten fører (GoA4). ATO regulerer togbevegelser ved hjelp av signalinformasjon, som for eksempel ERTMS, og styrer hastighetsoptimalisering, bremsekurver og stopp.

ATO muliggjør presis og effektiv fremføring av tog på linjen, noe som reduserer behovet for manuell styring og forbedrer driftseffektiviteten. Dette er vurdert til å være realiserbart med en score på 7 ettersom teknologien finnes og kan implementeres

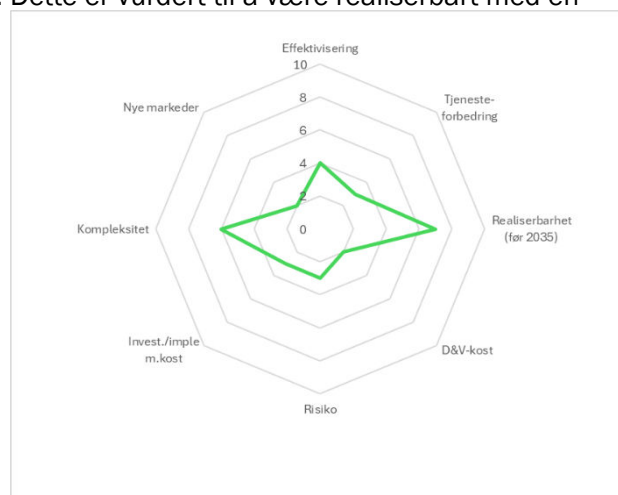
Ved nivå GoA2 kan ATO kjøre toget mer energieffektivt enn en fører, forutsatt at all nødvendig informasjon er tilgjengelig. Systemet tilpasser pådrag og bremsing til forhold som vertikalkurvatur, is på spor og andre miljøfaktorer, noe som reduserer energiforbruket. Effektivisering har fått en score på 4.

ATO optimaliserer togbevegelser og reduserer variasjoner i kjøreplanen, noe som fører til bedre punktlighet og mer forutsigbar drift.

Ved å optimalisere togbevegelser og redusere tidsintervallene mellom togene, kan ATO bidra til å øke kapasiteten på eksisterende infrastruktur.

ATO eliminerer mange av risikoene knyttet til menneskelige feil, som feilaktig bremsing eller akselerasjon, og sikrer en mer stabil og sikker drift.

ATO representerer en betydelig teknologisk utvikling innen jernbanedrift, med potensial til å redusere kostnader, øke effektiviteten og forbedre sikkerheten. Ved å kombinere avansert automasjon med eksisterende sikkerhetssystemer som ATP og ATS, kan ATO bidra til en mer bærekraftig og pålitelig jernbanedrift, samtidig som det legger til rette for økt kapasitet og bedre ressursutnyttelse. Men det er noe komplekst med en score på 6.



Figur 5-4. Multidimensjonalt diagram – Automatiserte togoperasjoner (ATO) for GoA 1 og GoA 2

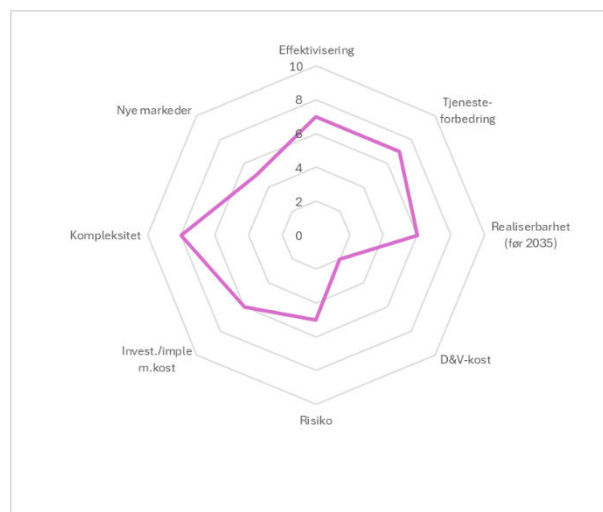
### 5.2.2 A3 - Automatisk Skifteoperasjoner (ASO) - Inkl skifteplanleggingsverktøy

Automatiske skifteoperasjoner (ASO) og skifteplanleggingsverktøy representerer et betydelig teknologisk løft innen jernbanedrift. Denne teknologien har potensial til å transformere skifteprosesser ved terminaler, med flere markante fordeler og utfordringer (Jernbanedirektoratet, 2020).

En av de mest interessante dimensjonene for ASO er effektivisering. ASO muliggjør døgnkontinuerlig skiftevirksomhet, noe som fører til mer effektive og optimaliserte skifteoperasjoner. Dette innebærer bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur, redusert behov for skiftemateriell, og betydelige reduksjoner i arbeidskraftkostnader.

Tjenesteforbedring er en annen viktig dimensjon der ASO scorer høyt. Automatiseringen fører til økt punktlighet, bedre kapasitet og styrket sikkerhet. Togstammer kan bygges raskere og mer presist, noe som reduserer forsinkelser og forbedrer avgangspresisjon. I tillegg reduserer færre manuelle inngrep risikoen for arbeidsulykker, og automatiseringen bidrar til lavere driftskostnader og mer effektiv bruk av utstyr og infrastruktur.

Når det gjelder nye markeder, åpner ASO for tilgang til nye kundegrupper og markeder ved å tilby kostnadseffektive skiftetjenester til terminaler som tidligere ikke ble betjent (hele eller deler av døgnet). Dette styrker konkurranseevnen i eksisterende markeder ved å tilby et bedre produkt for vareeiere og speditører, noe som kan øke volumet fra dagens kunder og tilbakeføre gods fra vei til bane.



Figur 5-5. Multidimensjonalt diagram – Automatiske skifteoperasjoner (ASO)

Realiserbarhet før 2035 er vurdert som god, under forutsetning om at DAC (Digital Automatic Coupling) og ERTMS (European Rail Traffic Management System) er på plass som forventet innen 2035. Dette gir en solid teknologisk grunnmur for implementeringen av ASO.

Imidlertid er det også risikoer forbundet med teknologien. Systemfeil og svikt i overvåking kan føre til stopp i operasjonene, og mekaniske feil kan kreve manuell bistand. Sikkerhetsrisikoer som ureddekomende i sporet må også håndteres.

Til slutt, investerings- og implementeringskostnader er høye, spesielt for etablering av sikringsanlegg og systemer for overvåking og kommunikasjon. Dette krever betydelige investeringer. Samtidig er D&V-kostnadene antatt å være ganske lave. Med det store potensialet for kostnadsbesparelser og effektivisering fremstår ASO som en samfunnsøkonomisk interessant teknologi som kan gi netto nytte på lang sikt.

Samlet sett viser vurderingene at ASO har et stort potensial for å forbedre effektiviteten, sikkerheten og konkurranseevnen til jernbanedrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.

### 5.2.3 A4 - Automatisk terminalutstyr – Løftemateriell

Automatisk løftemateriell har potensial til å effektivisere flyten ved terminaler, redusere personalkostnader og unngå skader. Teknologien forutsetter planleggingsverktøy, områdesikring og automatisering av flere støttefunksjoner knyttet til håndtering og sikring av lastbærere. Dette inkluderer automatisert styring av kingpinlås, støttebeinjustering og ulike former for lastesikringsutstyr, herunder automatiske containerpigger som tilpasses ulike containerlengder uten manuell innblanding. Slik funksjonalitet er særlig viktig for å håndtere et bredere spekter av lastbærertyper effektivt og sikkert.

Geofencing og sensorteknologi er viktige teknologiske muliggjørere for å sikre at mennesker og dyr ikke befinner seg i fareområder under operasjonene.

En av de mest interessante dimensjonene er effektivisering. Ved å kombinere automatisk løftemateriell med Terminal Operasjons Systemet (TOS) og planleggingsverktøy, kan terminaler oppnå betydelige effektiviseringer. Dette inkluderer flere løft per time og reduserte personalkostnader. Tilsvarende teknologier er allerede implementert i store havner som Shanghai Port og Rotterdam, noe som viser dens praktiske anvendbarhet og effektivitet.

Tjenesteforbedring er en annen definerende dimensjon. Automatiserte løfte- og sorteringssystemer gir raskere og mer presis håndtering av containere og vogner, noe som reduserer omlastingstid og forbedrer punktligheten i godsleveranser. Terminaler kan operere døgntkontinuerlig, noe som gir økt fleksibilitet og bedre utnyttelse av infrastrukturen. Dette er spesielt fordelaktig for mindre terminaler som i dag har begrenset åpningstid på grunn av lønnskostnader og bemanningshensyn.

Når det gjelder nye markeder, kan automatisk terminalutstyr tiltrekke flere kunder ved å tilby forbedrede tjenester. Dette gir terminalene mulighet til å betjene flere tog og håndtere flere lastbærere per time, noe som øker gjennomstrømningen og utnyttelsen av infrastrukturen.

Sannsynligheten for realisering før 2035 er høy, spesielt for automatiserte kraner som allerede er tilgjengelige på markedet. Utviklingen av løsninger for reach stackere og andre semiautomatiserte systemer viser at teknologien er i rask fremgang og vil være klar for bred implementering innen de neste tiårene.

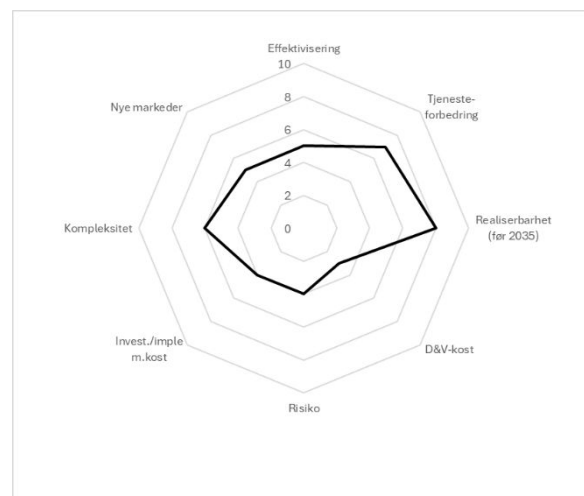
Imidlertid er det også risikoer forbundet med teknologien, inkludert sårbarhet for systemfeil og mekaniske feil som kan kreve manuell bistand. Sikkerhetsrisikoer som uvedkommende i lastegater og lastesporene må også håndteres nøye.

Investerings- og implementeringskostnader er høye, spesielt for etablering av sikringsanlegg og systemer for overvåkning og kommunikasjon. Likevel, med de potensielle kostnadsbesparelsene og effektiviseringene som teknologien tilbyr, kan disse investeringene vise seg å være lønnsomme på lang sikt.

Samlet sett viser vurderingene at automatisk terminalutstyr har potensial for å forbedre effektiviteten, sikkerheten og konkurranseevnen til terminaldrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.

#### 5.2.4 A5 - Automatisk terminalutstyr – Containerlager

Autonome containerlager kan øke kapasiteten på et gitt terminalområde, effektivisere flyten, redusere personalkostnader og unngå skader. Denne teknologien forutsetter planleggingsverktøy og områdesikring, avhengig av teknologisk modenhet.



Figur 5-5. Multidimensjonalt diagram - Autonomt løftemateriell

En av de mest interessante dimensjonene er effektivisering, som har fått en høy score på 7. Teknologien kan redusere personalkostnader og forbedre effektiviteten ved terminaler. Ved å implementere systemer som Boxbay / Highbay, som muliggjør høy og tett lagring med direkte tilgang til hver container, kan terminaler oppnå høy lagerkapasitet per areal. Dette er spesielt nyttig for terminaler med begrenset plass, ettersom det gir høyere kapasitetsutnyttelse på samme areal. Begrenset plass er et økende problem for mange norske terminaler, ettersom de ligger i bynære strøk.

Tjenesteforbedring er en annen definerende dimensjon med en score på 6. Automatiserte systemer gir fleksibel og rask tilgang til alle containere, uavhengig av plassering eller rekkefølge, og muliggjør rask og behovsstyrt lastning uten omstabling. Fullautomatisert drift reduserer bemanningsbehovet og fjerner sikkerhetsrisiko knyttet til fysisk operasjon av tunge løft og maskiner.

Når det gjelder nye markeder, har denne teknologien fått en score på 3. Selv om denne dimensjonen har fått en lavere score, er potensialet for å betjene flere kunder og øke gjennomstrømningen betydelig. Forbedrede tjenester kan tiltrekke flere kunder og åpne for nye markeder. Blant annet kan et containerlager med ledig kapasitet tilby lagringsplass til aktører som ikke nødvendigvis skal benytte jernbane transport.

Realiserbarhet før 2035 er vurdert som utfordrende med en score på 5. Nye løsninger som "store lagerhyller" for containere er svært fleksible, men det er usikkerhet rundt behovet og kostnadene for en slik lagring på jernbanen. Teknologien må kunne forsvares økonomisk for å bli bredt implementert.

D&V-kostnader (drifts- og vedlikeholdskostnader) har fått en score på 6. Vedlikehold av automatisk terminalutstyr er dyrere enn konvensjonelt materiell.

Risiko er en viktig dimensjon med en score på 6. Systemfeil, svikt i overvåking og mekaniske feil kan føre til stopp i operasjonene og kreve manuell bistand. Disse risikoene må håndteres nøye for å sikre pålitelig drift.

Investerings- og implementeringskostnader har fått en score på 7. Investeringer i infrastruktur, områdesikring og sertifisering er nødvendige for å tilrettelegge for autonome løfteoperasjoner. Selv om kostnadene er betydelige, kan de potensielle kostnadsbesparelsene og effektiviseringene gjøre disse investeringene lønnsomme på lang sikt.

Samlet sett viser vurderingene at automatisk terminalutstyr for containerlager har stort potensial for å forbedre effektiviteten, sikkerheten og konkurranseevnen til terminaldrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.



Figur 5-6. Multidimensjonalt diagram - Autonomt containerlager

### 5.2.5 A6 - Automatisk terminalutstyr – Terminaltraktorer

Autonome terminaltraktorer, har potensial til å effektivisere flyten ved terminaler, redusere personalkostnader og unngå skader. Denne teknologien forutsetter planleggingsverktøy, områdesikring og automatisk styring av sikring av lastbærer til terminaltraktor og

støttebeinjustering, spesielt for semitrailere. Geofencing og Digital Acoustic Sensing (DAS) er viktige teknologiske muliggjørere for å sikre at mennesker og dyr ikke befinner seg i farlige områder.

En av de mest interessante dimensjonene er realiserbarhet, som har fått en høy score på 8. Automatiserte terminaltraktorer eksisterer allerede i ulike varianter rundt om i verden. En utfordring kan være å få til en autonom terminaltraktor som fungerer tilfredsstillende på vinterstid i Norge, men teknologien er spesielt relevant for store terminaler som Alnabru og for kjøring mellom havner og jernbaneterminaler, for eksempel i Bodø.

Effektivisering har fått en score på 4. Teknologien kan redusere personalkostnader og forbedre effektiviteten ved terminaler. Automatiserte terminaltraktorer gir rask, kontinuerlig og forutsigbar transport av containere mellom kai og jernbaneterminal, noe som reduserer ventetid og øker punktligheten i godstrafikken. Autonome kjøretøy kan operere døgnet rundt uten bemanning, noe som gir større fleksibilitet og bedre utnyttelse av terminalens kapasitet.

Tjenesteforbedring er scoret til 4. Automatiseringen reduserer behovet for manuell kjøring i travle terminalområder, noe som minimerer risikoen for ulykker og bidrar til lavere personell- og driftskostnader. Dette kan for eksempel gi en effektiv kobling mellom havn og jernbane, noe som er spesielt viktig i høytrafikkerte områder.

Når det gjelder nye markeder, har denne teknologien fått en score på 4. Selv om denne dimensjonen har fått en moderat score, er potensialet for å betjene flere kunder og øke gjennomstrømningen betydelig. Forbedrede tjenester kan tiltrekke flere kunder og åpne for nye markeder.

D&V-kostnader (drifts- og vedlikeholdskostnader) antas å være relativt lave og har fått en score på 2. Vedlikehold av automatisk terminalutstyr er dyrere enn det konvensjonelle materiellet som erstattes, og det stilles større krav til gode kjøreforhold. I jernbanesammenheng er dette likevel vurdert som lave D&V-kostnader sammenliknet med andre teknologier som vurderes.

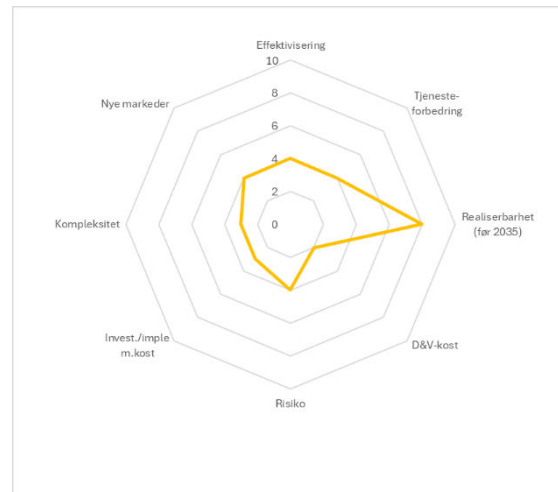
Risiko er en viktig dimensjon med en score på 4. Systemfeil, svikt i overvåkning og mekaniske feil kan føre til stopp i operasjonene og kreve manuell bistand. Frittgående mennesker og dyr på terminalområdet utgjør også en sikkerhetsrisiko.

Investerings- og implementeringskostnader har fått en score på 3, altså en relativt moderat kostnad i denne sammenheng. Investeringer i terminaltraktorer og infrastruktur er nødvendige for å tilrettelegge for autonome operasjoner. Lave kostnader og moderat god effektivisering og tjenesteforbedring antyder at disse investeringene kan være lønnsomme.

Samlet sett viser vurderingene at autonome terminaltraktorer har potensial for å forbedre effektiviteten, sikkerheten og konkurransevnen til terminaldrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.

### 5.2.6 A9 - Automatisk terminalutstyr - Snø-/isrydding

Automatisk fjerning av snø og is har potensial til å forbedre driftssikkerheten og punktligheten ved terminaler om vinteren. Det er uklart hva som vil være den beste løsningen, og om løsningen



Figur 5-7. Multidimensjonalt diagram - Autonome terminaltraktorer

ligger i teknologi eller innovasjon eller i skjæringspunktet. Det ligger et potensiale i at effektiviseringen og tjenesteforbedringen virker å kunne overgå kostnadene.

En av de mest interessante dimensjonene er tjenesteforbedring, som har fått en høy score på 7. Automatisk fjerning av snø og is reduserer risikoen for tekniske feil, driftsstans og forsinkelser som ofte oppstår i vinterdrift. Dette gjelder spesielt for trailervogner. Automatisert snø- og isfjerning kan gi kortere oppholdstid på terminalen og bidra til høyere gjennomstrømning og bedre kapasitetsutnyttelse. Automatisering erstatter tunge og risikofylte manuelle oppgaver i kalde og glatte omgivelser, noe som gir tryggere arbeidsforhold og reduserer behovet for vinter-bemanning utendørs.

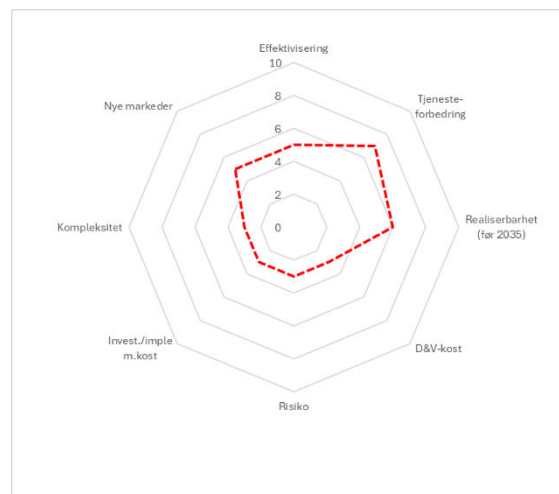
Nye markeder har fått en score på 5. Bedre punktlighet og redusert risiko for driftsavvik vinterstid gjør jernbanen mer pålitelig som ledd i internasjonale logistikkjeder, spesielt for trailergods og annen følsom last. Teknologien kan tiltrekke flere kunder som følge av tjenesteforbedring og styrke jernbanens attraktivitet i intermodale kjeder. Automatisering gjør det økonomisk mulig å opprettholde full vinterdrift uten stort behov for ekstra mannskap, noe som åpner for nye driftskonsepter og helårsoperasjon ved mindre terminaler.

Effektivisering har også fått en score på 5. Selv om denne dimensjonen ikke har fått den høyeste scoren, er det et potensial for å redusere personalkostnader og forbedre effektiviteten. Automatisering av snø- og isfjerning kan bidra til raskere terminalprosesser og bedre kapasitetsutnyttelse i vinterdrift.

Realiserbarhet før 2035 har fått en score på 6. Dagens løsninger er manuelle, dyre og ressurskrevende. Snø og is er et særnorsk problem som i seg selv taler for at Norge selv må ta et ansvar for å utvikle løsninger. Den optimale løsningen er ukjent og må utforskes nærmere, men det er potensial for å utvikle effektive automatiserte systemer.

Investerings- og implementeringskostnader, D&V-kostnader og risiko knyttet til det automatiserte snø- og isfjerningsutstyret, antas i denne sammenhengen å være ganske lav.

Samlet sett viser vurderingene at automatisk terminalutstyr for fjerning av snø og is har stort potensial for å forbedre driftssikkerheten, punktligheten og effektiviteten ved terminaldrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.



Figur 5-8. Multidimensjonalt diagram - Autonom fjerning av snø og is

### 5.2.7 A10 - Automatisk terminalutstyr – Lastsikring

Automatisk lastesikringsutstyr har potensial til å forbedre sikkerheten og effektiviteten ved terminaler. Selv om teknologien kanskje ikke scorer veldig høyt på effektivisering og tjenesteforbedringer, kan den bidra til å redusere risikoen for godsskader og forbedre kvaliteten på leveransene.

En av de mest interessante dimensjonene er realiserbarhet, som har fått en høy score på 9. Teknologien for automatisert lastesikring finnes allerede og kan innføres trinnvis, støttet av digital infrastruktur og sikkerhetskrav. utfordringer inkluderer manglende standarder, kostnader, behov

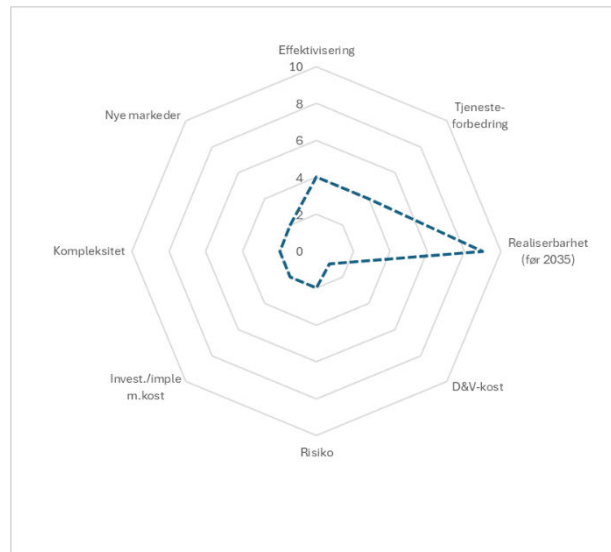
for materielltilpasning og samarbeid mellom aktører, men det er realistisk å implementere denne teknologien før 2035.

Effektivisering har fått en score på 4. Automatisert lastesikring kan redusere håndteringstid og risiko for menneskelige feil, noe som gir raskere og mer pålitelig terminaldrift. Selv om denne dimensjonen ikke har fått den høyeste scoren, er potensialet for å forbedre effektiviteten betydelig.

Tjenesteforbedring har også fått en score på 4. Automatisert sikring av semitrailere og containere sørger for korrekt tilkobling hver gang, noe som minimerer feil, forskyvninger og skader under transport. Systematisk og dokumenterbar lastesikring styrker leveringssikkerheten og reduserer avvik, noe som gir høyere kvalitet i tjenesten og økt tillit fra kundene.

Når det gjelder nye markeder, har denne teknologien fått en lav score på 2.

Investerings- og implementeringskostnader, D&V-kostnader og risiko antas å være lav. Med de potensielle kostnadsbesparelsene og effektiviseringene som teknologien tilbyr, kan slike investeringer ha et positivt potensial.



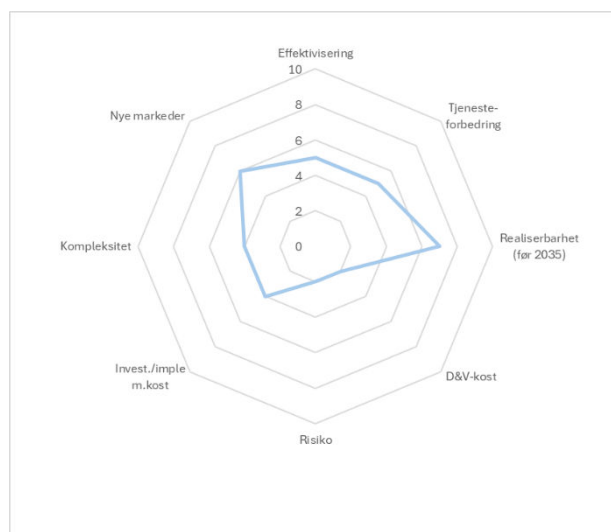
Figur 5-9. Multidimensjonalt diagram - Autonom lastesikring

### 5.2.8 A12 - Automatisering av drift og vedlikehold

Automatisering av drift og vedlikehold har potensial til å transformere vedlikeholdsprosesser for kjøretøy og infrastruktur ved terminaler. Teknologien omfatter tilstandsbasert og trendbasert vedlikehold og effektivisering av verkstedsoperasjoner gjennom sensordata og automatiserte systemer.

En av de mest interessante dimensjonene er nye markeder, som har fått en høy score på 7. Automatisering kan tiltrekke flere kunder ved å forbedre tjenestekvaliteten. Bedre punktlighet og redusert risiko for driftsavbrudd gjør jernbanen mer pålitelig, noe som styrker dens attraktivitet i intermodale logistikkjeder.

Effektivisering har fått en score på 5. Automatisering kan optimalisere vedlikeholdssykluser for kjøretøy og infrastruktur og effektivisere verkstedsoperasjoner. Gjennom autogenerated verkstedordrer, integrert delebestilling og optimalisert arbeidslister kan man øke



effektiviteten og redusere ventetider for reparasjon, noe som igjen kan redusere kapitalbinding og øker kapasitetsutnyttelsen.

På sikt ligger også muligheten for å automatisere selve verkstedsoperasjonene som skifte av boggie og hjul. Dette ligger lenger frem i tid og er ikke vurdert her.

Figur 5-10. Multidimensjonalt diagram - Automatisert drift og vedlikehold

Tjenesteforbedring har også fått en score på 5. Automatiserte overvåkingssystemer gir tidlig varsling om feil og slitasje, noe som reduserer driftsavbrudd og øker leveringssikkerheten. Målrettet og behovsbasert vedlikehold gir lavere kostnader og mindre unødvendig nedetid. Teknologien kan implementeres trinnvis og integreres i eksisterende systemer, noe som gir rask gevinst uten å vente på full systemomlegging.

Realiserbarhet før 2035 har fått en score på 7. Full automatisering er urealistisk i hele godskjeden, men på utvalgte områder er det fullt mulig og allerede teknologisk og operativt gjennomførbart. Hovedutfordringer inkluderer investeringer, standardisering, datasamarbeid og ulik modenhet blant aktørene. De fleste løsningene finnes allerede og testes i pilotprosjekter.

Investerings- og implementeringskostnader har fått en score på 4 og D&V-kostnader en score på 2. Dette er en lav kostnadsside, som er basert på at systemer for overvåkning/diagnostisering om bord i kjøretøy og langs sporet, samt systemer for å behandle innsamlede data fra disse allerede er på plass.

Samlet sett viser vurderingene at automatisering av drift og vedlikehold har stort potensial for å forbedre effektiviteten, sikkerheten og kvaliteten ved terminaldrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.

### 5.2.9 M5 - Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold

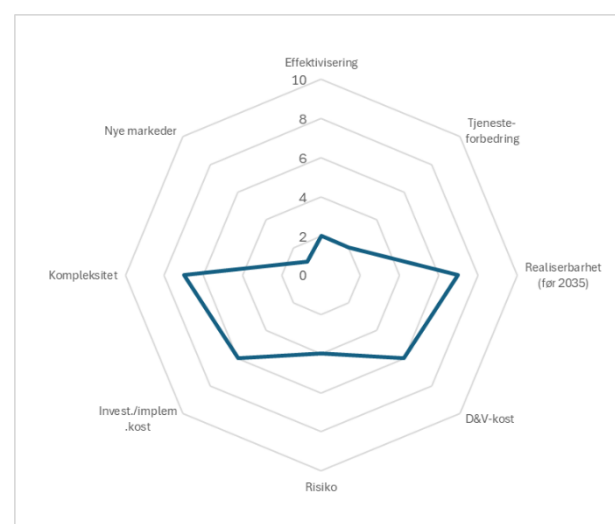
Støysvake bremsere har potensial til å forbedre samfunnsaksept og konkurransefortrinn for jernbanetransport, spesielt i bynære områder med strenge støyrestriksjoner. Selv om teknologien kanskje ikke har stor effekt på å åpne nye markeder, kan den bidra til lavere infrastrukturinvesteringer og bedre tjenestekvalitet.

En av de mest interessante dimensjonene er realiserbarhet, som har fått en høy score på 7. Støysvake bremsere kan redusere støy, men krever teknologitilpasning for å fungere pålitelig i nordisk vinterklima med snø og is. Videre utvikling og testing er nødvendig, inkludert testmetodikk og godkjeningsrutiner. Det vil ta tid å teste ulike metoder og løsninger og få løsningen godkjent.

Effektivisering har fått en score på 2. Lavere infrastrukturinvesteringer kan oppnås på grunn av redusert behov for bygging av støyskjermer.

Tjenesteforbedring har fått en score på 2.

Redusert støybelastning gir bedre samfunnsaksept, noe som gjør det lettere å opprettholde og utvikle godstrafikk i bynære områder med støyrestriksjoner. Aktører som tar i bruk godkjente, støysvake vinterbremsere tidlig vil være bedre posisjonert når strengere støykrav og miljøreguleringer trer i kraft i EU og Norge.



Figur 5-11 Multidimensjonalt diagram - Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold

D&V-kostnader har fått en score på 6. Støysvake bremsere er betydelig dyrere enn konvensjonelle bremsklosser, med kostnader som kan være 10-20 ganger høyere. Bremsere slites, og det er et stort antall vogner som jevnlig vil trenge utskifting av bremsklosser.

Risiko har fått en score på 4. Uforutsigbare bremseegenskaper under vinterforhold og utfordringer for grensekryssende trafikk og tilgang til leasing av vogner i Europa er viktige risikofaktorer som må håndteres nøye.

Investerings- og implementeringskostnader har fått en score på 6. Problemet er knyttet til vinterforhold og Norge må påregne å være pådriver for å finne en løsning og få denne godkjent.

### 5.2.10 E1 - Vogner med egen fremdrift

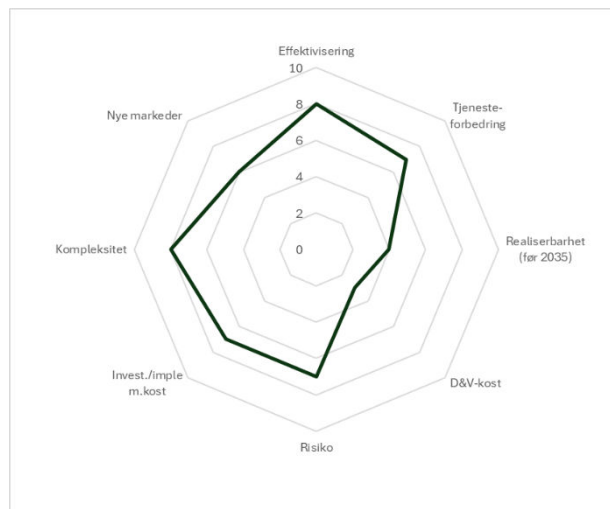
Vogner med egen fremdrift har potensial til å forenkle skifteoperasjoner og sammensetting av togstammer, samtidig som de bidrar til trekraft under fremføring. Dette reduserer behovet for flere lokomotiver og øker muligheten for høyere togvekt. Teknologien forutsetter automatisering (DAC og ASO) for forflytninger inne på terminaler, men krever ikke dette underveis i fremføringen (Felez, et al., 2024).

En av de mest interessante dimensjonene er effektivisering, som har fått en høy score på 8. Vogner med egen fremdrift kan redusere kostnader på terminaler til skifting og klargjøring av tog, samt redusere fremføringskostnad per tonn ved å muliggjøre økt togvekt. Teknologien gir raskere fremføring, reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp og lavere lokomotivkostnader. Muligheten for regenerering av energi ved bremsing og mer effektiv utnyttelse av eksisterende infrastruktur kan også spare dyre infrastrukturinvesteringer.

Tjenesteforbedring har fått en score på 7. Vogner med egen fremdrift muliggjør levering av enkeltvogner direkte til kundespor eller mindre terminaler uten lokomotiv, noe som gjør vognlaster mer fleksibel og økonomisk attraktiv. Dette åpner også for intermodale transporter til terminaler som i dag anses som for små for ordinær togdrift. Egenfremdrift reduserer behovet for skifting, lokomotivbruk og manuell håndtering, noe som gir lavere kostnader per transport og raskere togklargjøring.

Nye markeder har fått en score på 6. Selvkjørende vogner kan nå mindre terminaler og industrispør uten behov for trekraft, noe som gjør det lønnsomt å betjene områder og kunder som i dag faller utenfor jernbanens rekkevidde. Egen fremdrift reduserer behovet for manuell skifting og lokomotivflytting, gir raskere togklargjøring og muliggjør høyere hastighet og bedre flyt i godstrafikken.

Realiserbarhet før 2035 har fått en score på 4. Teknologien finnes, men er kostbar og gir utfordringer med vekt, styring og vedlikehold. Løsningene er mest realistiske for nisjeområder som terminaler og industrispør innen 5–10 år. På jernbanenettet vil det være mest naturlig å starte implementeringene i bratteste stigningene der behovet for ekstra trekraft er størst.



Figur 5-12. Multidimensjonalt diagram - Vogner med egen fremdrift

Investerings- og implementeringskostnader har fått en score på 7. Kostnadene er antatt høye for både offentlige og private aktører. Lineærsystemer vil kreve investeringer både i spor og på kjøretøy, og investeringer i styringssystemer antas å være betydelige.

D&V-kostnader har fått en score på 3. Vedlikehold kan utgjøre ca. 2,5 % av investeringskostnaden, og det kan være høyere kostnader knyttet til energi for å øke hastigheten uten ekstra lokomotiv.

Risiko har fått en score på 7. Systemfeil, svikt i overvåkning og mekaniske feil kan føre til stopp i operasjonene og kreve manuell bistand. Batterier og elmotorer i alle vogner øker risikoen for brann og andre uønskede hendelser.

Samlet sett viser vurderingene at vogner med egen fremdrift at det er en betydelig investeringskostnad, men at teknologien også kan gi betydelig effektivisering, tjenesteforbedring og nå ut i nye markeder.

### 5.2.11 E2 - Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner

Løsningen for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner har potensial til å redusere dieselforbruk og klimagassutslipp, noe som gir et grønnere og mer bærekraftig transporttilbud. Dette er spesielt viktig for norske matvareprodusenter og -distributører, som lakseeksportører og dagligvarebransjen, der det er et sterkt ønske om bærekraftige løsninger. Bærekraft signaliserer teknologisk ansvarlighet og miljøambisjon, noe som gir konkurransefortrinn i markedet, særlig i offentlige anskaffelser og miljøsertifiserte logistikk kjeder. Ved å fase ut dieseldrevne aggregater reduseres også lokal støy og luftforurensning i og rundt terminalområder, noe som forbedrer arbeidsmiljøet og gjør det lettere å opprettholde godstrafikk i bynære strøk.

Tilrettelegging for elektriske kjøleaggregat gir særlig uttelling på tjenesteforbedring. I tillegg er løsningen ansett å være mulig å realisere før 2035. Det er vurdert tre ulike løsninger for elektrisk drift av kjøleaggregater. Teknisk er dette mulig ved

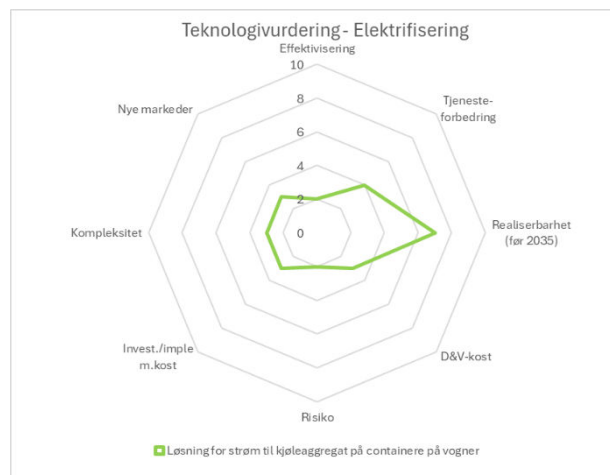
(1) batterier som lades ved hjelp av regenerering av strøm fra bevegelsen i vognhjulene, (2) strømmuttak via kabel gjennom toget fra lokomotivet, og (3) induksjon fra strømskinne i sporet.

Sistnevnte krever store infrastrukturinvesteringer og løsning 2 vil utfordre en eventuell DAC-implementering. For denne analysen legges det derfor til grunn en løsning 1 basert på batterier og regenerert energi. Dette krever tilpasning av vogner og et smart system for styring av regenerering slik at dette for eksempel ikke skjer samtidig på alle vogner, mens toget forserer en bratt stigning.

Offentlige myndigheter bør støtte elektrifisering av kjølecontainere gjennom investeringer, krav i offentlige anskaffelser og pilotprosjekter, i tråd med klimamål og utslippsreduksjon.

Effektiviseringsgevinsten og effekten på nye markeder er mer begrenset. Det er imidlertid en risiko for å tape markedsandeler dersom det ikke elektrifiseres, noe som understreker viktigheten av å implementere denne teknologien.

Risiko er en viktig dimensjon å vurdere. Systemfeil kan føre til stopp i kjølingen på hele toget og kreve manuell bistand. Disse risikoene må håndteres nøye for å sikre pålitelig drift.



Figur 5-13 Multidimensjonalt diagram - Løsning for strøm til kjøleaggregat

Dette innebærer investeringer på hver vogn, og kanskje også på lokomotiv, og strømsystemer gjennom toget, er nødvendige. Mye av investeringen havner hos eier av vogner og lokomotiv, men det offentlige må antakelig ta en rolle i utviklingen i en smart strømløsning som reduserer det samlede effektbehovet til dette i hvert godstog.

Det finnes løsninger for fossilfri kjøling på semitrailere for veibruk som baseres på batterier og oppsamling av bremseenergi. Hvis denne eller lignende løsninger blir vanlig vil behovet for å gi strøm til kjøleaggregat uten dieselmotor komme raskere også på jernbanen.

### 5.2.12 E5 - Utslippsfrie fremføring av gods på linja

Utslippsfri fremføring av gods på linja, som foreslått i KVU Green, har potensial til å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp og energibruk, samtidig som det forbedrer trekraft og øker togvekten. Dette er spesielt relevant for Nordlandsbanen, Rørosbanen og Solørbanen.

En av de mest interessante dimensjonene er realiserbarhet, som har fått en høy score på 7. KVU Green viser at det er teknisk mulig å bygge denne infrastrukturen. Anbefalingen om batteridrift med del-elektrifisering for Nordlandsbanen og full elektrifisering for Røros- og Solørbanen gir en reell mulighet for utslippsfri godstransport, men krever betydelige investeringer i både infrastruktur og nytt materiell.

Effektivisering har fått en score på 5. Elektrisk fremføring er billigere per tonnkilometer, noe som reduserer kostnader og øker konkurranseevnen til toget. Større trekraft med elektrisk drift gir rom for økt togvekt og dermed lavere fremføringskostnad per tonn. Overføring til tog som følge av økt konkurranseevne senker samfunnets samlede kostnader til transport.

Tjenesteforbedring har også fått en score på 5.

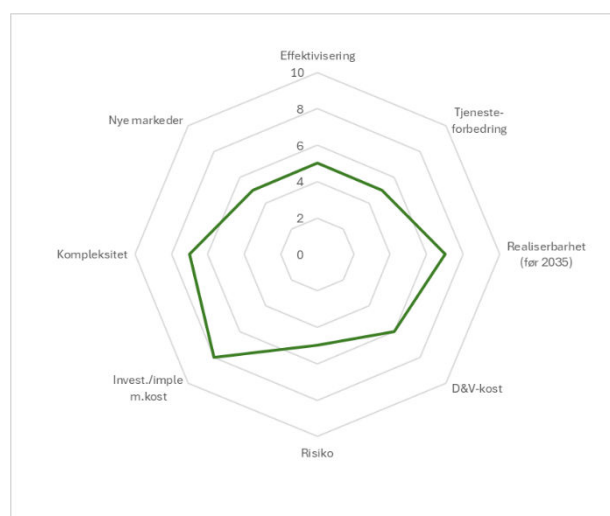
Nullutslippsløsninger som batteridrift gir klimavennlig transport uten å gå på bekostning av leveringskvalitet, og styrker jernbanens konkurranseevne i grønne logistikkjeder. Redusert støy og lokal forurensning muliggjør godstransport nær byområder og nye markeder der dieseldrift tidligere har vært en barriere.

Nye markeder har fått en score på 5. Elektrisk fremføring reduserer kostnader og øker konkurranseevnen til toget, noe som er nødvendig for å forbli relevant i markedet. Dette kan åpne for nye markeder og kunder som er opptatt av bærekraftige transportløsninger.

D&V-kostnader har fått en score på 6. Vedlikehold av kontaktledninger og tilhørende infrastruktur vil være nødvendig.

Risiko har fått en score på 6. Myndighetsgodkjenning av tekniske løsninger og risiko for brann og andre uønskede hendelser knyttet til batterier er viktige faktorer som må håndteres nøye.

Investerings- og implementeringskostnader er høye (score 8). Kostnadene for del-elektrifisering av Nordlandsbanen og helelektrifisering av Røros- og Solørbanen, samt innkjøp av bimodale og elektriske lokomotiver, er betydelige.



Figur 5-14. Multidimensjonalt diagram - Utslippsfri fremføring av gods på linja

Samlet sett viser vurderingene at utslippsfri fremføring av gods på linja har stort potensial for å forbedre bærekraften, effektiviteten og kvaliteten ved jernbanetransport, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.

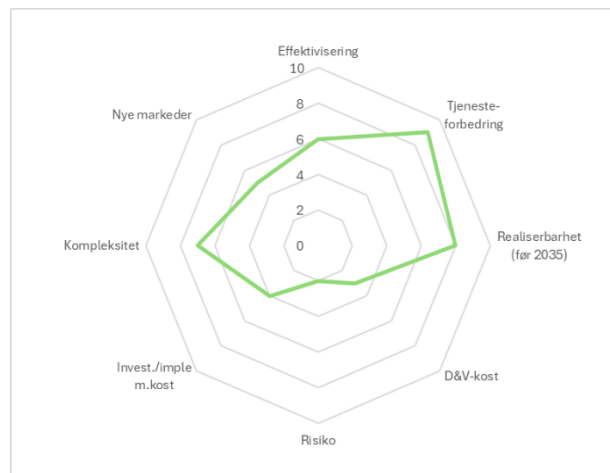
### 5.2.13 K1 - Forbedret transportstyring

Forbedret transportstyring (TMS/TOS) har potensial til å revolusjonere styringen av transportkjeden, distribusjonstrafikk, terminalstyring og togstyring. Denne teknologien forutsetter datadeling, overvåkning av lasteenheter, last, infrastruktur og kjøretøy, samt forbedrete tjenester og systemer for speditører.

En av de mest interessante dimensjonene er tjenesteforbedring, som har fått en høy score på 9. Sanntidsstyring og automatisert informasjonsflyt gir økt presisjon og forutsigbarhet i leveransene, noe som er til nytte for kunder, vareeiere, samlastere og terminaler. Åpen tilgang til transport data gjør det mulig å planlegge bedre på tvers av aktører, redusere ventetid og håndtere avvik raskere i hele logistikk kjeden. Teknologien er tilgjengelig og delvis moden, men krever felles standarder, datadeling og samarbeid for å realisere fullt potensial.

Realiserbarhet før 2035 har fått en score på 8. Europe's Rail jobber med problemstillingen i FP5 Trans4m-r og delvis FP1 MOTIONAL.

Effektivisering har fått en score på 6. Færre og raskere operasjoner, særlig på terminaler og hovedspor, gir bedre kontroll på tidspunkt for henting og levering av lastbærere. Dette gir mulighet for å optimalisere planlegging av løfteoperasjoner, plassering på tog, dephåndtering, og reduserer håndteringskostnad per enhet. Bedre kapasitetsutnyttelse på både terminal og hovedspor er også en viktig gevinst.



Nye markeder har fått en score på 5. Bedre produkt fra togoperatør til kunder og vareeiere kan tiltrekke nye markeder og kunder, noe som styrker konkurranseevnen.

D&V-kostnader har fått en score på 3. Primært vil det være kostnader knyttet til programvareoppdateringer og lisenskostnader.

Figur 5-15. Multidimensjonalt diagram - Forbedret transportstyring

Risiko har fått en score på 2. Cybersikkerhet og sårbarhet for systemfeil er viktige risikofaktorer som må håndteres nøye.

Investerings- og implementeringskostnader er moderat (score 4). Systemutviklingskostnader, utvikling av optimaliseringsalgoritmer og datakommunikasjonsstandarder er nødvendige investeringer. Kostnadene må primært tas av terminaleier/-operatør, men også noen investeringer fra togoperatør. Jernbanedirektoratet kan ha insentiv til å drive frem en slik utvikling, da det gir bedre utnyttning av eksisterende kapasitet.

Samlet sett viser vurderingene at forbedret transportstyring har stort potensial for å forbedre effektiviteten, sikkerheten og kvaliteten ved terminaldrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller.

### 5.2.14 K2 - Datadeling (inkl. deling av transportdokumentasjon)

Datadeling, spesielt innen transportdokumentasjon, har potensial til å forbedre styringen av transportkjeden og legge til rette for forbedret transportstyring. Teknologien forutsetter data som kan deles, standarder for datadeling, og teknologiske muliggjørere som for eksempel eFTI (standard for europeisk transportdokumentasjon).

En av de mest interessante dimensjonene er realiserbarhet, som har fått en høy score på 9. Realisering krever sterkere standardisering, tillit mellom aktører og offentlig tilrettelegging. Offentlig fasilitering av felles dataplattformer eller minimumsstandarder er nødvendig for å oppnå fullt potensial.

Nye markeder har fått en score på 7.

Standardisert og sanntidsbasert datadeling muliggjør sømløs integrasjon mellom aktører, noe som legger til rette for nye tjenester som døgnkontinuerlig sporing, automatisert lossing og digital fortolling. Enkel tilgang til transportdokumentasjon og presis informasjon i sanntid gir høyere transparens og forutsigbarhet, noe som gjør jernbanen mer attraktiv for nye kunder. Dette forenkler også inngangen for nye aktører og nisjetjenester.

Tjenesteforbedring har fått en score på 7. Deling av sanntidsdata og transportdokumentasjon gir bedre planlegging, færre misforståelser og mer presise leveranser gjennom hele logistikk kjeden. Felles tilgang til dokumentasjon reduserer manuelle feil og dobbeltarbeid, og legger til rette for mer sømløse overganger mellom aktørene i transportleddene. Åpen og standardisert datadeling skaper felles situasjonsforståelse, økt forutsigbarhet og bedre samhandling mellom private aktører og myndigheter.

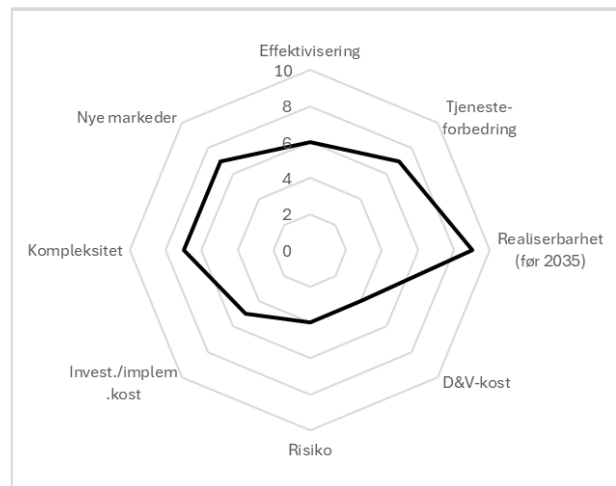
Effektivisering har fått en score på 6. Alle aktører i systemet er bedre informert og kan ta bedre valg, noe som fører til spart tid, spart kostnad og effektiv utnytting av ressurser.

D&V-kostnader har fått en score på 4. Primært vil det være kostnader knyttet til datalagring, håndtering og prosessering, samt lisenser.

Risiko har fått en score på 4. Aktører kan anse datadeling som et konkurransefortrinn og dermed være motvillige til å dele standarder. Cybersikkerhet er også en viktig risikofaktor, spesielt med tanke på hvor dataene skal lagres.

Investerings- og implementeringskostnader har fått en score på 5. Det er primært snakk om kostnader til systemutvikling, datalagring, datahåndtering og prosessering.

Samlet sett viser vurderingene at datadeling har stort potensial for å forbedre effektiviteten, sikkerheten og kvaliteten ved terminaldrift, samtidig som det åpner for nye markeder og driftsmodeller. Kostnaden er moderat.



Figur 5-16. Multidimensjonalt diagram - Datadeling

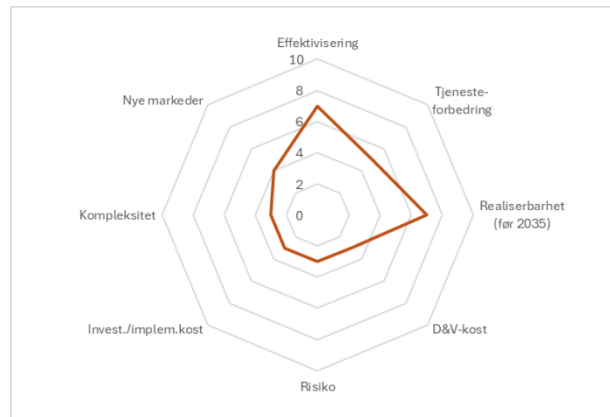
### 5.2.15 K5 - Ombordovervåking av kjøretøy

Ombordovervåking av kjøretøy er en teknologi med stort potensial for å forbedre både driftseffektivitet og sikkerhet innen jernbanetransport. Denne teknologien har som mål å løse

flere kritiske utfordringer, inkludert sanntidsovervåking av kjøretøys posisjon, verifisering av lufttilførsel til enden av togstammen, og tilstandsovervåking av komponenter som hjul og hjullager. Dette gir en omfattende innsikt i kjøretøyets tekniske tilstand og bidrar til å forhindre uforutsette driftsstopp.

En av de mest interessante dimensjonene ved denne teknologien er dens evne til å åpne nye markeder. Sanntidsdata om posisjon, temperatur, vibrasjoner og lastestatus gjør det mulig å tilby dokumentert og sporbar transport, noe som er spesielt attraktivt for segmenter som farmasi, ferskvarer og høyverdig teknologi. Dette styrker tilbudet til kunder med høye krav til transportkvalitet og sikkerhet.

Effektivisering er en annen nøkkeldimensjon, med en høy score på 7. Tidlig deteksjon av skader og tilstandsbasert vedlikehold reduserer reparasjons- og vedlikeholdskostnader betydelig. I tillegg gir automatisk vognvisitasjon og bremseprøve store tidsbesparelser, noe som effektiviserer terminaldriften og frigjør kapasitet. Dette bidrar til lavere lønnskostnader og økt produktivitet.



Når det gjelder tjenesteforbedring, gir sanntidsovervåking av teknisk tilstand bedre driftssikkerhet og færre avbrudd. Dette fører til mer presist og kostnadseffektivt vedlikehold, som igjen gir lengre levetid på komponenter og lavere vedlikeholdskostnader over tid. Deling av kjøretøyets posisjon i sanntid med kunder øker også kundetilliten og verdien av transporttjenesten.

Figur 5-17. Multidimensjonalt diagram – Ombordovervåking av kjøretøy

Realiserbarheten før 2035 vurderes som høy teknologisk, men middels operasjonelt og økonomisk. Teknologien er gjennomførbar for lokomotiver og moderne vogner, men utfordringer gjenstår for eldre materiell og lavmargin-gods. Dette krever koordinert investering og standardisering for å oppnå full implementering. Kompleksiteten anses som relativt lav, ettersom det finnes løsninger som allerede er i drift, både i lokomotiver og for godsvogner. Kompleksiteten avhenger blant annet av hva slags type sensorer som ønskes montert, og løsning for datadeling.

Dette er en type teknologi som primært anskaffes og implementeres av eiere av lokomotiv, vogner etc. Nyttens av å overvåke eget kjøretøy tilfaller også i størst grad eier. Det er imidlertid også i infrastruktureiers interesse at feil på kjøretøy avdekkes på et så tidlig stadium som mulig. Det gir mulighet til å sette av defekte kjøretøy på første mulige sidespor dersom det defekte kjøretøyet også skader infrastruktur under kjøring. Det offentlige rolle kan særlig knyttes til en dataløsning for lagring og deling av data, men her har mange leverandører egne løsninger som eier/kjøper av lokomotiv/vogner kan velge å anskaffe direkte. Data må imidlertid også deles med infrastruktureier.

Til slutt er det viktig å nevne risikoene, som inkluderer håndtering av for store datamengder (dataoverload), sårbarhet for systemfeil, og personvernproblemer med kamerasensorer. Selv om disse utfordringene er betydelige, kan de håndteres med riktig planlegging og implementering.

Samlet sett representerer ombordovervåking av kjøretøy en betydelig mulighet for å forbedre jernbanetransportens effektivitet, sikkerhet og markedsattraktivitet, forutsatt at de teknologiske og operasjonelle utfordringene blir løst.

## 5.2.16 K6 - Spornær overvåking av kjøretøy – TrainGate

Spornær overvåkning av kjøretøy er en teknologi utviklet for å forbedre sikkerhet, robusthet og pålitelighet innen jernbanetransport. Den har som mål å redusere risikoen for avsporinger og ulykker, forbedre avgangspunktighet og fremføringsevne, samt effektivisere driften og redusere kostnader. I tillegg bidrar teknologien til bærekraft ved å redusere støy og vibrasjoner på strekningene, noe som øker attraktiviteten til transport på jernbane. I tillegg til utplasseringer av sensorer ved sporene kreves en omfattende investering i datasystemer for overføring, mottak, lagring, analyse og varsling.

En av de mest interessante dimensjonene ved spornær overvåkning er dens evne til å åpne nye markeder. Automatisk feilregistrering av hjulskader og varmgang reduserer risikoen for avsporinger og forsinkelser, noe som gjør jernbanen mer attraktiv for kunder med strenge krav til leveringssikkerhet. Teknologien krever ingen endringer på kjøretøyene, noe som gjør den egnet også for lavmargin-gods og eldre vognpark, og senker terskelen for flere aktører å delta i jernbanemarkedet. Bedre styring og dokumentasjon i hele verdikjeden gir økt transparens og tillit i transportkjeden, og gjør det mulig å tilby nye tjenester som automatisk tilstandsrapport og sporbarhetsbevis.



Figur 5-18. Multidimensjonalt diagram – Spornær overvåkning av kjøretøy (TrainGate)

Effektivisering er en annen nøkkeldimensjon med en høy score på 8. Spornær overvåkning reduserer tidsbruk i lastespor ved å automatisere vognvisitasjon og bremseprøve, noe som sparer tid og kostnader. Teknologien bidrar også til redusert tidsbruk på verksted, økt kapasitet i sporforbindelser, og redusert slitasje og skader på både infrastruktur og kjøretøy. Dette gir en mer effektiv planlegging av personalressurser og reduserer driftsutgifter. Innsparingspotensialet knyttet til mindre skader og slitasje på infrastruktur antas å være særskilt høyt.

Når det gjelder tjenesteforbedring, gir spornær overvåkning forbedret sikkerhet og vedlikeholdskontroll. Automatisk registrering av feil som varmgang, hjulskader eller lastforskyvning gir rask respons og reduserer risikoen for havarier og driftsstans. Bedre dokumentasjon og transparens styrker tilliten i hele transportkjeden, noe som gir verdi for kundene.

Realiserbarheten før 2035 vurderes som høy, med en score på 10. Sporbasert overvåkning av kjøretøy er teknologisk moden og egnet for drift i terminaler og knutepunkt. Den gir lav enhetskostnad og høy effekt på sikkerhet, vedlikehold og dokumentasjon.

Til slutt er det viktig å nevne risikoene, som inkluderer dataoverload, sårbarhet for systemfeil, og personvernproblemer med kamerasensorer. Selv om disse utfordringene er betydelige, kan de håndteres med riktig planlegging og implementering.

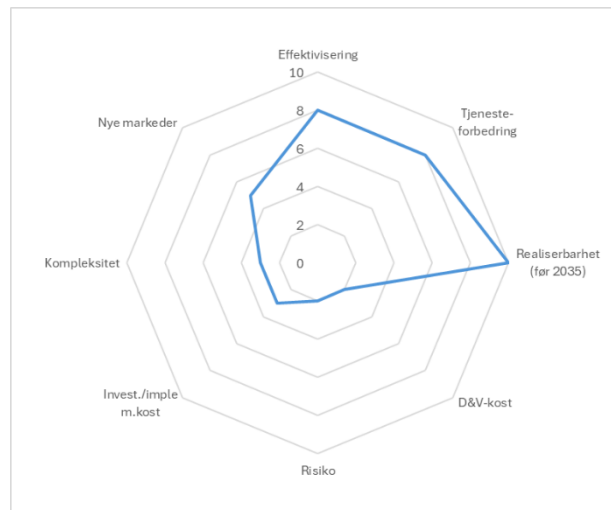
Samlet sett representerer spornær overvåkning av kjøretøy en betydelig mulighet for å forbedre jernbanetransportens sikkerhet, effektivitet og markedsattraktivitet, forutsatt at de teknologiske og operasjonelle utfordringene blir løst. Kostnadene antas å være relativt lave.

### 5.2.17 K7 - Ombordovervåkning av infrastruktur

Ombordovervåking av infrastruktur fra kjøretøy er en teknologi som utnytter kjøretøy til å overvåke jernbaneinfrastrukturen. Dette er en del av det forebyggende vedlikeholdsprogrammet FP3 i Europe's Rail. Teknologien krever installerte sensorer på kjøretøy for å fungere effektivt.

Effektivisering er en nøkkeldimensjon med en høy score på 8. Teknologien bidrar til reduserte reparasjons- og vedlikeholdskostnader ved å detektere feil og begynnende slitasje på et tidlig tidspunkt, slik at disse kan korrigeres billigere enn ellers. Dette bidrar også til å unngå skader på kjøretøy som følge av dårlig infrastruktur. Ved å redusere behovet for omfattende reparasjoner og vedlikehold, kan jernbaneselskaper oppnå betydelige kostnadsbesparelser og økt driftseffektivitet.

Når det gjelder tjenesteforbedring (score 8), gir overvåking av infrastruktur fra kjøretøy økt leveringskvalitet og færre avvik. Løpende registrering av sporforhold fra tog gir raskere feiloppdagelse og bedre vedlikeholdsplanlegging, noe som bidrar til jevnere trafikkflyt og høyere tjenestestandard. God dokumentasjon på sporkvalitet og driftsstatus styrker tilliten i hele transportkjeden og øker tryggheten for punktlig levering. Tidlig varslings om infrastrukturavvik reduserer risikoen for hastighetsbegrensninger og uforutsette driftsavbrudd, noe som gir mer stabile og forutsigbare godstransporter.



Realiserbarheten før 2035 vurderes som høy, med en score på 10. Teknologien er moden og egnet for drift, spesielt på lokomotiver som er godt egnet for sensorbæring. Dette gir verdifulle data for smartere vedlikehold, men krever koordinert datadeling og rolleavklaring mellom aktører.

Figur 5-19. Multidimensjonalt diagram – Ombordovervåking av infrastruktur

Selv om dimensjonen "nye markeder" har en score på 5, er det viktig å merke seg at den også gir verdifulle fordeler ved å tilby tryggere og mer forutsigbare godstjenester. Automatisk feilregistrering reduserer risikoen for avsporinger og forsinkelser, noe som gjør jernbanen mer attraktiv for kunder med strenge krav til leveringssikkerhet.

Til slutt er det viktig å nevne risikoene, som inkluderer dataoverload, sårbarhet for systemfeil, og fare for at nytten ikke er stor nok til å forsvare kostnadene. Selv om disse utfordringene er betydelige, kan de håndteres med riktig planlegging og implementering.

Samlet sett representerer ombordovervåking av infrastruktur fra kjøretøy en betydelig mulighet for å forbedre jernbanetransportens sikkerhet, effektivitet og markedsattraktivitet, forutsatt at de teknologiske og operasjonelle utfordringene blir løst.

### 5.2.18 D2 og D3 - Digitale tvillinger

Digitale tvillinger, er en teknologi som gir en digital representasjon av fysiske systemer som tog, vogner, infrastruktur eller terminaler. I denne rapporten skiller vi mellom tilkoblede (online) systemer og frakoblede (offline) systemer fordi de har noe ulike profiler i forhold til implementering og kompleksitet.

#### 5.2.18.1 D2 – Digitale tvillinger – tilkoblet (online)

Digitale tvillinger som er tilkoblet (online) på nivå 3 og 4 (jf. Figur 5-20) oppdateres kontinuerlig med sanntidsdata for å overvåke tilstand, simulere drift og støtte beslutninger om vedlikehold og effektivisering.

En av de mest interessante dimensjonene ved tilkoblede digitale tvillinger, er deres evne til å forbedre tjenestekvaliteten, med en score på 6. Sanntidsinformasjon gir et felles, oppdatert situasjonsbilde for aktørene i transportkjeden, som forenkler avviksbehandling og koordinering på tvers. Dette gir bedre innsikt og gjør det mulig å optimalisere bruk av infrastruktur, materiell og personale. Sanntidsdata gjør det mulig å observere slitasje, identifisere flaskehals og gjøre raske endringer, noe som gir høyere tjenestekvalitet og færre driftsavvik.

Effektivisering er en annen nøkkeldimensjon med en score på 4. Raskere implementering av teknologi kan redusere kostnader, for eksempel støttet av kunstig intelligens som kan optimalisere flyt også på en terminal. Dette reduserer håndteringskostnader per TEU og behovet for å utvide kapasitet, noe som gir betydelige kostnadsbesparelser.

Realiserbarheten før 2035 vurderes som moderat, med en score på 5. Digitale tvillinger er teknologisk realiserbare og har høyt potensial, men krever klare mål, god datatilgang og samarbeid på tvers av aktører. Kompleksiteten ved en tilkoblet tvilling på nivå 3 og 4 er moderat. Nødvendig teknologi er tilgjengelig, men det krever omfattende grep organisatorisk og juridisk med tanke på datadeling som vil være på tvers av mange av aktører med ulikt tilgangsnivå og eierskap til data og modell. Derfor er den gitt en score på 6.

Dimensjonen "nye markeder" er scoret til 4. Digitale tvillinger gir verdifulle fordeler ved å tilrettelegge for nye kundegrupper med krav til dokumentasjon og forutsigbarhet. Sanntids visualisering og historikk av transport flyt, last og infrastruktur er avgjørende for markeder som farmasi, ferskvarer og høyverdig industri. Digitale tvillinger med sanntidsinformasjon gjør det også enklere å etablere nye tjenester og terminaler, reduserer risiko og forkorter tid til marked.

#### 5.2.18.2 D3 – Digitale tvillinger – frakoblet (offline)

Digitale tvillinger som er frakoblet (offline) oppdateres ikke kontinuerlig, men bruker reelle data for å simulere en virkelighet til bruk for planlegging og støtte til beslutninger. I dette arbeidet er det lagt til grunn svært detaljerte frakoblede tvillinger egnet for simulering av komplekse systemer som ERTMS og større jernbaneterminaler som Alnabru.

En av de mest interessante dimensjonene ved frakoblede digitale tvillinger, er dens evne til å forbedre tjenestekvaliteten, med en score på 5. Riktignok noe lavere enn tilkoblede digitale tvillinger, men dette viser at god planlegging og opplæring er svært viktig. Digitale tvillinger offline, kan settes opp hos flere aktører i transportkjedene uavhengig av lokasjon. Det gir et noenlunde felles, situasjonsbilde for aktørene i transportkjeden, som er hjelp til planlegging og koordinering på tvers. Simulering av trafikk, terminaloperasjoner og vedlikeholdsbehov gir bedre innsikt og gjør det mulig å optimalisere bruk av infrastruktur, materiell og personale. Historiske reelle data gjør det mulig å forutsi slitasje, identifisere flaskehals og teste ut endringer digitalt før de settes ut i live, noe som gir høyere tjenestekvalitet og færre driftsavvik.

Realiserbarheten før 2035 vurderes som moderat, med en score på 6. Digitale tvillinger er teknologisk realiserbare og har høyt potensial, men krever klare mål, god datatilgang og samarbeid på tvers av aktører..

Bruken av offline digitale tvillinger som et planleggingsverktøy gjør det noe enklere å etablere nye tjenester ved å simulere operasjoner digitalt før større investeringer. Det vil redusere risiko og forkorter tid ut i marked. Dimensjonen "nye markeder" er scoret til 5. Digitale tvillinger gir verdifulle fordeler ved å tilrettelegge for komplekse og store løft som nytt signalsystem og

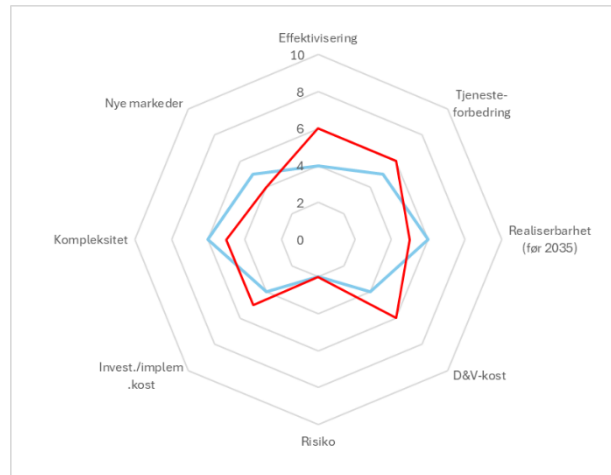
ombygging av terminaler. Dette gir store forbedringer i godsavviklingen og dermed muligheter for å nå nye kundegrupper som har krav til punktlighet og forutsigbarhet. Frakoblede tvillinger kan i tillegg benyttes til demonstrasjon for nye kundegrupper.

### 5.2.18.3 Felles for D2 og D3 Digitale tvillinger – oppsummert

Dersom det skal prioriteres hvorvidt de digitale tvillingene gir mest nytte og effekt når de er tilkoblet (online) eller frakoblet (offline), bør det prioriteres online systemer for operasjonell effektivisering og sanntidsoptimalisering. Denne krever større investeringer blant annet som tilgang til informasjon fra sensorer, men gir høyere gevinst på lang sikt. Frakoblede (offline) digitale tvillinger bør prioriteres som et støtteverktøy for planlegging og simulering. Lavere kostnader og enklere implementering gjør det til et godt alternativ for kortsiktige gevinster. Begge teknologiene utfyller hverandre og bør vurderes som komplementære løsninger i arbeidet med digitalisering for mer gods på jernbane.

Til slutt er det viktig å nevne den lave risikoen med en score på 2, til tross for mangel på standarder for hva en digital tvilling skal være, kvalitetssikring og kalibrering av forutsetninger og algoritmer, samt rimelighetskontroll av resultater enten de er tilkoblet eller frakoblet. Selv om disse utfordringene er betydelige, kan de håndteres med riktig planlegging og implementering og derav lav risiko.

Samlet sett representerer digitale tvillinger en betydelig mulighet for å forbedre jernbanetransportens effektivitet, tjenestekvalitet og markedsattraktivitet, forutsatt at de teknologiske og operasjonelle utfordringene blir løst.



Figur 5-20. Multidimensjonalt diagram – Digital tvilling både online (rød) og offline (blå)

## 6 Anbefaling

Prosjektgruppens anbefaling omhandler både en anbefaling om innovasjon og innovasjonsprosesser og en mer teknologirettet anbefaling.

Denne analysen inkluderer en gjennomgang, vurdering og prioritering av teknologier og innovative løsninger som en del av arbeidet med ny NTP. Når neste NTP-prosess påbegynnes om noen år, bør en ny gjennomgang og vurdering bli gjennomført. Innen den tid kan nye teknologier ha kommet til, modenhetsnivåer kan ha endret seg, forutsetningene kan være annerledes, og teknologier som i dag fremstår som lovende, kan ha blitt utdatert. En rekke teknologier og innovative løsninger avhenger av overordnede prosjekter som ERTMS, DRMCS og DAC. Risiko knyttet til forsinkelser i disse prosjektene bør inngå i en helhetlig risikostyring.

Jernbanedirektoratet oppfordrer aktører til å spille inn teknologier og innovative løsninger med relevans for godstransport på jernbane, som kanskje ikke er vurdert i denne runden, men som bør inkluderes i fremtidige vurderinger. Det gjøres også løpende vurderinger av mindre, kortsiktige tiltak, der togoperatørene ønsker om mer brukerstyrt innovasjon tas i betraktning. Disse vurderingene ligger imidlertid utenfor rammen av denne rapporten.

### 6.1 Innovasjon og innovasjonsprosesser

Denne rapporten har et tydelig fokus på utvikling av jernbaneteknologi, men det er viktig å understreke at ikke alle behov og utfordringer i godstransporten lar seg løse med teknologi alene. Enkelte problemer har ingen kjent teknologisk løsning, og for noen kan løsningen ligge helt andre steder. Norsk jernbane bør derfor søke bredt etter løsninger – ikke bare innenfor tradisjonell jernbaneteknologi. I mange tilfeller kan forbedringer komme gjennom prosess- og organisasjonsendringer, nye samarbeidsformer eller ved å tilpasse teknologi utviklet for andre sektorer. Avsnitt 2.4.1 beskriver flere slike innovasjonsområder der løsningen ikke nødvendigvis er teknologisk. Behov og utfordringer uten kjent teknologisk løsning, og kanskje også de med kjente, men dyre eller lite effektive tekniske løsninger bør identifiseres. *For disse behovene og problemene kan det iverksettes prosesser som søker etter andre typer løsninger.*

Jernbaneteknikk som fag har nok en plass i disse prosessene også, men man bør inkludere andre fagspesialister som organisasjonsutviklere, prosessutviklere, endringsledere, tjenstedesignere, IKT-utviklere/arkitekter og økonomer. Tverrfaglig samarbeid kan komme frem til løsninger som ville vært krevende for hvert enkelt fag å identifisere alene.

Ovenfra og ned eller nedenifra og opp gir ofte forskjellige resultater. Store prosjekter utviklet på europeisk nivå kan ofte oppfattes som ovenfra og ned, selv om det kan være knyttet til problemer som i sin tid ble løst fram av aktørene i bransjen. Dette påpekte også togoperatørene da vi konsulterte dem. Problemer som vokser seg til et europeisk nivå har ofte en svært omfattende løsningsutvikling, og omfanget av enheter som skal tilpasses/endres (for eksempel i forbindelse med DAC) er enormt. I et slikt perspektiv kan det være krevende å få oppmerksomhet og ressurser til mindre innovasjonsprosesser, initiert av - og drevet frem av - for eksempel togoperatører eller terminaloperatører. *Jernbanedirektoratet kan som en koordinator i jernbanefamilien ta en rolle i å også løfte frem de mindre og mer aktørdrevne innovasjonsinitiativene. Utover koordinering mellom interesserte aktører for hvert initiativ bør også Jernbanedirektoratet kunne bidra med finansiering av mindre og kortsiktige innovasjonsprosjekter, eventuelt med kunnskap om mulige offentlige finansieringsordninger og støtte til utforming av søknader om støtte. Det presiseres at også små tiltak bør kunne vise til positive nytteeffekter før de mottar offentlig finansiell støtte.*

Et hinder i innovasjonsprosesser som kanskje er større innen jernbane enn mange andre sektorer er omfattende prosesser knyttet til å få godkjent ny teknologi for bruk på jernbanen. Et direktorat

– eller en annen etat – som kjenner disse prosessene og som kan *bistå med kompetanse og ressurser i søknads-/ godkjenningssprosesser* kan være et verdifullt bidrag til innovasjon i jernbanesektoren. Å tilby rådgiving og kanskje også bistand til aktører som ønsker å få godkjent nye tekniske løsninger kan være et billig og virkningsfullt lavterskeltilbud.

Teknologi- og innovasjonsutviklingen er ikke alltid lineær over tid. Utvikling preges ofte av større og mindre gjennombrudd. De siste årenes utvikling innen AI, og smarttelefonens lansering for knappe to tiårsiden illustrerer nettopp dette. Ofte er gjennombruddene uforutsette, mens andre gjennombrudd har vært forventet i mange år før de kommer. Et eksempel på det siste kan være tørrstoffbatterier som forventes å ta batteriteknologien et langt steg videre, kanskje mot slutten av dette tiåret. *En strategi for teknologi og innovasjon må være robust for nye teknologiske og innovative gjennombrudd – både de små og de helt disruptive – både de forventede og de uventede. Det anbefales derfor rom for fleksibilitet i strategien til å tilpasse seg utviklingen – fremtiden blir helt sikkert ikke akkurat som vi forventer.*

Digitalisering av jernbane vil trenge plattformer å bygge nye løsninger på. ERTMS og FRMCS er plattformer for signalering og kommunikasjon som muliggjør andre tekniske løsninger. DAC vil gjøre dagens godsvogner både digitale og elektriske – en helt ny plattform for digitalisering. Det vil også tvinge seg frem behov for lagring av data, samt løsning for opplasting og uthenting av disse dataene, sikring av data og trygg deling av data med de aktørene som skal ha tilgang. Alle disse plattformene vil hver for seg, og sammen, være kritiske for utviklingen av fremtidens godstransport på bane. *Det er viktig at godsstrategien prioriterer en realisering av nødvendige plattformer som er forutsetninger for andre innovative grep.*

Noen utfordringer og problemer er særnorske/-nordiske. Løsningen på flere av disse ligger i utvikling av teknologi – for eksempel å finne en løsning på støysvake bremsere som fungerer godt på vinteren her i nord. Disse løsningene må utvikles og testes, og aktører i Finland, Sverige og Norge må trolig ta ansvar for dette selv. Europeiske eller globale teknologiutviklere kan ikke forventes å bruke den nødvendige ressursinnsatsen for å finne løsninger på våre særnordiske jernbaneproblemer. Utfordringen kan dessuten forsterkes ved at slike særnordiske tekniske løsninger kun kan selges til det relativt begrensede nordiske markedet. Selv om man lykkes med å finne en god teknisk løsning kan den likevel bli for dyr på enhetsnivå, fordi den samlede etterspørselen er for liten til å gi storskala produksjonsfordeler. Det vil si at løsningen på et særnordisk problem kanskje må omfatte både en teknisk løsning og en økonomisk insentiv-/ støtteordning for at problem skal bli løst.

## 6.2 Teknologi

Med utgangspunkt i den multidimensjonale analysen for de prioriterte teknologiene har prosjektgruppen drøftet seg frem til en anbefaling per teknologisk hovedgren, som presenteres i det påfølgende.

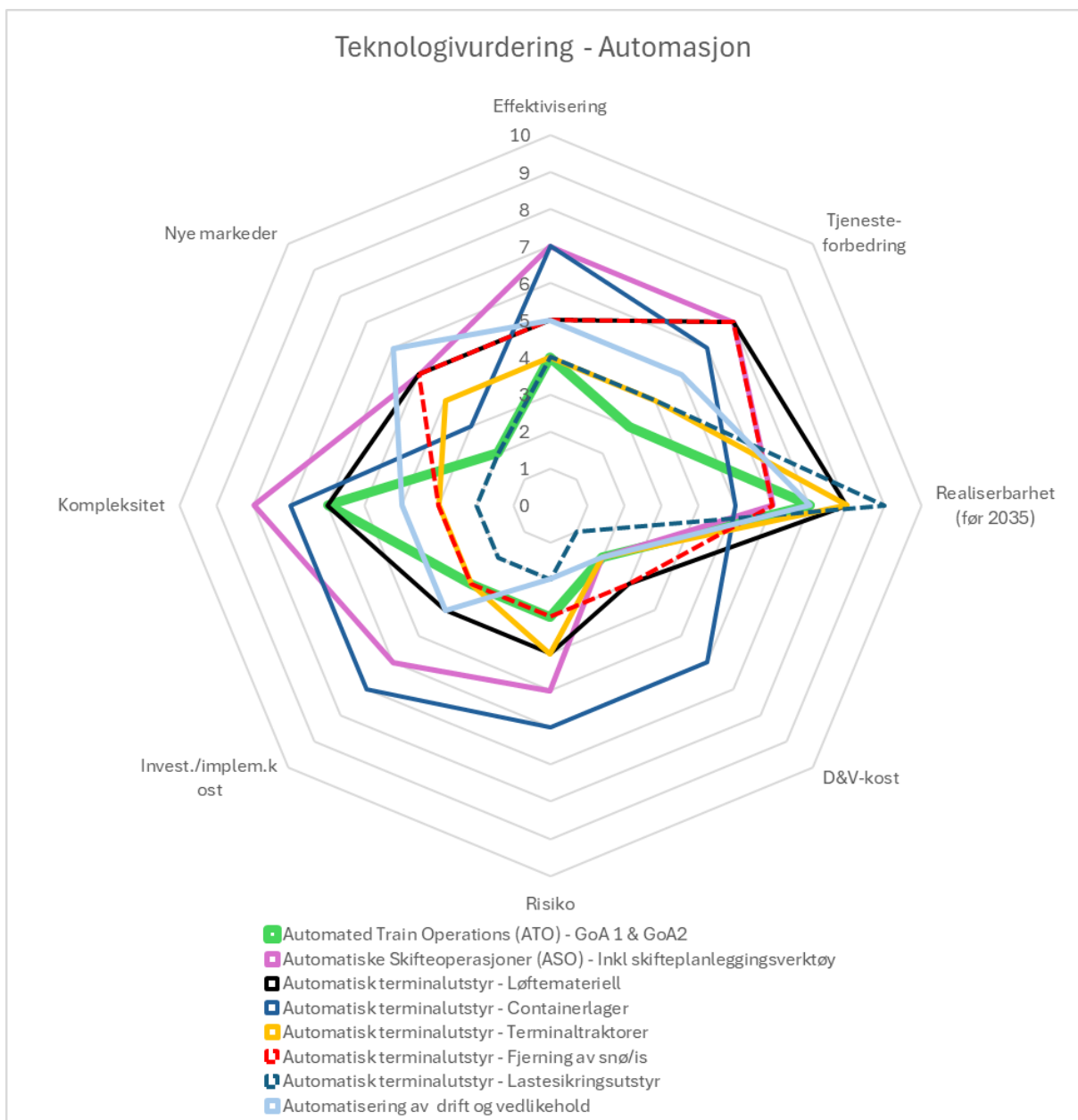
### 6.2.1 Automasjon

Automasjon omfatter flere teknologier, men fem av de kan grupperes som Automatisk terminalutstyr (A4 løftemateriell, A5 containerlager, A6 terminaltraktorer, A9 fjerning av snø og is og A10 lastsikringsutstyr). De øvrige teknologiene er A2-1 Automatisk togfremføring (ATO) på GoA 1. og GoA 2-nivå, A3 Automatiske skifteoperasjoner (ASO) og A12 Automatisert drift og vedlikehold.

Flere av disse teknologiene synes å ha potensiale, ved at de har sitt tyngdepunkt over og til høyre for origo. De som skiller seg ut ned til venstre for origo med en noe større kostnadsside, risiko og kompleksitet er ASO (A3) og containerlager (A5). Sistnevnte anbefales ikke videreført i arbeidet med neste NTP.

A5 Containerlager er både kostbart og komplekst, samtidig som den i liten grad etter dagens driftsmodell bidrar til å åpne nye markeder. Containerlager sin store styrke ligger i effektiv lagring av store mengder containere. I en fremtid der slik effektiv oppbevaring blir en høyere prioritert, er dette en teknologi som bør revideres. Containerlager vil kunne tilby oppbevaring av containere, også for containere som ikke skal transporteres med tog.

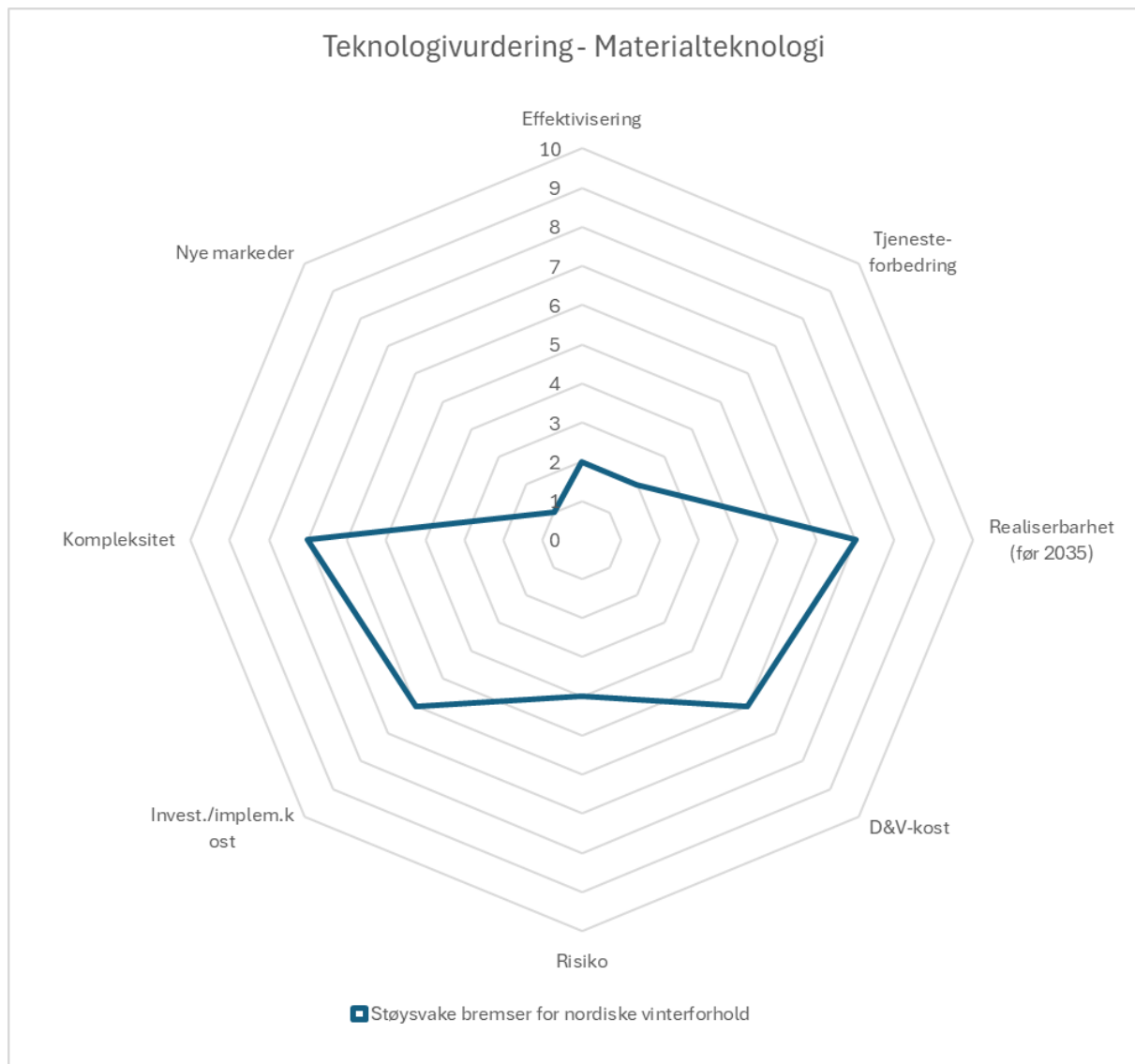
De øvrige teknologiene under automasjon (anbefales å jobbes videre med frem mot NTP).



Figur 6-1. Multidimensjonalt diagram - Automasjon

## 6.2.2 Materialteknologi

Bare en teknologi innen materialteknologi ble prioritert etter grovsilingen: M5 Støysvake bremses for nordiske forhold.

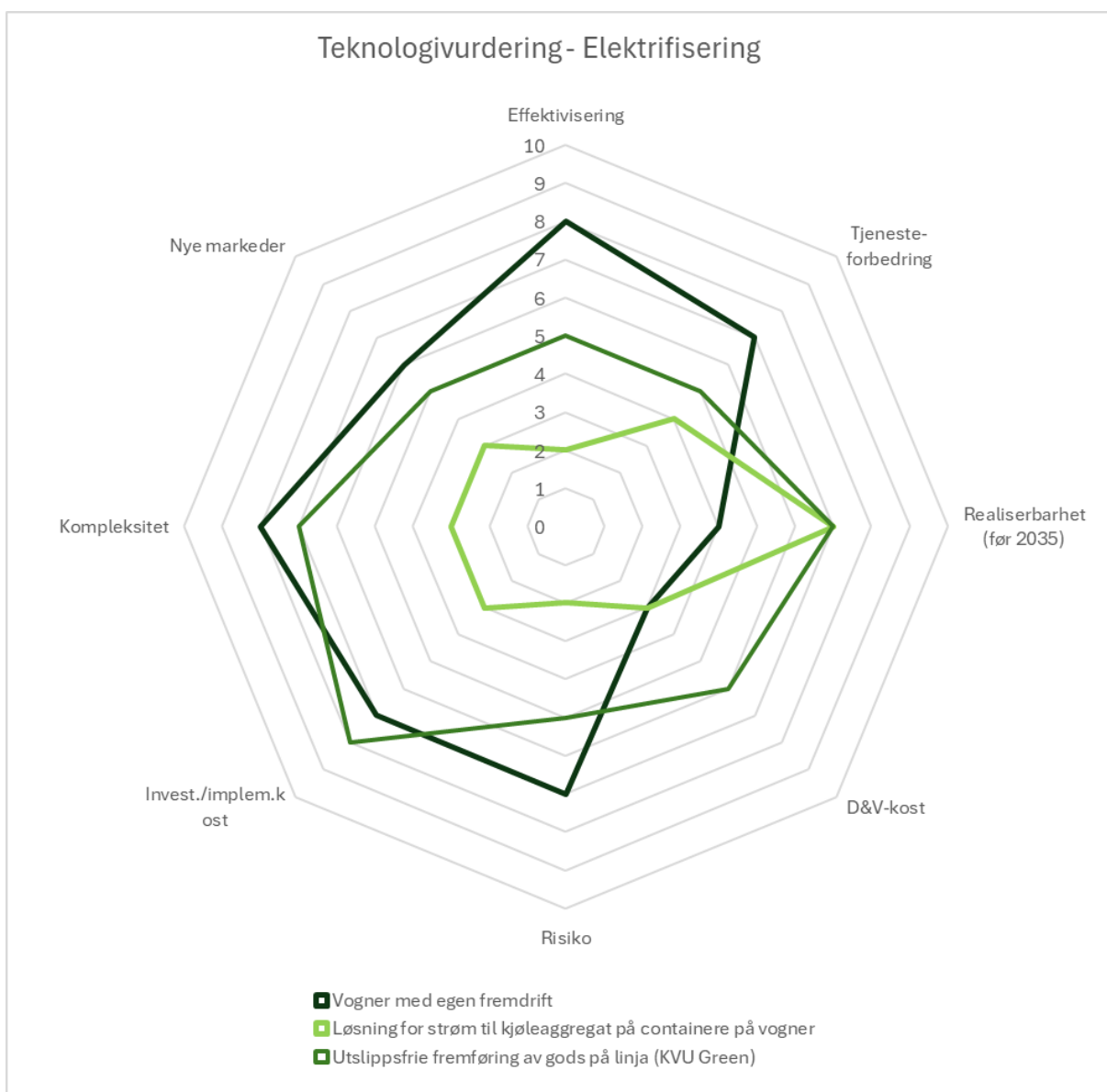


Figur 6-2. Multidimensjonalt diagram - Materialteknologi

Støysvake bremsler ligger langt nede i diagrammet, og er i utgangspunktet ikke blant de teknologiene som dette prosjektet vil anbefale. Dette representerer et behov og et problem som per i dag mangler en teknologisk løsning. Problemet er knyttet til nordiske vinterforhold, som primært er et norsk/svensk/finsk problem. En løsning på problemet vil antakelig ikke bli utviklet i det europeiske eller globale markedet, og de tre landene bør vurdere å samarbeide om en løsning. Det offentlige kan bidra både i selve utviklingen av løsningen og i godkjenningsprosessen. I tillegg kan et begrenset markedsgrunnlag være til hinder for storskalaproduksjon og lave enhetskostnader. Det offentlige kan i så fall bidra med støtte-/insentivordninger for utrulling.

### 6.2.3 Elektrifisering

Tre teknologier innen elektrifisering ble prioritert etter grovsiling: E1 Vogner med egen fremdrift, E2 løsning for strøm til kjøleaggregat og E5 utslippsfri fremføring av gods på linja



Figur 6-3. Multidimensjonalt diagram - Elektrifisering

E5 Utslippsfri fremføring av gods er allerede anbefalt av Jernbanedirektoratet. Den plasserer seg litt ned til venstre for origo, som stemmer relativt god med KVV Green sine beregninger av samfunnsøkonomisk lønnsomhet; kostnadene var beregnet noe høyere enn nytten. Det er også et relativt stort økonomisk løft for jernbane som vil styrke både konkurransekraft, effektivitet og bærekraft.

E1 Vogn med egen fremføring har et tyngdepunkt som ligger noe høyere i diagrammet enn Utslippsfri fremføring, men ikke så langt til høyre som Utslippsfri fremføring. Den har en lavere realiserbarhet og større kompleksitet. Samtidig scorer den noe bedre på effektivisering og tjenesteforbedring. Denne anbefales derfor også, sammen med Utslippsfri fremføring.

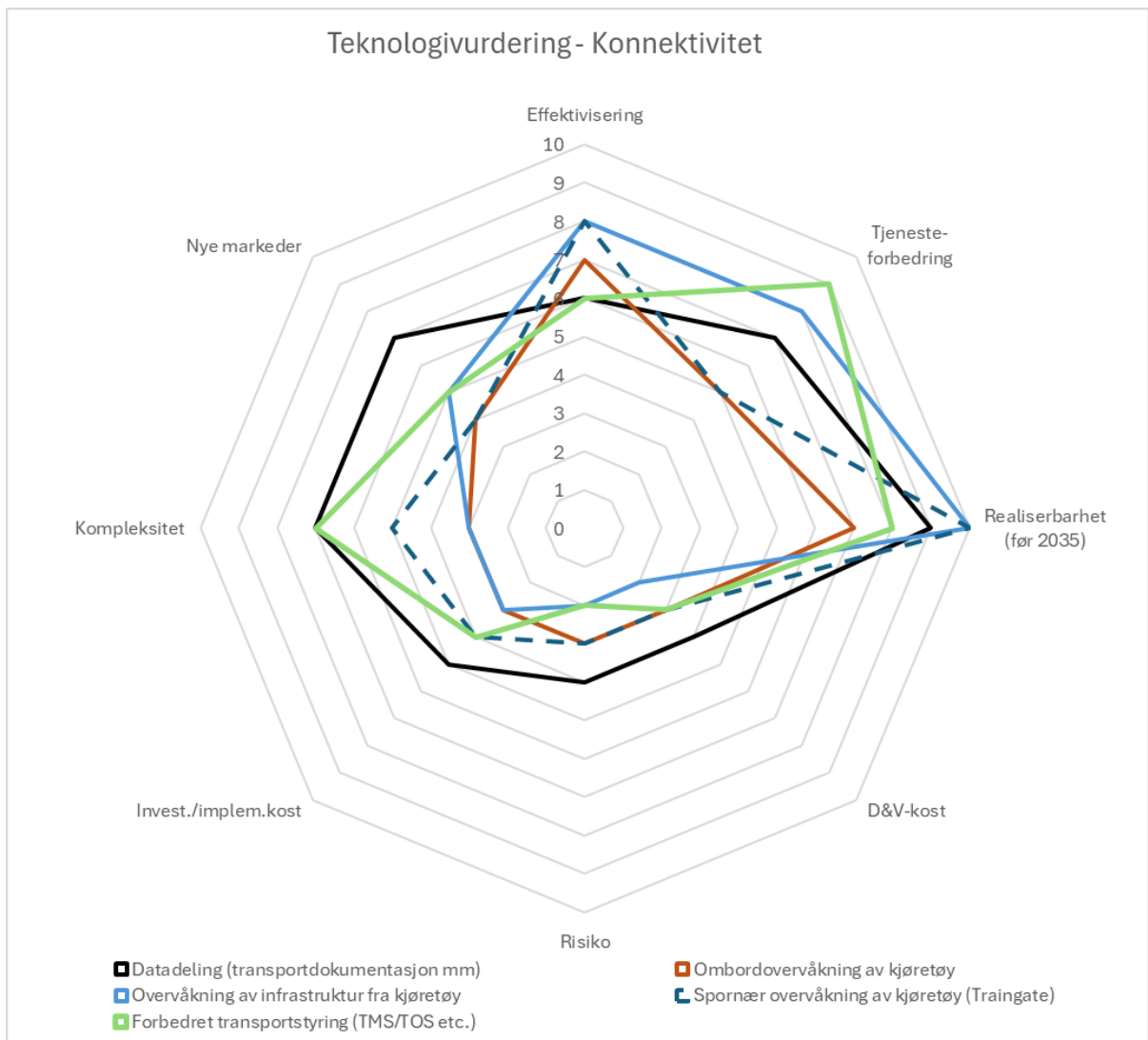
E2 Løsning for strøm til kjøleaggregat har høy realiserbarhet, ettersom det allerede finnes flere aktører som tilbyr slike systemer. Batteriene lades ved at hver enkelt vogn regenererer energi via hjulene under fremføring. Dette øker imidlertid rullemotstanden og krever tilsvarende mer trekkraft fra lokomotivet for å opprettholde hastigheten.

En sentral utfordring er styringen av ladeprosessene slik at ikke alle vogner regenererer strøm samtidig – særlig i stigninger – da dette vil påvirke togets fremføringsevne og redusere den samlede lastekapasiteten. Dette kan løses for eksempel gjennom smart styring og geofencing basert på topografi, og vurderes som en teknologisk gjennomførbar løsning innen 2035.

Hoveddelen av investeringskostnadene vil måtte bæres av vogn- og lokomotiveiere. Togoperatørene rapporterer at det i dag ikke er betalingsvilje i markedet for slike løsninger, og utviklingen er derfor ikke prioritert i deres nåværende planer. Det anbefales at E2 i stor grad å overlates til private aktører. Det anbefales at det offentlige støtter utviklingen av nødvendige tekniske løsninger – eksempelvis gjennom innovasjonsmidler fra Jernbanedirektoratet.

#### **6.2.4 Konnektivitet**

Fem teknologier innen konnektivitet ble prioritert i grovsilingen: K1 Forbedret transportstyring, K2 Datadeling, K5 Ombordovervåking av kjøretøy, K6 Spornær overvåking av kjøretøy og K7 Ombordovervåking av infrastruktur.



Figur 6-4. Multidimensjonalt diagram – Konnektivitet

Alle fem teknologier har tyngdepunkt som ligger klart over og til høyre for Origo. Alle scorer mellom 6-8 på effektivisering og har en høy sannsynlighet for realisering (7-10). K1 Forbedret transportstyring og K7 Overvåkning av infrastruktur fra kjøretøy scorer også høyt på Tjenesteforbedring (8-9). Ingen av de har en spesielt høy implementeringskostnad heller (3-5). K1 Forbedret transportstyring og K2 Datadeling og anses som den mest komplekse.

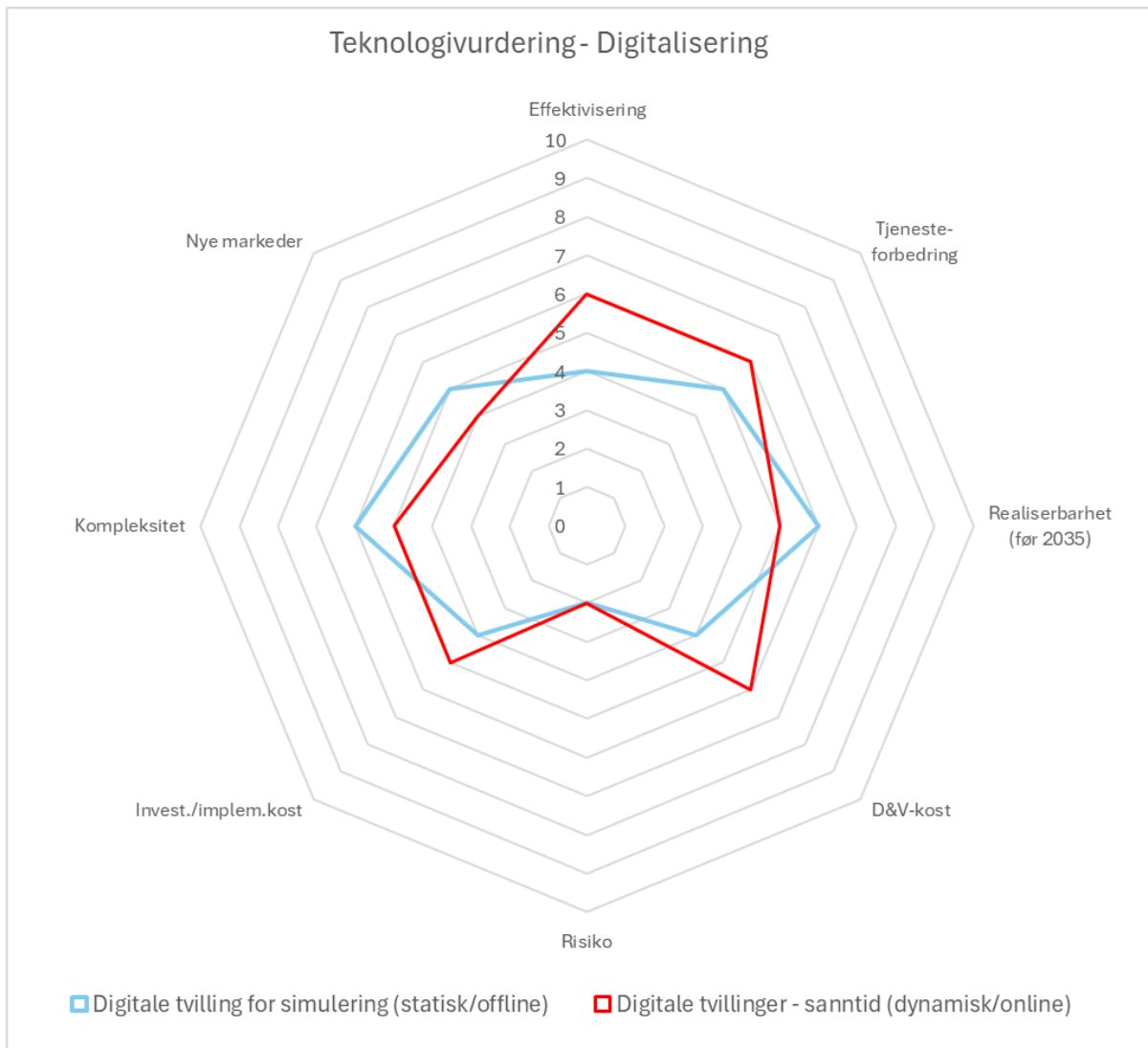
Konnektivitet anses å være et teknologiområde med stort potensiale, jf plassering av tyngdepunkt. Man kan høste gevinster med relativt liten ressursinnsats, samtidig som flere av disse teknologiene kan utvikles over tid, til relativt komplekse løsninger. De tre teknologiene K5, K6 og K7, overvåkning av kjøretøy og infrastruktur ved hjelp av sensorer på kjøretøy og langs sporet synes å kunne ha et særlig stort potensial. Ved å avdekke feil systematisk, raskt og presist, kan man også finne de underliggende årsakene til mange utfordringer og problemer, som for eksempel årsakene til de mange hjulslagene, som oppstår på norsk jernbane. Kanskje er det teknisk løsning på kjøretøy, kjørestil eller et bestemt punkt på infrastrukturen som skader flere vogner så alvorlig at de igjen skader annen infrastruktur. Ved å identifisere og lokalisere slik underliggende årsaker til problemer og rette disse, kan man potensielt unngå mange følgeskader. Det anbefales derfor et særlig påtrykk for å realisere disse tre, med påfølgende videreutvikling,

blant annet med fokus på analyse av innsamlede sammenstilte sensordata fra alle tre teknologier.

Alle fem teknologier anbefales vurdert videre i arbeidet frem mot neste NTP.

### 6.2.5 Digitalisering

To teknologier innen digitalisering ble prioritert i grovsilingen: D2 Digital tvilling dynamisk/online og D3 Digital tvilling statisk/offline for simulering.



Figur 6-5. Multidimensjonalt diagram – Digitalisering

Digitale tvillinger er per i dag knyttet til spesifikke formål. Utviklingen innen sensorer, konektivitet, datalagring og prosessering forventes å gjøre det enklere å etablere digitale tvillinger med høy kompleksitet. Man forventer å se flere digitale tvillinger som kan betjene flere formål samtidig. Slike tvillinger vil være avgjørende både for vellykkede implementeringer av viktige plattformer som ERTMS og FRMCS, men også for optimal styring, drift og vedlikehold av infrastruktur, som for eksempel terminaler, og kjøretøy.

Det anbefales å jobbe videre med digitale tvillinger i det videre arbeidet med godsstrategien.

## 7 Kostnader og nytte – Metodisk tilnærming

Beregninger av kostnader og nytte av de teknologiene som er vurdert i dette delprosjektet er krevende – av flere årsaker. Først og fremst er det krevende å kvantifisere kostnader og nytte på et tiltak som ikke er konkretisert. Kvantifiseringsutfordringen øker dess lavere modenhet teknologien har. Når det ikke en gang er kjent hvilken teknologi som vil bli brukt for å løse et problem så er det svært krevende å anslå en kostnad. I slike tilfeller kan det nesten være lettere å anslå en nytte, fordi det er kjent hvilke utfordringer som skal falle bort når løsningen er på plass.

Prosjektet har ikke utført egne beregninger av nytte og kostnader. Anslag på nytte og kostnader i tidligere kapitler og analyser bygger på foreliggende dokumentasjon. Denne dokumentasjonen knytter seg i stor grad til enkelt-teknologier. Det vil være sprik i både metode og forutsetninger, som gjør det krevende å gjøre gode sammenlikninger på tvers av teknologier.

I avsnittene nedenfor drøftes overordnede problemstillinger og mulige metodiske tilnærminger for henholdsvis kostnader og nytte. Metodikken er tenkt å kunne anvendes på de fleste teknologier, på et overordnet nivå. Ved en slik tilnærming vil man lettere kunne lage anslag som bygger på konsistente forutsetninger og som legger bedre til rette for at teknologiske kostnader og nytte kan sammenliknes med hverandre.

### 7.1 Kostnadsberegninger

Modenhetsnivået til en teknologi legger store føringer for hvilke kvantifiseringer som er mulig med tanke på kostnader. Variasjon i modenhetnivå påvirker mulighetene for å gjøre kostnadsanslag. Teknologiene som er vurdert i denne delrapporten varierer fra at teknologien ikke en gang er kjent, til at den er utredet gjennom en norsk KVV, KS1 og kanskje også KS2. Mellom disse ytterpunktene av tidlige stadier finner man i mengden av teknologier, eksempler på at:

- Teknologien er valgt, og under utvikling, men utviklingskostnader og utrullingskostnader er ukjente.
- Det finnes flere ulike teknologier som kan løse utfordringen, men det er ikke foretatt et konseptvalg
- Det finnes estimer fra produsenter på enhetskostnader, men kostnader knyttet til utredning, tilpasning til norske forhold etc. er uavklart
- Teknologien er kjent og det er anslått kostnader på europeisk nivå, men ikke for norsk jernbane

Med så varierende utgangspunkt og i så tidlige stadier som det er snakk om i dette delprosjektet må man akseptere et lavt ambisjonsnivå for presisjon. Kanskje er det også viktigere å velge metodikk som er innbyrdes konsistent slik at størrelsene kan brukes til sammenlikning og prioritering mellom teknologier, heller enn å treffe veldig godt på nivå. Samtidig er det et poeng for en samfunnsøkonomisk analyse at kostnader og nytte skal kunne settes opp mot hverandre.

Ved å etablere en generell kostnadsstruktur som omfatter alle de viktigste kostnadselementene i utvikling, testing, utrulling og drift av en ny teknologisk løsning kan man lage en felles struktur for disse ulike utgangspunktene. Nedenfor følger et forslag drøftet av prosjektgruppen:

Tabell 7-1. Generell struktur for overordnet strategisk kostnadsberegning

Fase	Fasenavn	Kommentar
1	Utvikling (U)	$U = K_U$
1.1	Utviklingskostnader for løsning ( $K_U$ )	En totalsum (kr)

Fase	Fasenavn	Kommentar
	- FoU, koordinering etc.	
<b>2</b>	<b>Testing/Pilotering (P)</b>	<b><math>P = U_P + (K_P \times A_P)</math></b>
2.1	Overordnede test-/pilotkostnader ( $U_P$ ) - Piloteringsledelse, administrasjon, teknologisk videreutvikling	En totalsum (kr)
2.2	Enhetskostnad, testinstallasjoner ( $K_P$ ) - Pr boggi, godsvogn, lokomotiv, tog, spormeter, installasjon av sensorer, terminal, osv. - Ofte dyrere, pga lavere enn ved utrulling pga modenhet og små volumer	Kostnad pr enhet (kr)
2.3	Antall enheter/testinstallasjoner ( $A_P$ ) - Boggier, godsvogner, lokomotiver, tog, spormeter, installasjon av sensorer, terminaler, osv	Antall (n)
<b>3</b>	<b>Implementerings-/utrullingskostnader (I)</b>	<b><math>I = U_I + (K_I \times A_I)</math></b>
3.1	Overordnede implementerings-/utrullingskostnader ( $U_I$ ) - Ledelse, administrasjon, koordinering, avvikshåndtering i eksisterende drift osv.	En totalsum (kr)
3.2	Enhetskostnad ( $K_I$ ) - Pr boggi, godsvogn, lokomotiv, tog, spormeter, installasjon av sensorer, terminal, osv.	Kostnad pr enhet (kr)
3.3	Antall enheter ( $A_I$ ) - Boggier, godsvogner, lokomotiver, tog, spormeter, installasjon av sensorer, terminaler, osv.	Antall (n)
<b>4</b>	<b>Støttesystemer (S)</b>	<b><math>S = K_S</math></b>
4.1	Kostnader til nødvendige støttesystemer ( $K_S$ ) - Nyutvikling (f.eks. IKT-plattform) eller tilpasning til/av eksisterende støttesystem (f.eks. DAC, ERTMS osv.)	En totalsum (kr)
<b>5</b>	<b>Drift og vedlikehold (DV)</b>	<b><math>DV = K_{DV} \times A_I</math></b>
5.1	Enhetskostnad ( $K_{DV}$ ) - Pr boggi, godsvogn, lokomotiv, tog, spormeter, installasjon av sensorer, terminal, osv.	Kostnad pr enhet (kr)
<b>SUM</b>	<b>Total kostnad</b>	<b><math>= U + P + I + S + DV</math></b>

Det vil åpenbart være vanskelig å fremskaffe for eksempel enhetskostnader og anslå en totalsum for overordnede implementeringskostnader osv. Disse størrelsene kan oppgis med en grad av usikkerhet, eller som et intervall. Det samme gjelder overordnede kostnader for utvikling, pilotering, støttesystemer osv. Det er viktig at det samtidig med kostnadsanslaget også lagres

informasjon om premisser, forutsetninger og avgrensninger som har blitt gjort, og kilder man har støttet seg på. Det letter blant annet arbeidet med dokumentasjon og senere revideringer.

Et regneeksempel viser at implementeringskostnaden for å gjøre alle norske godsvogner «digitale» kan ligge i størrelsesorden 15-75 mill kr. Et stort spenn, som kanskje kan snevres inn ved å koble på tekniske ressurser eller produsenter som kjenner denne teknologien og kan anslå en mer presis enhetskostnad.

I en jernbaneverden der økonomiske prosjektrammer varierer fra noen millioner til flere milliarder, er et slikt intervall likevel ganske informativt. Dessuten gir denne beregningen et signal om omfanget på installasjonsjobben: Den drives av antall vogner. Den drives for eksempel ikke av antall spormeter, terminaler eller annet. Dette igjen gir også et signal om hvem som får den direkte kostnaden: Vogneier (togoperatør) i dette tilfellet – ikke for eksempel terminaleier eller infrastruktureier.

I dette eksempelet så benyttes kjent teknologi, slik at utviklingskostnadene (U) og piloteringskostnadene (P) antas å være svært begrenset. Støttesystemkostnaden må undersøkes nærmere. Vedlikeholdskostnadene (DV) er primært knyttet til å bytte batteri med noen års mellomrom.

Dette viser hvordan en svært overordnet kostnadsvurdering på noen sterkt forenklede poster innenfor en felles struktur kan ha verdi på et strategisk nivå. Strukturen over er forslag til et utgangspunkt som naturlig vil justeres og tilpasses etter å ha høstet noen erfaringer med anvendelse på et lite utvalg teknologiske løsninger.

Jernbanedirektoratet anbefales å gjennomføre en overordnet vurdering av kostnader for de prioriterte teknologiene med utgangspunkt i denne strukturen.

## 7.2 Nytteberegninger

Målet med innovative grep eller å ta i bruk ny teknologi er å øke samfunnsnyttien. I dette delprosjektet er samfunnsnytte forenklet til (1) reduserte kostnader, (2) bedre tjenestekvalitet og (3) nye markeder/tjenester.

Dimensjon	Beskrivelse
Effektivisering	Hvilke effektiviseringspotensialer får vi av å benytte denne teknologien? Eksempelvis: redusert ressursbruk i driftsfase (kostnader, arealer, tid, spor) eller andre ting. Samme produksjon med redusert bruk av arealer, tid og spor betyr økt kapasitet.
Tjeneste-forbedring	Hvordan gir denne teknologien en tjenesteforbedring? F.eks. bedre tjenester til operatører, kunder og vareeiere gjennom f.eks. økt kvalitet, punktlighet. Også togtjenester som øker verdien for samfunnet for øvrig, som f.eks. mindre forurensing (støy, CO <sub>2</sub> -utslipp osv.). Bedre utnyttelse av ruteplan etc.
Nye markeder	Potensialet for å nå ut til nye kunder som per i dag ikke benytter godstog, gjennom nye tjenester eller geografiske utvidelse av jernbanes godstogtilbud,

### Regneeksempel

Å installere et batteri (energi), en mobildataenhet (kommunikasjon) og en GPS (sensor) på en godsvogn kan tenkes å koste et sted mellom 10 000 og 50 000 kr pr vogn. Dette beløpet multipliseres med ca 1500, som er om lag det antallet godsvogner som finnes i Norge. Det gir en kostnad på mellom 15 - 75 mill kr i installasjonskostnader.

Dimensjon	Beskrivelse
	for eksempel ved å kunne levere sanntidsinformasjon som per i dag ikke er tilgjengelig for kunder, eller å kunne tilby selvkjørende vogner ut på industrispor, uten behov for lokomotiv.

I samfunnsøkonomiske analyser av godstiltak benyttes ofte Nasjonal godstransportmodell (NGM)(Jernbanedirektoratet, 2025). Denne modellen modellerer det norske godstransportsystemet for alle transportformer, de fleste varegrupper for hele landet. Modellen har blant annet kodet inn hovedveisystemet, jernbanelinjer, båtruter og flyruter, samt alle relevante havner og jernbaneterminaler mm. (Madslie, Steinsland, & Grønland, Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen, 2015). Modellen optimaliserer alle varestrømmer for å minimere den samlede transportkostnaden i Norge, basert på en omfattende kostnadsmodell(Grønland, Kostnadsmodeller for transport og logistikk. Basisår 2021, 2022).

Kostnadsmodellen omfatter en mengde variabler knyttet til blant annet terminaldrift og fremføring av tog. For eksempel er det forskjellige fremføringskostnader avhengig av om toget er drevet med elektrisk eller diesellokomotiv. Knyttet til terminalene er det egne kostnadsvariabler for blant annet

- Innkjøring tog på terminal
- Skifting av vogner til hensettingsspor eller lastespor
- Lasting og lossing av jernbanevogner
- Hensetting av vogner
- Utkjøring tog fra terminal

De fleste variabler kan justeres, og kan dermed brukes til å modellere tiltak på godssystemet. Hvis man får mer autonomt løftemateriell på terminalene (kraner, reach stackere) så kan dette modelleres ved å endre kostnaden for lasting og lossing av en jernbanevogn. Hvis man får et mer effektivt skifteplanleggningssystem, kan dette modelleres ved å redusere kostnaden ved å skifte vogner til hensettingsspor eller lastespor.

Det er også mulig å beregne nyttevirkninger utenfor NGM, ved å bruke noe av den samme tilnærmingen som for kostnader: Overordnede kostnader + (endrete enhetskostnader x antall enheter). Ved å beregne dette utenfor NGM kan man blant annet legge inn mer detaljerte beregninger, med flere variabler enn det som finnes i NGM. Mer detaljerte beregninger i en umoden fase er imidlertid ikke ensbetydende med riktigere eller mer presist, all den tid usikkerheten er stor.

Det er imidlertid flere store fordeler med å gjøre beregningene i NGM:

1. Beregninger gjøres i den modellen som alle andre NTP-relevante nytteberegninger gjøres. Dette skaper trygget på tvers av etater for at beregningene er gjort i kvalitetssikret verktøy, og kjente metoder som er besluttet av transportetatene i felleskap.
2. Mindre risiko for regnefeil ved at det brukes en kvalitetssikret modell
3. Det tas utgangspunkt i samme referansesituasjon som alle andre prosjektberegninger, med blant annet samme volumer av varer, TEU, etc.
4. Når man endrer kostnadsstrukturen for tog, for eksempel med lavere fremføringskostnad, så endres også konkurranseflaten mellom tog og de andre transportformene. I NGM innebærer dette automatisk beregning av varestrømmer som flyttes fra de andre transportformene til tog. Denne virkningen er viktig, og er svært vanskelig å beregne uten bruk av NGM.

SITMA har bistått prosjektgruppen med en vurdering av hvordan teknologiene som har gjennomgått multidimensjonal analyse og de teknologiene som forventes pålagt implementert kan modelleres i NGM. Innspillene er gjengitt i tabellen nedenfor.

Tabell 7-2. Modellering av teknologiendring i NGM

ID	Jernbaneteknologi	Mulig NGM-beregning
A1	DAC	Kan modellere effekten av lavere skiftekostnader i terminalkost. Kan også legge inn eventuelle tidsgevinster.
A2-1	Automated Train Operations (ATO) - GoA 1 og GoA 2	Hvis reduserte fremføringskostnader kan estimeres, kan effekten av dette legges inn.
A3	Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) – Inkl. skifteplanleggingsverktøy	Redusert kostnader til skifting, herunder mindre timer på skiftelok, kan modelleres inn.
A4	Automatisk terminalutstyr - Løftemateriell	Reduserte kostnader til terminalarbeid, herunder f.eks. førerløse reach stackere, kan evt. modelleres inn.
A5	Automatisk terminalutstyr - Containerlager	I prinsippet via reduserte tidskostnader for gods på terminaler, mindre post.
A6	Automatisk terminalutstyr - Terminaltraktorer	Reduserte kostnader for førerløse terminaltraktorer, kan evt. modelleres inn.
A9	Automatisk terminalutstyr - Fjerning av snø/is	Muligens i form av lavere terminalkostnader, men siden det er sesongbetont vil gjennomsnittsverdier over året sannsynligvis ikke være høye.
A10	Automatisk terminalutstyr - Lastesikringsutstyr	Detaljøsning som kanskje i begrenset grad skal kalkuleres, men hvis man kan estimere hva dette betyr i lavere terminalkostnader kan dette evalueres videre ved hjelp av NGM
A12	Automatisering av drift og vedlikehold	Forutsetter videre konkretisering av tiltak og omfang før eventuell NGM-modellering kan beskrives.
M5	Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold	Mer kostbare bremsseklossene øker i prinsippet tidskostnader (kapitalkostnader) og distansekostnader (vedlikehold). Økte fremføringskostnader kan beregnes i NGM
E1	Vogner med egen fremdrift	Kan i prinsippet modelleres når man kjenner effekten på ulike kostnadsbærere.
E2	Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner	Er mulig å gjøre i NGM, men her kan også sideberegning utenfor NGM vurderes.
E4	Elektrifisering - Terminalutstyr (håndtering)	I den grad dette gir endrete kostnader på terminalene (for eksempel økte kapitalkostnader og reduserte energikostnader.) kan dette beregnes inn ved hjelp av NGM.

ID	Jernbaneteknologi	Mulig NGM-beregning
E5	Utslippsfrie fremføring av gods på linja (KVU Green)	Beregnes ved å blant annet å endre transportform fra dieseltog til elektrisk tog. Ble beregnet i NGM i forbindelse med KVU Green
K1	Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.)	I den grad man kan konkretisere effekten av den økte integrasjonen i tiltak som reduserer tid og kostnader, kan dette modelleres i NGM
K2	Datadeling (transp.dok)	Usikkert om dette modelleres i NGM
K5	Ombordovervåkning av kjøretøy	I den grad dette gir lavere kostnader (per km / per time) for togmateriellet kan dette modelleres inn i NGM
K6	Spornær overvåkning av kjøretøy (Traingate)	I den grad dette gir lavere kostnader (per km / per time) for togmateriellet kan dette modelleres inn i NGM
K7	Overvåkning av infrastruktur fra kjøretøy	I den grad dette gir lavere kostnader, for eksempel i reduserte baneavgifter (for bruk av sporet), kan dette implementeres i NGM
D2	Digitale tvilling sanntid (dynamisk/online)	Usikkert om dette modelleres i NGM. Avhenger av bruk
D3	Digitale tvilling for simulering (statisk/offline)	Usikkert om dette modelleres i NGM. Avhenger av bruk
D5	Cybersikkerhet	I mindre grad et spørsmål for NGM – evt. kan man benytte NGM til å se på effektene av at jernbanesystemet faller sammen på grunn av manglende cyber-sikkerhet
D6	Cybersikkerhet - Konnektivitet	I mindre grad et spørsmål for NGM – evt. kan man benytte NGM til å se på effektene av at jernbanesystemet faller sammen på grunn av manglende cyber-sikkerhet

Det anbefales at de tiltakene som har gjennomgått multidimensjonal analyse og som anbefales videreført i arbeidet med godsstrategien analyseres nærmere med NGM der det er identifisert at dette er mulig, gitt at tiltaket kan konkretiseres tilstrekkelig.

## 8 Kilder

- Aeler. (2025). *Aeler*. Retrieved from Unit One - The first smart container by design: <https://www.aeler.com/product/unit-one>
- Alstom. (2023, 11 30). *Harnessing 3D printing technology to deliver fast and sustainable rail parts*. Retrieved from Alstom: <https://www.alstom.com/press-releases-news/2023/11/harnessing-3d-printing-technology-deliver-fast-and-sustainable-rail-parts>
- Anlegg&Transport. (2021, 07 15). *Terminalene skal være nærmest utslippsfrie innen 2025*. Retrieved from AT.no: <https://www.at.no/transport/terminalene-skal-vaere-naermest-utslippsfrie-innen-2025/591028>
- Bane NOR. (2024, 06 02). *Hele Sørlandsbanen åpen for trafikk*. Retrieved from Bane NOR: <https://www.banenor.no/nyheter-og-aktuelt/nyheter/2024/store-skader-etter-avsporing-pa-sorlandsbanen/>
- Bane NOR. (2025). *Nytt digitalt signalsystem (ERTMS)*. Retrieved from Bane NOR: <https://www.banenor.no/prosjekter/alle-prosjekter/nytt-digitalt-signalsystem/>
- Chambers, S. (2023, 04 26). *Container made out of composite on show at Sea Asia*. Retrieved from Splash247.com: <https://splash247.com/container-made-out-of-composite-on-show-at-sea-asia/#>
- CTI Systems. (2025). *CTI Systems' Products and Solutions*. Retrieved from CTI Systems: <https://www.ctisystems.com/trailer-terminals/>
- DB Cargo. (2025). *Our brakes can whisper*. Retrieved from Deutsche Bahn: <https://nachhaltigkeit.deutschebahn.com/en/measures/whisperbrake>
- Dellner. (2025). *Digital Automatic Coupler*. Retrieved from Dellner: <https://www.dellner.com/digital-automatic-coupler-dac>
- Deutschebahn. (2025). *Our brakes ca whoer*. Retrieved from DB: <https://nachhaltigkeit.deutschebahn.com/en/measures/whisperbrake>
- Digital Twin Consulting. (2024, 08 29). *Smart Decisions from Smart Data with Digital Twins*. Retrieved from Digital Twin Consulting: <https://www.digitaltwinconsulting.com/insights/smart-decisions-from-smart-data-with-digital-twins-powered-by-mqtt-and-uns/>
- Directive (EU) 2016/1148 . (2021, 02 16). Retrieved from Regjeringen: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2021/feb/nis2-direktivet/id2846097/>
- ERTMS Users group. (2025). *AUTOMATIC TRAIN OPERATION. An interoperable ATO system, compatible with ETCS, and covering all Grades of Automation*. Retrieved 2025, from ERTMS Users group: <https://ertms.be/activities/automatic-train-operation>
- EU Regulation 2020/1056. (2024, 08 09). Retrieved from Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2024/aug/efti-utfyllende-bestemmelser-om-prosedyrer/id3054899/>
- Europe's Rail. (2025). *Open European DAC Delivery Programme enabled by Europe's Rail*. Retrieved 06 16, 2025, from Europe's Rail: <https://rail-research.europa.eu/european-dac-delivery-programme/>
- Felez, J., Vaquero-Serrano, M. A., Liu, W. Z., Casanueva, C., Schultz-Wildelau, M., Coquery, G., & Proietti, P. (2024). *Maglev Derived Systems: An Interoperable Freight Vehicle Application*

- Focused on Minimal Modifications to the Rail Infrastructure and Vehicles*. MDPI, Machines. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/machines12120863>
- Finansdepartementet. (2024). *Perspektivmeldingen 2024*.
- Grønland, S. E. (2022). *Kostnadsmodeller for transport og logistikk. Basisår 2021*. TØI.
- Jernbanedirektoratet. (2020). *Jernbanen mot 2050. Jernbanedirektoratets perspektivanalyse*.
- Jernbanedirektoratet. (2020). *Utredning Pilot Autonome skifteroboter*.
- Jernbanedirektoratet. (2023). *Konseptvalgutredning FRMCS - Fremtidig togkommunikasjonssystem for jernbane*. Retrieved from <https://www.jernbanedirektoratet.no/utredninger/kvu-frmcs-fremtidig-togkommunikasjonssystem-for-jernbane/>
- Jernbanedirektoratet. (2023). *KVU Green: Utslippsreduksjoner i jernbanesektore*. Retrieved from <https://www.jernbanedirektoratet.no/content/uploads/2023/11/kvu-green-hovedrapport-v.2.pdf>
- Jernbanedirektoratet. (2024). *Teknologitrender for jernbanesektoren*.
- Jernbanedirektoratet. (2025). *Gods på jernbane – Utfordringer, behov og mål*.
- Jernbanedirektoratet. (2025). *Nasjonal godstransportmodell*. Retrieved 2025, from NTPmetode: <https://www.jernbanedirektoratet.no/ntpmetode/godstransportmodeller/nasjonal-godstransportmodell/>
- Jernbanedirektoratet, Bane NOR. (2023). *Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO)*. Retrieved from <https://www.jernbanedirektoratet.no/utredninger/kvu-for-bedre-utnyttelse-av-ertms-automatisk-togfremforing-ato/>
- Kalmar. (2025). *Electric Reachstacker*. Retrieved from Kalmar: <https://www.kalmarglobal.com.br/equipment/reachstackers/electric-reachstacker/>
- Kirchner, M. (2025, 06 03). *After train accident: inspectors warn of systematic problem with whisper brakes*. Retrieved from heise online: <https://www.heise.de/en/news/After-train-accident-inspectors-warn-of-systematic-problem-with-whisper-brakes-10423932.html>
- Konecranes. (2025). *Automated High-Bay Container Storage*. Retrieved from Konecranes: <https://www.konecranes.com/port-equipment-services/container-handling-equipment/automated-high-bay-container-storage>
- Krone. (2025). *Box Liner Automatic*. Retrieved from Dimensjons-in-motion: <https://www.dimensions-in-motion.com/en/products/box-liner-automatic>
- LINEAS, ALSTOM, ProRail. (2023). *Automatic Shunting - ATO driving with obstacle detection system*.
- Lovdata. (2018, 06 24). *Sikkerhetsloven*. Retrieved from Lovdata: <https://lovdata.no/lov/2018-06-01-24>
- Lovdata. (2022, 07 01). *Sikringsforskriften*. Retrieved from Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-01-19-100?q=sikringsforskriften>
- Lovdata. (2023, 12 20). *Digitalsikkerhetsloven*. Retrieved from Lovdata: <https://lovdata.no/lov/2023-12-20-108>
- Madslie, A., Steinsland, C., & Grønland, S. E. (2015). *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. TØI. Retrieved from

- <https://www.jernbanedirektoratet.no/content/uploads/sites/4/2022/03/Nasjonal-godstransportmodell-En-innforing-i-bruk-av-modellen.pdf>
- MitchHawkins. (2025, 02 02). *High-Bay Container Storage: Recent Developments, Challengers & Warehouse Integration – Part 3/3*. Retrieved from MitchHawkins: <https://mitchhawkins.com/high-bay-container-storage-developments-warehouse-integration-part-3/>
- Nevomo. (2025). *About Nevomo*. Retrieved from Nevomo: <https://www.nevomo.tech/en/press/>
- Norske Tog. (2025, 06 26). *Samarbeider for enda bedre gjenvinning*. Retrieved from Norske Tog: <https://www.norsketog.no/nyheter/samarbeider-for-enda-bedre-gjenvinning>
- OT-sikkerhet. (2024, 08). Retrieved from Standard Norge: <https://online.standard.no/nb/nek-iec-62443-2-1-2024>
- OTIV. (2024, 05 28). *Automatic Train Operation (ATO): Driving the Future of Rail*. Retrieved from OTIV: <https://www.otiv.ai/blog/automatic-train-operation-ato-driving-the-future-of-rail>
- Port Technology Team. (2023, 06 05). *Westwell, Hutchison Ports introduce over 100 Q-Trucks at the Port of Felixstowe*. Retrieved from Port Technology International: <https://www.porttechnology.org/news/westwell-hutchison-ports-introduce-over-100-q-trucks-at-the-port-of-felixstowe/>
- Rail Sweden. (2025). *Deep dive into the Digital Automatic Coupler*. Retrieved from Rail Sweden: <https://railsweden.lindholmen.se/en/news/deep-dive-digital-automatic-coupler>
- Rail Systems Engineering. (2025). *What is ATO?* Retrieved 06 16, 2025, from Rail Systems Engineering: <https://railsystemengineering.com/ato/>
- Railway applications - Cybersecurity*. (2023, 06 19). Retrieved from Standard Norge: <https://online.standard.no/nb/nek-clcts-50701-2023>
- Regjeringen. (2024). *Nasjonal transportplan 2025-2036. Stortingsmelding 14 (2023-2024)*. Regjeringen, Samferdselsdepartementet. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-14-20232024/id3030714/>
- Regjeringen.no. (2024, 01 22). *Regjeringen.no*. Retrieved from Direktiv (EU) 2022/2464/EU (Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD): [https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/finansmarkedene/barekraftsrapportering/id3059140/#tocNode\\_1](https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/finansmarkedene/barekraftsrapportering/id3059140/#tocNode_1)
- RMD. (2023, 07 26). *System-of-Systems*. Retrieved from Cision: <https://news.cision.com/railway-metrics-and-dynamics-sweden/i/system-of-systems,c3202052>
- Samferdselsdepartementet. (2024). *Nasjonal Transportplan 2025 - 2036*. Oslo: Samferdselsdepartementet.
- Standard Norge. (2023). *Informasjonssikkerhet*. Retrieved from Standard Norge: <https://online.standard.no/nb/ns-en-isoiec-27001-2023>
- Store norske leksikon. (2024, 03 08). *e-fuel*. Retrieved from SNL: <https://snl.no/e-fuel>
- Trelleborg Havn. (2019, 12 03). *A new train gate and inspection facility for intermodal railway wagons*. Retrieved from Port of Trelleborg: <https://www.trelleborgshamn.se/en/a-new-train-gate-and-inspection-facility-for-intermodal-railway-wagons/>
- Voith. (2024, 07 23). *InnoTrans 2024: Voith sets benchmarks with products and services for sustainable rail transport*. Retrieved from Voith: [https://www.voith.com/corp-en/news-room/press-releases/2024-07-23\\_vt\\_inno-trans-2024.html](https://www.voith.com/corp-en/news-room/press-releases/2024-07-23_vt_inno-trans-2024.html)

Voith. (2025). *Enter the digital future of rail freight*. Retrieved 06 16, 2025, from Voith.com:  
<https://www.voith.com/corp-en/scharfenberg-couplers/digital-automatic-coupler.html#212457>

Westwell. (2023, 11 14). *AI+Green Energy: Westwell Facilitates Intelligent and Green Evolution of Global Container Logistics*. Retrieved from Westwell: <https://en.westwell-lab.com/en/article.html?id=186>

Yildiz, T. (2019). *Design and Analysis of a Lightweight Composite Shipping Container Made of Carbon Fiber Laminates*. MDPI, Logistics. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/logistics3030018>

# 9 Vedlegg

## 9.1 Vedlegg 1 - Ordliste

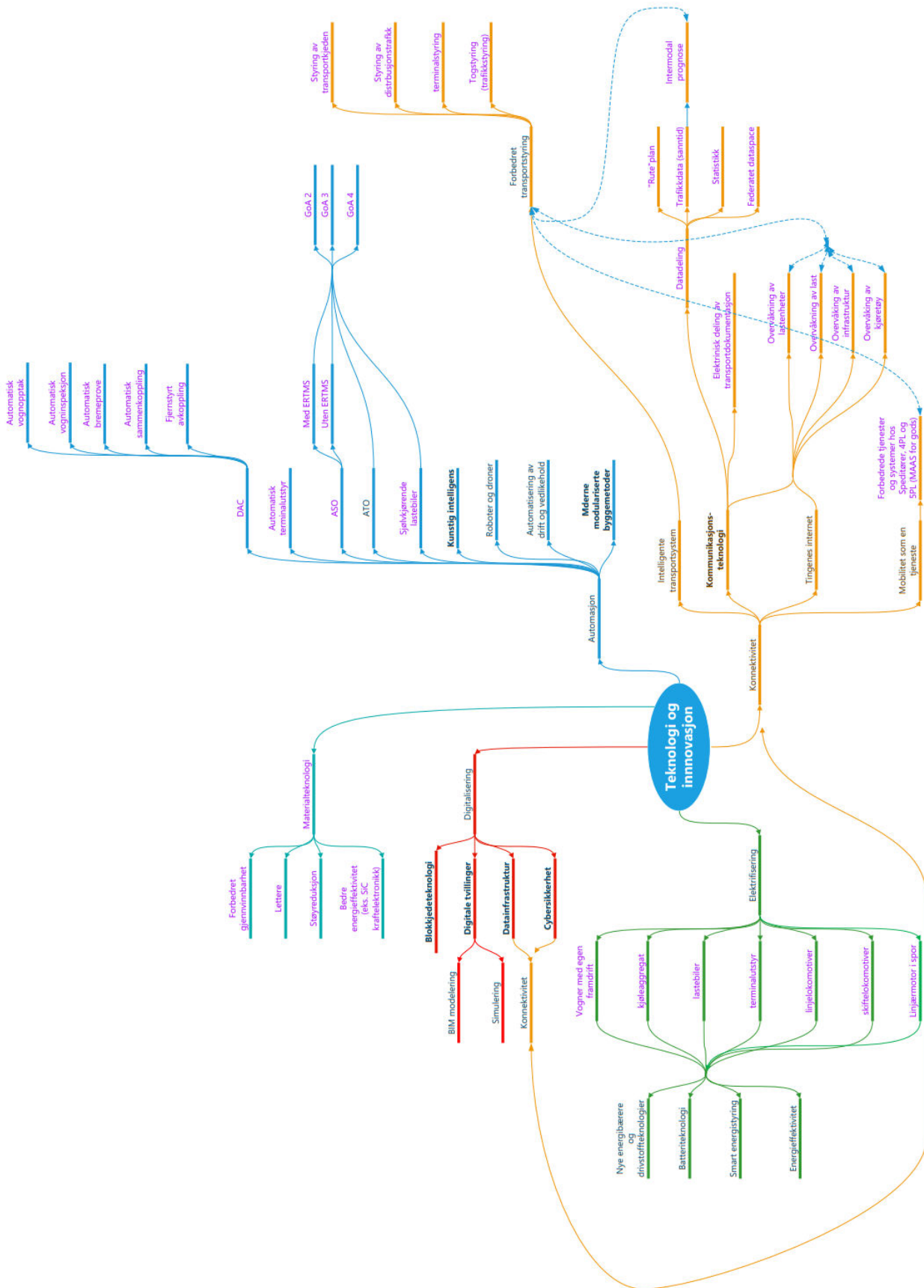
Begrep / Forkortelse	Forklaring
3D-printing	Additiv produksjon av deler ved å legge materiale lagvis
Additive tjenester	Tjenester knyttet til 3D-printing
AI	Artificial intelligence (AI) Kunstig intelligens. Maskiner som etterligner menneskelig intelligens - maskinlæring
ARBIS	Bane NORs sitt system for oversikt over planer for arbeid i spor/Banetekniske planforutsetninger
ASO	Automatiske skifteoperasjoner på terminaler
ATO	Automated Train Operations - Autonome Togoperasjoner
ATP	Automatic Train Protection (Automatisk hastighetsovervåking) kontinuerlig kontrollerer at hastigheten til et tog er forenlig med den tillatte hastigheten tillatt av signalering
ATS	Automatic Train Supervision (Automatisk Togkontroll (ATC)) sikkerhetssystem som brukes på jernbanen for å overvåke og regulere togtrafikken
Automasjon	Automatisering av prosesser, dvs. at maskiner eller systemer utfører oppgaver uten mennesker
Autonome kjøretøy	Kjøretøy som kan kjøre uten menneskelig fører
Blokkjedeteknologi	Digital teknikk for å sikre og lagre transaksjoner (ofte brukt i kryptovaluta)
CNC	Computer Numerical Control, bruk av datamaskiner for å kontrollere maskiner for boring, fresing, sliping og sveising med høy presisjon.
CO2	Karbondioksid, klimagass som kan føre til global oppvarming
Cybersikkerhet	Sikring av digitale systemer mot hacking, datalekkasje og sabotasje
DAC (DAK)	Digital Automatic Coupler - digital automatisk kobbel for sammenkobling av godsvogner med mekanisk, pneumatisk, strøm og data
Digitale tvillinger	Digital kopi av et fysisk objekt eller system, brukt til simulering og analyse
Digitalisering	Omforming av informasjon og prosesser til digitale systemer
Disruptjon	Forstyrrelse av eksisterende markeder eller systemer ved ny teknologi
DTO	Driverless Train Operation - Førerløs togoperasjoner
DV / D&V	Drift og Vedlikehold

Begrep / Forkortelse	Forklaring
eFTI	elektronisk Frakttransportinformasjon - EU Forordning for elektronisk godsinformasjon
Elektrifisering	Overgang til elektrisk drift, f.eks. av tog og terminalutstyr
ERA	European Union Agency for Railways
ERTMS	European Rail Traffic Management System – europeisk signalsystem for jernbane
ETCS	European Train Control System
EU	Den europeiske union, og er en regional organisasjon med 27 medlemsland i Europa
FP1	Flagship Project 1
FP3	Flagship Project 3
FP5	Flagship Project 5
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System – fremtidig radiosystem for jernbane med bruk av 5G
Geofencing	Virtuell grense for hvor et objekt eller kjøretøy kan bevege seg
GOS	Gate Operasjons System – system for automatisk registrering og kontroll på terminaler
GPS	Global Positioning System, er et amerikansk satellittbasert navigasjonssystem som gir nøyaktig posisjons- og tidsinformasjon over hele verden
HMS	Helse, miljø og sikkerhet - handler om å redusere risiko for farer og ulykker
IEC	The International Electrotechnical Commission
IEC 62443	Internasjonal standard for operasjonell teknologisikkerhet (OT-sikkerhet)
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi
Innovasjon	Utvikling og innføring av nye ideer, produkter eller prosesser
Interoperabilitet	Evne til ulike systemer å samarbeide og utveksle informasjon
ISO	International Organization for Standardization
ISO/IEC 27001	Internasjonal standard for informasjonssikkerhet
IT	Informasjonsteknologi
ITS	Intelligent Transport System
Kjøretøy	Rullende materiell, i denne sammenhengen primært på skinner, for eksempel lokomotiver, godsvogner og skiftelokomotiver. Kan også vise til kjøretøy med gummihjul som reach stacker, terminaltraktorer etc.

Begrep / Forkortelse	Forklaring
Komposittmaterialer	Materialer laget av flere komponenter, ofte lettere og sterkere enn tradisjonelle materialer
Konnektivitet	Evne til å koble sammen og dele data mellom systemer og aktører
KS2	Kvalitetssikring 2. Hensikt er å kontrollere beslutningsgrunnlag: Styringsunderlag samt kostnadsoverslag
KVU	En konseptvalgutredning (KVU) er en faglig utredning av alternative måter («konsepter») å løse et behov på med anslått kostnadsramme over 1 mrd. NOK.
KVU Green	Konseptvalgutredning for grønn og utslippsfri jernbanedrift
Lastbærer	En enhet som brukes til å transportere gods, f.eks. container, semitrailer eller vekselflak
Materialteknologi	Vitenskapen om materialers egenskaper og utvikling av nye materialer
MRT	Mass Rapid Transit. Høykapasitets offentlige transport f.eks. metro/t-bane
NGM	Nasjonal godstransportmodell er et planleggingsverktøy som er utviklet for å kunne beregne effekten på godstransporten av ulike tiltak
NIS	Network and Information Security Directive
NIS-direktivet	EU-direktiv om nett- og informasjonssikkerhet
OCR	Optisk tegn-gjenkjenning, brukes til å lese tekst fra bilder
OT	Operasjonell Teknologi. Det er teknologien som styrer, overvåker og optimaliserer fysiske prosesser og maskiner innen industrien
Prediktivt vedlikehold	Vedlikehold utført basert på forventet behov, ikke bare etter fastsatt intervall
QR	Quick Response. Todimensjonal strekkode
RFID	Radiofrekvensidentifikasjon, brukes til å identifisere objekter med radiobølger
Samfunnsøkonomisk	Vurdering av samfunnets samlede kostnader og nytte, ikke bare for enkeltbedrifter
SBB	Schweizerische Bundesbahnen. Sveits statlige jernbaneselskap
SD	Samferdselsdepartementet
Semi-automatisk	Delvis automatisert, dvs. en kombinasjon av maskin og menneskelig styring
SOB	Südostbahn
STO	Semi-automatic Train Operation - Fører overvåker togoperasjoner og styrer dører

Begrep / Forkortelse	Forklaring
STSB	Swiss Transportation Safety Investigation Board
Støysvake bremses	Bremseklosser eller -systemer som fører mindre støy
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit - enhet for å telle antall håndterte containere som tilsvarer en 20 fots container
TMS	Transportstyringssystem
TOS	Terminal Operasjons System
TrainGate	System for automatisk inspeksjon av tog ved passering gjennom port på terminaler
TRL	Teknologisk modenhetsnivå (Technology Readiness Level), mål på hvor utviklet en teknologi er
TS	Technical Spesification
UTO	Unattended Train Operation - Ubemannende togoperasjoner
WMS	Warehouse Management System. Lagerstyringssystem som hjelper bedrifter med å effektivisere og automatisere lagerprosesser

## 9.2 Vedlegg 2 - Tankekart



## 9.3 Vedlegg 3 - Teknologiarkene for teknologier som har Multidimensjonal score

### 9.3.1 A2-1 Automated Train Operations (ATO) – GoA 1 og GoA 2

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	<p>-ATO (Automatic Train Operation) er en nivåinndelt teknologi som automatiserer funksjoner som akselerasjon, bremsing, stopp ved plattform og dørhåndtering, basert på signaldata. Bruken varierer fra assistanse (GoA1–GoA2) til full autonom drift uten fører (GoA4). ATO-systemet regulerer togbevegelser basert på signalinformasjon (f.eks. ETCS) og styres gjennom kommandoer for hastighet optimering, bremsekruver og stopp. Det fungerer sammen med ATP (Automatic Train Protection) og ATS (supervisjonssystem) for å sikre sikker drift. Ved plattformstopp brukes signaler (f.eks. baliser) til å posisjonere nøyaktig, deretter åpne og lukke dører automatisk</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Automatisk fremføring av tog på linje</li> <li>- Lavere fremførings-/energi kostnader ved GoA2 som kan kjøre toget bedre enn fører (gitt at all info er tilgjengelig). Tilpasser pådrag og nedbremsing etc. til vertikalkurvatur, is på spor osv.</li> <li>- Bedre punktlighet og effektivitet</li> <li>- Økt kapasitet</li> <li>- Øke sikkerheten og redusere risikoen for menneskelig feil.</li> </ul>
<b>Forutsetter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ERTMS, Level 2 +- GNSS, Tacho etc. for nøyaktig posisjonsangivelse</li> <li>- GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) / FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) - togkommunikasjonssystemer</li> <li>- Regulatoriske rammer: TSI-retningslinjer fra EU og nasjonale sikkerhetsmyndigheter</li> <li>- Organisatorisk endring, opplæring og sikkerhetsertifisering (GoA nivåer)</li> <li>- Tog utrustning må oppgraderes (Connected Driver Advisory System (C-DAS)+ kjørecomputer for GoA2). Usikkert om det vil være behov for utrustning av tilleggsutrustning for deteksjon av eventuelle hindrer ved bruk av lidar/radar/kamerat/infrarød etc. Dette vil kunne øke sikkerheten og realiserbarheten.</li> <li>- ATO-infrastruktur</li> <li>- Full tog integritet (bekreftelse på togets sammensetting til enhver tid) over hele flåten -&gt; DAC er en viktig muliggjørere her.</li> </ul>
<b>Teknologi muliggjørere</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontinuerlig logging av hastighet, strøm, bremsetrykk, GPS og sporvekselsensorer og med AI/maskinlæring fanger opp tidlige mønstre som viser f.eks. slitte sviller, flatslag på hjul eller varme motorlager før feil oppstår.</li> </ul>

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mer pålitelig leveranse tiltrekker tids-/temperaturkritisk gods (sjømat, post) som i dag velger vei/fly</li> <li>- Ekstra tidsluker kan gi økt kapasitet til å frakte mer gods</li> </ul>	<b>2</b>
<b>Effektivisering</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kostnadsbesparing gjennom reduserte lønnskostnader er av begrenset størrelse, relativt sett.</li> <li>- Optimalisering traksjonskontroll kan også oppnås ved å gi fører verktøy for å kjøre optimalisert</li> <li>- Økt punktlighet for toget gir trolig større kostnadsbesparelser?</li> <li>- Unngå skade knyttet til akselerasjon/spinn</li> </ul>	<b>4</b>
<b>Tjeneste-forbedring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Økt punktlighet</li> <li>- Tidlig kryssingsvarsel gjør at tog ruller i stedet for å stå → færre følgeforsinkelser; kapasitet omtrent uendret.</li> <li>- Kortere togfølgetid gir robust ruteplan og små ekstra tidsluker per døgn, særlig på dobbeltspor.</li> </ul>	<b>3</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>		<b>7</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrenset omfang?</li> <li>- Økt slitasje på spesifikke punkter på infrastruktur fordi automatisering gjør at brems og akselerasjon ofte inntreffer på like steder, men samtidig ved "seiling/coasting" så vil det bli mindre slitasje</li> </ul>	<b>2</b>
<b>Risiko</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ATC blindhet (passifisering av fører) (3)</li> <li>- Råd til fører ignoreres eller vises for sent</li> <li>- Integrasjons-/overgangsrisiko (flere leverandører og systemer etc.)</li> <li>- IT-sikkerhet</li> </ul>	<b>3</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installere sensor- og styringssystemet i lokomotivene (Se KVU ATO)</li> <li>- (ERTMS og FRMCS er forutsatt)</li> <li>- Alt A (GoA 1,5): 1,1 mrd NOK P50</li> <li>- Alt B (GoA 2): 2,3 mrd NOK P50</li> <li>- Alt C (GoA 3/4): 35 mrd NOK P50</li> </ul>	<b>3</b>
<b>Kompleksitet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontinuerlig logging av hastighet, strøm, bremsetrykk, GPS og sporvekselsensorer og med AI/maskinlæring fanger opp tidlige mønstre som viser f.eks. slitte sviller, flatslag på hjul eller varme motorlager før feil oppstår.</li> </ul>	<b>6</b>

### 9.3.2 A3 Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) - Inkl skifteplanleggingsverktøy

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Automatisk skifting på terminal</li> <li>- Lavere arbeidskraftkostnader (Slipper å gå mellom togsett)</li> <li>- Effektivisere skifteprosess og - bevegelser</li> <li>- Redusert risiko (mennesker fjernes fra farlige situasjoner)</li> </ul>
<b>Forutsetter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DAC</li> <li>- Sikringsanlegg for terminal</li> <li>- Bestillings-/planleggingsverktøy</li> <li>- Kommunikasjonssystem mellom lokomotiv/robot/vogn og signal/infrastruktur og planleggingsverktøyet</li> <li>- Krever et system for sikring i begge ender av toget (Forutsetning, eller del av ASO-løsning?)</li> </ul>
<b>Teknologi muliggjørere</b>	

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilgang til nye kundegrupper og markeder: Automatisert og kostnadseffektiv skifting gjør det mulig å tilby vognlasttjenester til kunder og terminaler som i dag ikke betjenes, fordi bemanningskostnader gjør det ulønnsomt.</li> <li>- Styrket konkurranseevne i eksisterende marked: Punktligere tog og mer presis terminalhåndtering gir et bedre produkt for vareeiere og speditorer – som kan bidra til økt volum fra dagens kunder og tilbakeføring av gods fra vei til bane.</li> <li>- Muliggjør nye driftskonsepter og forretningsmodeller: ASO åpner for fleksibel og døgkontinuerlig skiftedrift uten krav til høyt bemanningsnivå, noe som gjør det mer realistisk å etablere eller opprettholde små knutepunkt og desentrale terminaler.</li> </ul>	<b>5</b>
<b>Effektivisering</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mulig døgkontinuerlig skiftevirksomhet</li> <li>- Mer effektive og optimaliserte skifteoperasjoner (Forutsetter skifteplanleggingsverktøy)</li> <li>- Bedre utnyttelse av samme infrastruktur (mer gods på samme terminalområde. Reduserer behovet for å utvide kapasitet)</li> <li>- Redusert mengde skiftemateriell (fra ca 5 lokomotiver til 3 lokomotiver/roboter: -40%)</li> <li>- Reduserer skade fra skiftekostnader?</li> <li>- Reduserte arbeidskraftkostnader (ca 9 skiftelag per døgn på Alnabru, reduseres til 3 skiftelag per døgn: -66%)</li> </ul> <p>Virkningene vil variere for ulike terminaler. I Norge vil det være størst virkning på Alnabru. En reduksjon i omlastingskostnader for jernbanegods utgjør stor del av samlet transportkost, og vil kunne gi stor forbedring for togets konkurranseflate mot veitransport Kilder: Multiconsult, Pilot skifterobot. Krevende å finne kilder som kvantifiserer effektivisering.</p>	<b>7</b>
<b>Tjeneste-forbedring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Økt punktlighet: Togstammer bygges raskere og mer presist, noe som reduserer forsinkelser og forbedrer avgangspresisjon.</li> <li>- Bedre kapasitet: Skifteoperasjoner blir mer effektive og kan gjennomføres døgnet rundt, noe som gir togoperatørene økt fleksibilitet, bedre tilgang til terminalkapasitet og utvidede åpningstider.</li> <li>- Styrket sikkerhet: Færre manuelle inngrep og redusert behov for personell i skifteområdet reduserer risikoen for arbeidsulykker og forbedrer HMS.</li> <li>- Reduserte kostnader: Automatisering reduserer behovet for manuell bemanning, minimerer ventetid og optimaliserer skiftelagistikk, noe som gir lavere driftskostnader og mer effektiv bruk av utstyr og infrastruktur.</li> <li>- Bedre håndtering av avvik: ASO kombinert med digitale skifteplanleggingsverktøy gir raskere omplanlegging ved forsinkelser eller tog som ankommer utenfor plan, noe som bidrar til opprettholdt flyt og mer robust terminaldrift.</li> </ul>	<b>7</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	<p>Utredning Pilot Skifterobot (Multiconsult, 20190189, 27.04.2020):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trenger sikt i front av skiftende vogn.</li> <li>- Trenger sikringsanlegg som kan sette skifteveier</li> <li>- Trenger kommunikasjon for å styre hva som skal deles og kobles</li> <li>- Fordel med en felles skifteoperatør for alle togoperatørene</li> <li>- ERTMS etableres på Alnabru i 2033, så den forutsetningen å være OK ("Alnabru resignalisering", BaneNOR 60054510, DOK nr "ALR-00-A-10300", 27.3.2023</li> <li>- DAC antas innført i 2030 for relevante tog systemer.</li> </ul>	<b>6</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavere driftskostnader (mindre materiell, færre manuelle operasjoner, mindre slitasje)</li> </ul>	<b>2</b>
<b>Risiko</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sårbar for systemfeil (2)</li> <li>- Svikt i overvåking vil føre til stopp pga. manglende kontroll (2) (3)</li> <li>- Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3)</li> <li>- Mer krevende uten én felles skifteoperatør (1)</li> <li>- Uvedkommende i sporet er en sikkerhetsrisiko (3)</li> </ul> <p>Utredning Pilot Skifterobot (Multiconsult, 20190189, 27.04.2020)</p>	<b>5</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
Investerings/ implementerings kost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Det er veldig dyrt å etablere sikringsanlegg, spesielt på terminaleer som ikke har dette fra før (pågår et resignaliseringsprosjekt på Alnabu, estimert til ca. 2,5 mrd NOK). Forvente at nye eller ombygde terminaler etableres med sikringsanlegg</li> <li>- System for å overvåke og sikre at spor er frie for hindringer, og nøyaktig og kontinuerlig posisjonsangivelse i begge ender av alle togkjøretøy. Handler om sensorer og detektorer enten montert på infrastruktur, på kjøretøy, eller en kombinasjon. Kan kreve store kostnader, avhengig av ambisjon for sikkerhet og valg av løsning for overvåkning.</li> <li>- Kommunikasjonssystem mellom kjøretøy, sikringsanlegg og system for overvåkning, samt planleggingsverktøy og tog-/terminaloperatører. For eksempel FRMCS eller evt. lokalt system</li> <li>- Styresystemer. Utvikling av planleggingsverktøy og styresystemer</li> <li>- Ettermontere i skiftelok/investering i nye skiftelok/-roboter</li> <li>- Forutsetter DAC på alt rullende materiell</li> </ul> Kilder: Resignalisering av Alnabu. Vanskelig å finne andre kilder	6
Kompleksitet		8

### 9.3.3 A4 Automatisk terminalutstyr - Løftemateriell

Hva skal teknologien løse?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effektivisere flyt</li> <li>- Redusere personalkostnader</li> <li>- Unngå skader</li> </ul>
Forutsetter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planleggingsverktøy</li> <li>- Områdesikring (avhenger av tekn. modenhet)</li> <li>- Automatisk styring av kingpin, lastlåsing, støttebein justering etc. (særlig krevende for semitrailer)</li> </ul>
Teknologi muliggjørere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geofencing (på personer)</li> <li>- Sensorer for å registrere mennesker og dyr i et område der de helst ikke skal være (Eks visuelle, radiobølger, akustikk, laser etc)</li> </ul>

Dimensjon	Vurdering	Score
Nye markeder	- Flere kunder som følge av tjenesteforbedring	5
Effektivisering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sammen med TOS og planleggingsverktøy for lastning, lossing og depot kan denne teknologien gir store effektiviseringer (Flere løft per time)</li> <li>- Personalkostnader</li> <li>- Effektivisering</li> </ul> Kilder: Realisert i blant annet Shanghai Port, DP World, Rotterdam, Duisburg Vienna South, Wels, Wolfurt	5
Tjenesteforbedring	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimalisert logistikkflyt: Automatiserte løfte- og sorteringssystemer gir raskere og mer presis håndtering av containere og vogner, noe som reduserer omlastingstid og bedrer punktligheten i godsleveranser.</li> <li>- Økt håndteringskapasitet: Terminalen kan betjene flere tog og lastbærere per time, uavhengig av bemanning, noe som gir høyere gjennomstrømning og bedre utnyttelse av infrastrukturen.</li> <li>- Utvidet åpningsstid og tilgjengelighet: Automatisering muliggjør døgkontinuerlig drift også ved mindre terminaler, som i dag har begrenset åpningsstid grunnet lønnskostnader og bemanningshensyn – dette gir bedre fleksibilitet for godskundene.</li> <li>- Forbedret sikkerhet: Risikoen for ulykker og skader på både mennesker og gods reduseres når manuelle operasjoner erstattes av presise og kontrollerte maskinelle prosesser, spesielt i områder med tungt og bevegelig utstyr.</li> </ul>	7
Realiserbarhet (før 2035)	Automatisk terminalutstyr, spesielt løftemateriell er ønskelig, men hvilken teknologi er avhengig av størrelse på terminal. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Automatiserte funksjoner for kraner eksisterer (kan kjøpes i dag)</li> <li>- Automatiseringsnivået for reach stackere er ukjent</li> <li>- Det utvikles diverse løsninger f.eks. skyve container fra jernbanevogn direkte over på trailer som er semiautomatisert.</li> </ul>	8
D&V-kost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dyrere å vedlikeholde enn konvensjonelt materiell.</li> <li>- Større krav til gode kjøreforhold etc.</li> </ul>	3
Risiko	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sårbar for systemfeil (2)</li> <li>- Svikt i overvåkning vil føre til stopp pga manglende kontroll (2) (3)</li> <li>- Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3)</li> </ul>	4

Dimensjon	Vurdering	Score
	- Mer krevende uten én felles skifteoperatør (1) - Uvedkommende i sporet er en sikkerhetsrisiko (3) Utredning Pilot Skifterobot (Multiconsult, 20190189, 27.04.2020)	
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- Investeringer i løftemateriell - Kraner er infrastruktur som finansieres av det offentlige - Reach Stackere materiell som finansieres av operatør - Investering i infrastruktur (områdesikring, geometri etc) som tilrettelegger for autonome løfteoperasjoner - Søke og få sertifisering og godkjenning	<b>4</b>
<b>Kompleksitet</b>	- Geofencing (på personer) - DAS Digital Acoustic Sensing for å registrere mennesker og dyr i et område der de helst ikke skal være	<b>6</b>

### 9.3.4 A5 Automatisk terminalutstyr - Containerlager

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	- Øker kapasitet på et gitt terminalområde - Effektivisere flyt - Redusere personalkostnader - Unngå skader
<b>Forutsetter</b>	- Planleggingsverktøy - Områdesikring (avhenger av teknologisk modenhet)
<b>Teknologi muliggjørere</b>	

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	- Flere kunder som følge av tjenesteforbedring	<b>3</b>
<b>Effektivisering</b>	- Personalkostnader - Effektivisering	<b>7</b>
<b>Tjeneste- forbedring</b>	- Maksimal lagerkapasitet per areal: I motsetning til tradisjonell stabling, muliggjør Boxbay-systemet høy og tett lagring med direkte tilgang til hver container. Det gir betydelig høyere kapasitetsutnyttelse på samme areal – ideelt for terminaler med arealbegrensninger. - Fleksibel og rask tilgang til alle containere: Systemet gir direkte tilgang til hver enkelt container, uavhengig av plassering eller rekkefølge, og muliggjør rask og behovsstyrt lastning uten omstabling. - Minimal behov for manuell håndtering: Fullautomatisert drift reduserer bemanningsbehovet og fjerner sikkerhetsrisiko knyttet til fysisk operasjon av tunge løft og maskiner.	<b>6</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Nye løsninger som "store lagerhyller" for containere er svært fleksibel. Utfordringen er om behovet og kostnadene for en slik lagring på jernbanen kan forsvares. (For eksempel: <a href="https://www.boxbay.com/boxbay-high-bay-storage">https://www.boxbay.com/boxbay-high-bay-storage</a> )	<b>5</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	- Dyrere å vedlikeholde enn konvensjonelt materiell.	<b>6</b>
<b>Risiko</b>	- Sårbar for systemfeil (2) - Svikt i overvåking vil føre til stopp pga manglende kontroll (2) (3) - Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3)	<b>6</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- Investeringer i infrastruktur og terminaleier	<b>7</b>
<b>Kompleksitet</b>		<b>7</b>

### 9.3.5 A6 Automatisk terminalutstyr - Terminaltraktor

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	- Effektivisere flyt - Redusere personalkostnader - Unngå skader
<b>Forutsetter</b>	- Planleggingsverktøy - Områdesikring (avhenger av tekn. Modenhet) - Automatisk styring av kingpin, lastlåsing, støttebein justering etc. (særlig krevende for semitrailer)

<b>Teknologi muliggjørere</b>	"- Geofencing (på personer) - DAS Digital Acoustic Sensing for å registrere mennesker og dyr I et område der de helst ikke skal være"
-------------------------------	--

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	- Flere kunder som følge av tjenesteforbedring	<b>4</b>
<b>Effektivisering</b>	- Personalkostnader - Effektivisering	<b>4</b>
<b>Tjenesteforbedring</b>	- Effektiv kobling mellom havn og jernbane: Automatiserte terminaltraktorer gir rask, kontinuerlig og forutsigbar transport av containere mellom kai og jernbaneterminal, noe som reduserer ventetid og øker punktlighet i godstrafikken. - Utvidet driftstid og kapasitet: Autonome kjøretøy kan operere døgnet rundt uten bemanning, noe som gir større fleksibilitet og bedre utnyttelse av terminalens kapasitet, spesielt i høytrafikkerte områder som Alnabru. - Økt sikkerhet og lavere driftskostnader: Automatiseringen reduserer behovet for manuell kjøring i travle terminalområder, noe som minimerer risiko for ulykker og bidrar til lavere personell- og driftskostnader.	<b>4</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Automatiserte terminaltraktorer eksisterer i ulike varianter flere steder i verden. En utfordring kan være å få til en autonom terminaltraktor som fungerer tilfredsstillende på vinterstid i Norge. Kun aktuelt for store terminaler som for eksempel Alnabru. Kjøring mellom havner (kaifront) og jernbaneterminaler f.eks. i Bodø.	<b>8</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	- Dyrere å vedlikeholde enn konvensjonelt materiell. - Større krav til gode kjøreforhold etc	<b>2</b>
<b>Risiko</b>	- Sårbar for systemfeil (2) - Svikt i overvåkning vil føre til stopp pga manglende kontroll (2) (3) - Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3) - Frittgående mennesker og dyr på terminalområdet er en sikkerhetsrisiko (3)	<b>4</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- Investeringer terminaltraktorer- av terminaloperatør? Hvem er terminaloperatør?	<b>3</b>
<b>Kompleksitet</b>	- Geofencing (på personer) - DAS Digital Acoustic Sensing for å registrere mennesker og dyr I et område der de helst ikke skal være	<b>3</b>

### 9.3.6 A9 Automatisk terminalutstyr – Fjerning av snø/is

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	Ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt, men livsløps og miljø/klima-lønnsomt? Er det begrunnelse god nok?
<b>Forutsetter</b>	- Planleggingsverktøy - Områdesikring (avhenger av tekn. Modenhet) - Automatisk styring av kingpin, lastlåsing, støttebein justering etc. (særlig krevende for semitrailer)
<b>Teknologi muliggjørere</b>	- Geofencing (på personer og utstyr) - Sensorer for å registrere mennesker og dyr i et område der de helst ikke skal være.

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	- Flere kunder som følge av tjenesteforbedring - Styrker jernbanens attraktivitet i intermodale kjeder: Bedre punktlighet og redusert risiko for driftsavvik vinterstid gjør jernbane mer pålitelig som ledd i internasjonale logistikk kjeder – særlig for trailergods og annen følsom last. - Reduserer kostnader og bemanningsbehov ved sesongutvidelse: Automatisering gjør det økonomisk mulig å opprettholde full vinterdrift uten stort behov for ekstra mannskap, og åpner dermed for nye driftskonsepter og helårsoperasjon ved mindre terminaler.	<b>5</b>
<b>Effektivisering</b>		<b>5</b>
<b>Tjenesteforbedring</b>	- Økt driftssikkerhet og punktlighet: Automatisk fjerning av snø og is reduserer risikoen for tekniske feil, driftsstans og forsinkelser og bremseproblemer som ofte oppstår i vinterdrift. Gjelder spesielt trailervogner. - Raskere terminalprosess og omløp: Integrrert snø- og is fjerning gir kortere oppholdstid i terminalen og bidrar til høyere gjennomstrømning og bedre kapasitetsutnyttelse i vinterdrift. - Redusert manuelt arbeid og lavere HMS-risiko: Automatisering erstatter tunge og risikofylte manuelle oppgaver i kalde og glatte omgivelser, noe som gir tryggere arbeidsforhold og reduserer behovet for vinterbemanning utendørs.	<b>7</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
Realiserbarhet (før 2035)	Snø og is er et særnorsk problem. Dagens løsninger er manuelle, dyre og ressurskrevende. Optimal løsning er ukjent og må utforskes nærmere.	6
D&V-kost		3
Risiko	- Sårbart for systemfeil (2) - Svikt i overvåkning vil føre til stopp pga manglende kontroll (2) (3) - Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3)	3
Investerings/ implementerings kost	- Investeringer terminaltraktorer- av terminaloperatør? Hvem er terminaloperatør?	3
Kompleksitet		3

### 9.3.7 A10 Automatisk terminalutstyr – Lastsikringsutstyr

Hva skal teknologien løse?	Redusere tids- og ressursbruk på terminal, øk effektivisering og kapasitet. Sikre at lastbærer er låst til vogn
Forutsetter	Strøm og data til hver vogn (f.eks. DAC). Kommunikasjon med lok, TOS og togoperatører. Planleggingsverktøy
Teknologi muliggjørere	Optimaliseringsverktøy

Dimensjon	Vurdering	Score
Nye markeder	-Minimal tjenesteforbedring	2
Effektivisering		4
Tjenesteforbedring	- Redusert risiko for godsskader: Automatisert sikring av semitrailere og containere (som kingpin-lås og containerlåser) sørger for korrekt og jevn tilkobling hver gang – noe som minimerer feil, forskyvninger og skader under transport. - Raskere og mer presis terminalprosess: Når lastesikringen skjer automatisk som del av laste- og lossrutinen, reduseres håndteringstid og risiko for menneskelige feil – noe som gir raskere og mer pålitelig terminaldrift. - Bedre kvalitet og sikkerhet i leveransen: Systematisk og dokumenterbar lastesikring styrker leveringssikkerheten og reduserer avvik – noe som gir høyere kvalitet i tjenesten og økt tillit fra kundene. Oppfyller kravene for videre transport i Europa, som eksempelvis grensepassering gjennom Danmark.	4
Realiserbarhet (før 2035)	Det er tidkrevende prosesser og risiko for feil og skader. Realiserbarhet: Teknologien finnes, kan innføres trinnvis, støttes av digital infrastruktur og sikkerhetskrav. utfordringer: Manglende standarder, kostnader, behov for materielltilpasning og samarbeid mellom aktører.	9
D&V-kost		1
Risiko	- Sårbart for systemfeil (2) - Svikt i overvåkning vil føre til stopp pga manglende kontroll (2) (3) - Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3)	2
Investerings/ implementerings kost		2
Kompleksitet		2

### 9.3.8 A12 Automatisering av drift og vedlikehold

Hva skal teknologien løse?	- Tilstandsbasert og prediktivt vedlikehold av kjøretøy. - Drift og vedlikehold av infrastruktur på terminaler (spor, lastegater, kraner, signal etc) - Sensorer for rapportering av status på infrastruktur og kjøretøy (se egne teknologier) - Snø- og isrydding - både på infrastruktur (ikke dekket av annen tekn) og kjøretøy. Autonom snørydding i lastegater etc kan være ganske komplekst - Verkstedsoperasjon - hente ut effektiviseringsgevinster av sensorsbasert diagnostik og feildeteksjon. Autogenerert verkstedordre, delebestilling, optimalisert arbeidslister, inntaksplanlegging. Prediksjon av inntak, feil etc. Dette anses ikke som veldig komplekst - Verkstedsoperasjon - automatisering av verkstedsoperasjoner (helt eller delvis) f.eks skifte boggie, hjul, hjuldreing, smøring etc (Dette er et for høyt ambisjonsnivå - ikke tatt med her)
----------------------------	--

	- Denne er langt på vei en samlepost for tekn som ikke er fanget opp av annen automatisering.
<b>Forutsetter</b>	
<b>Teknologi muliggjørere</b>	

<b>Dimensjon</b>	<b>Vurdering</b>	<b>Score</b>
<b>Nye markeder</b>	- Flere kunder som følge av tjenesteforbedring	<b>6</b>
<b>Effektivisering</b>	- Optimalisert vedlikeholdssyklus for alle kjøretøy for minimering av vedlikeholdskostnader (også dekket av overvåkning ombord og spornært) - Optimalisert drift og vedlikehold av infrastruktur for minimering av kostnader (også dekket av overvåkning ombord og spornært) - Redusert kostnad til snø- og isrydding gjennom autonome operasjoner - Verkstedsoperasjon - Effektiviseringsgevinster av auto generert verkstedordre, delebestilling, optimalisert arbeidslister, inntaksplanlegging. Prediksjon av inntak, feil etc - Verkstedsoperasjon - Effektiviseringsgevinster automatisering av verkstedsoperasjoner (helt eller delvis) f.eks. skifte boggie, hjul, hjuldreining, smøring etc - Optimalisering av delelagerdrift (basert på optimalisering mellom prediksjon og JustInTime) - Redusert kapitalbinding grunnet at mindre kjøretøy står i kø for verksted/repasasjon. Reduserer også behovet for spor bundet til ødelagte kjøretøy (økt kapasitetsutnyttning).	<b>5</b>
<b>Tjeneste- forbedring</b>	- Mer pålitelig og forutsigbar godstrafikk: Automatiserte overvåkingssystemer (f.eks. sensorer og sanntidsdata) gir tidlig varsling om feil og slitasje på både infrastruktur og kjøretøy, noe som reduserer driftsavbrudd og øker leveringssikkerheten. - Effektiv ressursbruk og lavere vedlikeholdskostnader: Automatisert tilstandskontroll muliggjør målrettet og behovsbasert vedlikehold fremfor faste intervaller, som gir lavere kostnader og mindre unødvendig nedetid. - Gradvis forbedring av tjenestekvalitet: Teknologien kan implementeres trinnvis og integreres i eksisterende systemer – som gjør det mulig å oppnå gevinst raskt, uten å vente på full systemomlegging i hele kjeden. - Bedre informasjonsflyt og samhandling: Standardiserte datasystemer og automatisert rapportering legger til rette for bedre koordinering mellom aktører og økt transparens i verdikjeden.	<b>5</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Full automatisering er urealistisk i hele godskjeden, men på utvalgte områder er det fullt mulig og allerede teknologisk og operativt gjennomførbart. Hovedutfordringer er investeringer, standardisering, datasamarbeid og ulik modenhet blant aktørene. Drift: Tiltak kan implementeres trinnvis og integreres i eksisterende systemer. Teknologi: De fleste løsningene finnes allerede og testes i pilotprosjekter (f.eks. sensorer, sporing og automatisert terminaldrift).	<b>7</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	- D&V av digital løsning for verkstedsprosesser (antatt lav kost)	<b>2</b>
<b>Risiko</b>	- Sårbart for systemfeil (2) - Svikt i overvåkning vil føre til stopp pga manglende kontroll (2) (3) - Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3) - Frittgående mennesker på terminalområdet er en sikkerhetsrisiko (3)	<b>2</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- Automatiserte verkstedsprosesser (digitaliserte løsninger for arbeidslister, bestilling etc) kan være relativ lav kostnad, gitt at dataplattform eksisterer for mottak, lagring og analyse av sensor data - Automatiserte verkstedsoperasjoner antas dyrt. Ikke nødvendigvis rett ambisjonsnivå (holdt utenfor score) - Kostnader til sensorer ombord og spornært er dekket andre steder	<b>4</b>
<b>Kompleksitet</b>		<b>4</b>

### 9.3.9 M5 Støysvake bremsen for nordiske forhold

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	Motivasjonen er å redusere støy fra godstog, spesielt i bynære områder med støyrestriksjoner, og å forbedre samfunnsaksept for godstrafikk.
<b>Forutsetter</b>	
<b>Teknologi muliggjørere</b>	

<b>Dimensjon</b>	<b>Vurdering</b>	<b>Score</b>
<b>Nye markeder</b>	- Liten til ingen effekt	<b>1</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
Effektivisering	- Lavere infrastrukturinvesteringer pga redusert behov for bygging av støyskjermer	2
Tjeneste-forbedring	- Redusert støybelastning gir bedre samfunnsaksept: Støysvake bremsere bidrar til lavere støynivå ved terminaler og langs spor, noe som gjør det lettere å opprettholde og utvikle godstrafikk i bynære områder med støyrestriksjoner. - Fremtidig konkurransefortrinn: Aktører som tar i bruk godkjente, støysvake vinterbremsere tidlig vil være bedre posisjonert når strengere støykrav og miljøreguleringer trer i kraft i EU og Norge.	2
Realiserbarhet (før 2035)	Støysvake bremsere kan redusere støy, men krever teknologitilpasning for å fungere pålitelig i nordisk vinterklima med snø og is. Videre utvikling og testing er nødvendig, herunder er testmetodikken og utfordringer i godkjenningsrutiner. Det vil ta tid å teste ulike metoder og løsninger og få testrutinen godkjent.	7
D&V-kost		6
Risiko	- Uforutsigbare bremseegenskaper under vinterforhold (2) (3) - Utfordringer for grensekryssende trafikk og tilgang til leasing av vogner i Europa (1)	4
Investerings/ implementerings kost	Betydelig dyrere enn konvensjonelle bremseklosser (10-20 ganger dyrere)	6
Kompleksitet		7

### 9.3.10 E1 Vogner med egen fremdrift

Hva skal teknologien løse?	Forenkler: - skifteoperasjoner - Sammensetting av togstammer Bidrag til trekraft under fremføring. Reduserer behov for flere lokomotiv og mulighet for økt togvekt. (JRD:) Dette forutsetter ASO, men hva med Nevomo og ""Booster"" for å push opp bakker? Da kan det kombineres og implementeres så lenge det er en magnet på vogn? (Kostnaden er kanskje fremdeles høy, eller redusert til medium?)
Forutsetter	- Automatisering (DAC og ASO) er forutsetning for forflytninger inne på terminal - Underveis/fremføring krever ikke DAC/ASO
Teknologi muliggjørere	- Linjærmotor i spor - batteri/el-motor i vogn - ASO - DAC

Dimensjon	Vurdering	Score
Nye markeder	- Tilgang til nye kunder og markeder uten lokomotiv: Selvkjørende vogner kan nå mindre terminaler og industrispor uten behov for trekraft, noe som gjør det lønnsomt å betjene områder og kunder som i dag faller utenfor jernbanens rekkevidde. - Mer effektiv og fleksibel terminal- og togfremføring: Egen fremdrift reduserer behovet for manuell skifting og lokomotivflytting, gir raskere tog klargjøring og muliggjør høyere hastighet og bedre flyt i godstrafikken. - Bedre fremføring i krevende stignings traséer: Ved å utnytte ekstra motor- og bremsekraft i vognene – som med teknologier la Nevomos Booster – kan godstog få støtte i bakker som Brynsbakken og Tistedalsbakken, og redusere behovet for ekstra lok.	6
Effektivisering	- Reduserte kostnader på terminal til skifting og klargjøring av tog - Redusert kostnad per tonn ved økt togvekt - Raskere fremføring. Styrker konkurranseflate. - Reduserte CO2-utslipp og kostnader til CO2-avgift/utslipp - Færre lokomotivkostnader - Mulighet for sikrere og raskere nedbremsing av godstog - Re-generering av energi ved bremsing (særlig Linjærmotor) - Mer effektiv utnyttelse av eksisterende infrastruktur: Kan spare dyre infrastrukturinvesteringer Kilder: <a href="https://www.mdpi.com/2075-1702/12/12/863">https://www.mdpi.com/2075-1702/12/12/863</a>	8
Tjeneste-forbedring	- Nye tjenestemodeller og markedsmuligheter: Vogner med egen fremdrift muliggjør levering av enkeltvogner direkte til kundespor eller mindre terminaler uten lokomotiv, noe som gjør vognlast mer fleksibel og økonomisk attraktiv. Dette åpner også for intermodale transportertil terminaler som i dag anses som for små for ordinær togdrift. - Redusert driftskostnad og bedre terminaleffektivitet: Egenfremdrift reduserer behovet for skifting, lokomotivbruk og manuell håndtering – som gir lavere kostnader per transport og raskere togklargjøring.	7

Dimensjon	Vurdering	Score
	- Mer energieffektiv og arealbesparende drift: Med regenerering av energi ved bremsing og behov for færre tunge trekkressurser, kan man oppnå lavere energibruk og bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur.	
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Realiserbarheten er moderat; teknologien finnes, men er kostbar og gir utfordringer med vekt, styring og vedlikehold. Løsningene er mest realistiske for nisjeområder som terminaler og industrispor innen 5–10 år.	<b>4</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	- Vedlikehold. Ca 2,5% av investeringskost - Kan gi høyere kostnader til energi, knyttet til å øke hastighet uten ekstra lokomotiv Kilder: <a href="https://www.mdpi.com/2075-1702/12/12/863">https://www.mdpi.com/2075-1702/12/12/863</a>	<b>3</b>
<b>Risiko</b>	- Sårbar for systemfeil (2) - Svikt i overvåkning vil føre til stopp pga manglende kontroll (2) (3) - Mekaniske feil der personell må ut å bistå manuelt (2) (3) - Frittgående mennesker i spor- og terminalområder er en sikkerhetsrisiko (3) - Batterier og elmotorer i alle vogner øker risiko for brann og andre uønskede hendelser (3) - Batterier og elmotorer i alle vogner øker risiko for brann og andre uønskede hendelser	<b>7</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- Antatt høye, både for det offentlige og private aktører - Linjærsystem vil kreve investeringer både i spor og på kjøretøy. - Investeringer i styringssystemer antas å være betydelige (overlappende med ASO-kostnader). - Tilpasning av eksisterende vogn: 36 000 EUR - Anslått: Pr kilometer enkeltspor: 3,25 mill EUR (HW), + 0,25 mill EUR (installasjon) = 3,5 mill EUR pr km (virker høyt. Usikkert om kilde har lagt til grunn MagRail (Dyrt) eller MagRail Booster(billigere) og storskala volum) Kilder: <a href="https://www.mdpi.com/2075-1702/12/12/863">https://www.mdpi.com/2075-1702/12/12/863</a>	<b>7</b>
<b>Kompleksitet</b>	- Linjærmotor i spor - batteri/el-motor i vogn - ASO - DAC	<b>8</b>

### 9.3.11 E2 Løsning for strøm til kjøleaggregat på container på vogner

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	- Per i dag går kjøleaggregater på alle lastbærere som trenger kjøling, på diesel. Disse kan gå på 220V-strøm. Løsninger som tilbyr 220V på vogna vil redusere behovet for dieseldrift av disse. - Trenger styring av oppstart av kjøleaggregater, så ikke alle starter samtidig - DAC gir ikke nok strøm ift behovet - Tenkes løst vha re-generering og batteri på hver vogn. Eventuelt anen energikilde til hver vogn - Kan også løses med strøm fra lokomotiv som trekkes bakover i toget - Særlig norske matprodusenter med kjølebehov og sterkt ønske/behov for bærekraftig løsning (eks lakseeksportører) gjør dette til problem som må løses også i Norge. - På terminalene er det krav om at disse skal kobles til 220V, men dette gjøres ikke alltid. Mangler også kapasitet.
<b>Forutsetter</b>	- En energikilde, enten på vogna eller fra lokomotivet
<b>Teknologi muliggjørere</b>	- Antas at det kommer løsninger siden dette er et globalt problem som Norge kan adoptere

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	- Stort sett samme marked. Risiko for å tape markedsandeler dersom det ikke elektrifiseres!	<b>3</b>
<b>Effektivisering</b>	- Noe kostnadsreduksjon ved å erstatte diesel med strøm	<b>2</b>
<b>Tjeneste-forbedring</b>	- Mer bærekraftig og moderne godstjeneste: Elektrisk drift av kjøleaggregater reduserer dieselforbruk og klimagassutslipp, og gir et grønnere og mer fremtidsrettet transporttilbud – i tråd med utslippsmål og forventninger fra vareiere. - Støy- og miljøforbedring i terminaler: Ved å fase ut dieseldrevne aggregater reduseres lokal støy og luftforurensning i og rundt terminalområder – noe som forbedrer arbeidsmiljøet og gjør det lettere å opprettholde godstrafikk i bynære strøk. - Styrket omdømme og konkurransekraft: Elektrifiserte kjøleløsninger signaliserer teknologisk ansvarlighet og miljøambisjon – noe som gir konkurransefortrinn i markedet, særlig i offentlige anskaffelser og miljøsertifiserte logistikk kjeder.	<b>4</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Elektrisk drift av kjøleaggregater er teknisk mulig via batterier eller strømuttak, men krever tilpasning av vogner og investering i infrastruktur. Realistisk for faste tog konsepter og terminaldrift. Offentlige myndigheter bør støtte elektrifisering (diesel skal utfases) av kjølecontainere gjennom investeringer, krav i offentlige anskaffelser og pilotprosjekter, i tråd med klimamål og utslippsreduksjon.	<b>7</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
D&V-kost		<b>3</b>
Risiko	- Sårbart for systemfeil (2) (3)	<b>2</b>
Investerings/ implementerings kost	- Investeringer på hver vogn, og kanskje også på lokomotiv og strømsystemer gjennom toget	<b>3</b>
Kompleksitet	- Antas at det kommer løsninger siden dette er et globalt problem som Norge kan adoptere	<b>3</b>

### 9.3.12 E5 Utslippsfrie fremføringer av gods på linje (KVU Green)

Hva skal teknologien løse?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utslippsfri fremføring på Nordlandsbanen, Rørosbanen og Solørbanen.</li> <li>- Lavere CO2-utslipp</li> <li>- Lavere energibruk</li> <li>- Bedre trekraft, mindre behov for ekstra lok</li> <li>- Høyere togvekt</li> <li>- Raskere fremføring</li> </ul>
Forutsetter	<p>Kontaktledning på hele Rørosbanen og Solørbanen</p> <p>Kontaktledning på deler av Nordlandsbanen</p>
Teknologi muliggjørere	Bimodale tog batteri/elektrisk

Dimensjon	Vurdering	Score
Nye markeder	- Elektrisk fremføring billigere pr tonnkm, og dette reduserer kostnader og øker konkurransevnet til toget. (Er behov for å utfase diesel for å forbli aktuell i markedet).	<b>5</b>
Effektivisering	- Elektrisk fremføring billigere pr tonn/km, og dette reduserer kostnader og øker konkurransevne til toget. Overføring til tog som følge av økt konkurransevne senker samfunnets samlede kostnader til transport. - Større trekraft med elektrisk drift, gir rom for økt togvekt og dermed lavere fremføringskostnad per tonn.	<b>5</b>
Tjeneste- forbedring	- Mer bærekraftige godstjenester: Nullutslippsløsninger (som batteri) gir klimavennlig transport uten å gå på bekostning av leveringskvalitet, og styrker jernbanens konkurransevne i grønne logistikk kjeder. - Bedre tilgjengelighet i miljø sensitive områder: Redusert støy og lokal forurensning muliggjør godstransport nær byområder og nye markeder der dieseldrift tidligere har vært en barriere.	<b>5</b>
Realiserbarhet (før 2035)	KVU Green viser at dette er teknisk mulig å bygge. KVU Green anbefaler batteridrift med del-elektrifisering for Nordlandsbanen og full elektrifisering for Røros-/Solørbanen. Dette gir reell mulighet for utslippsfri godstransport, men krever investeringer i både infrastruktur og nytt materiell.	<b>7</b>
D&V-kost	- Vedlikehold av KL	<b>6</b>
Risiko	- Myndighetsgodkjenning av tekniske løsninger (1) - Batterier og hydrogenteknologi øker risiko for brann og andre uønskede hendelser (3) - Finansiering over Statsbudsjettet (1)	<b>5</b>
Investerings/ implementerings kost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Delelektrifisering av Nordlandsbanen (bimodal batteri/elektrisk) (6,5 mrd kr)</li> <li>- Helelektrifisering av Rørosbanen og Solørbanen (8,6 mrd kr)</li> <li>- Innkjøp av bimodale lokomotiver til Nordlandsbanen (10 mrd kr)</li> <li>- Innkjøp av elektriske lokomotiver til Røros- og Solørbanen (2,4 mrd kr)</li> </ul> <p>Kilder: KVU Green</p>	<b>8</b>
Kompleksitet	Bimodale tog batteri/elektrisk	<b>7</b>

### 9.3.13 K1 Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.)

Hva skal teknologien løse?	<p>Styring av transportkjeden</p> <p>Styring av distribusjonstrafikk</p> <p>Terminalstyring BB det jobbes med å forbedre denne i Trans4m-r og OYO prosjektet</p> <p>Togstyring</p> <p>Menes Transport Management System (TMS) for gods, ikke Traffic Management System for tog generelt</p>
----------------------------	---

<b>Forutsetter</b>	Datadeling Overvåkning av lastenheter, last, infrastruktur og kjøretøy Forbedrete tjenester og systemer for Speditører (4PL og 5PL).
<b>Teknologi muliggjørere</b>	Beslutningsstøttesystemer (f.eks TNS, skifteverktøy)

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	- Bedre produkt fra togoperatør til kunder/vareeiere.	<b>5</b>
<b>Effektivisering</b>	- Færre, og raskere operasjoner særlig på terminal og også hovedspor - Bedre kontroll på tidspunkt for henting og levering av lastbærere gir mulighet for å optimalisere planlegging av løfteoperasjoner, plassering på tog, deponihåndtering, etc. - Reduserer håndteringskostnad per enhet. - Reduserer behovet for doble løft  - Bedre kapasitetsutnyttelse på både terminal og hovedspor	<b>6</b>
<b>Tjeneste- forbedring</b>	- Bedre tjenestekvalitet for aktører i godskjeden: Sanntidsstyring og automatisert informasjonsflyt gir økt presisjon og forutsigbarhet i leveransene – til nytte for kunder, vareeiere, samlasterne og terminaler. - Større transparens og effektiv samhandling: Åpen tilgang til transport data gjør det mulig å planlegge bedre på tvers av aktører, redusere ventetid og håndtere avvik raskere i hele logistikk kjeden. - Skalbar løsning med høy realiserbarhet: Teknologien er tilgjengelig og delvis moden (jf. Europe's Rail – FP5 Trans4m-r og FP1 MOTIONAL), men krever felles standarder, datadeling og samarbeid for å realisere fullt potensial.	<b>9</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Europe's Rail jobber med problemstillingen i FP5 Trans4m-r og delvis FP1 MOTIONAL. Forbedret transportstyring (TMS/TOS) har høy realiserbarhet med tilgjengelig teknologi og stort effektiviseringspotensial, men krever datautveksling, standardisering og aktørsamarbeid for bred effekt.	<b>8</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	- Primært SW oppdateringer og lisenskostnader	<b>3</b>
<b>Risiko</b>	- Cybersikkerhet (1) (2) (3) - Sårbar for systemfeil (2)	<b>2</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- Systemutviklingskostnader (SW og integrasjon i eksisterende SW) - Utvikling av optimaliserings algoritmer - Datakommunikasjonsstandarder Kostnader må tas av terminal eier/-operatør primært, men også noen investeringer fra togoperatør JDIR kan ha insentiv til å drive frem en slik utvikling. Gir bedre utnyttning av eksisterende kapasitet.	<b>8</b>
<b>Kompleksitet</b>	Beslutningsstøttesystemer (f.eks. TNS, skifteverktøy)	<b>7</b>

### 9.3.14 K2 Datadeling (transportdokumentasjon mm.)

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	Deling av Ruteplan, trafikkdata, statistikk og federate dataspace[Vertikal teknologi] Legger til rette for Forbedret transportstyring
<b>Forutsetter</b>	- Data som kan deles (sensorer etc) - Standard for datadeling (utvikling og markedsstandard).
<b>Teknologi muliggjørere</b>	Beslutningsstøttesystemer (f.eks TNS, skifteverktøy)

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	- Åpner for nye digitale logistikkmodeller: Standardisert og sanntidsbasert datadeling muliggjør sømløs integrasjon mellom aktører – noe som legger til rette for nye tjenester som døgnkontinuerlig sporing, automatisert lossing og digital fortolling. - Gjør jernbanen mer attraktiv for nye kunder: Enkel tilgang til transportdokumentasjon og presis informasjon i sanntid gir høyere transparens og forutsigbarhet – spesielt viktig for vareeiere som stiller krav til kontroll og sporbarhet. - Forenkler inngang for nye aktører og nisjetjenester: Når grunndata og prosessinformasjon er tilgjengelig via felles plattformer, senkes terskelen for små og nye aktører til å tilby spesialiserte tjenester innen f.eks. tredjepartslogistikk, sporing, analyser eller kundeløsninger.	<b>7</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
Effektivisering	- Alle aktører i systemet er bedre informert og kan ta bedre valg. Effektivisering (spart tid, spart kos, effektiv utnytting av ressurser)	6
Tjeneste-forbedring	"- Økt presisjon og driftseffektivitet: Deling av sanntidsdata og transportdokumentasjon gir bedre planlegging, færre misforståelser og mer presise leveranser gjennom hele logistikk kjeden. - Høyere kvalitet og færre avvik: Felles tilgang til dokumentasjon reduserer manuelle feil og dobbeltarbeid, og legger til rette for mer sømløse overganger mellom aktørene i transportleddene. - Styrket tillit og transparens: Åpen og standardisert datadeling skaper felles situasjonsforståelse, økt forutsigbarhet og bedre samhandling mellom private aktører og myndigheter.	7
Realiserbarhet (før 2035)	Datadeling og felles dokumentasjon har høy gevinst og tilgjengelig teknologi, men realisering krever sterkere standardisering, tillit mellom aktører og offentlig tilrettelegging. Herunder offentlig fasilitering av felles dataplattformer eller minimumsstandarder.	9
D&V-kost	- Datalagring/-håndtering/-prosessering (lisenser)	4
Risiko	- Aktører kan anse dette som et konkurransefortrinn, og dermed ikke ville dele standarder (1) - Cybersikkerhet (1) (2) (3) - Hvor ligger data som skal deles? Norske servere?	4
Investerings/ implementerings kost	- Systemutviklingskostnader	5
Kompleksitet	- eFTI (standard for Europeisk transportdokumentasjon som skal tas i bruk innen).	7

### 9.3.15 K5 Ombordovervåking av kjøretøy

Hva skal teknologien løse?	- Rullende materiells posisjon - Verifisering av gjennomgående luft til enden av togstamme - Tilstandsovervåking av kjøretøy. For eksempel hjulskader, hjullager, skjevlasting, etc - Kingpin status, låsepine posisjon - Andre sensorer
Forutsetter	- Strøm - Installerte sensorer på kjøretøy
Teknologi muliggjørere	

Dimensjon	Vurdering	Score
Nye markeder	- Styrker tilbudet til kunder med høy kravspesifikasjon: Sanntidsdata om posisjon, temperatur, vibrasjoner og lastestatus muliggjør dokumentert og sporbar transport – attraktivt for nye segmenter som farmasi, ferskvarer og høyverdig teknologi. - Tilrettelegger for nye vedlikeholds- og leasing modeller: Tilstandsovervåking gir bedre kontroll på komponent- og vognslitasje, som åpner for mer fleksible avtaler for utleie og «pay-per-use»-modeller – og kan senke terskelen for nye operatører i markedet. - Gir bedre integrasjon i digitaliserte logistikk kjeder: Når overvåking gir kontinuerlig informasjon om posisjon og teknisk status, kan jernbanegods kobles tettere inn i avanserte Enterprise Resource Planning, Transport Management System og kundesystemer – noe som utvider markedet mot digitale logistikk-løsninger.	4
Effektivisering	- Reduserte reparasjons- og vedlikeholdskostnader som følge av tidlig deteksjon (tilstandsbasert/trendbasert) - Sammen med Traingate gir dette mulighet for automatisk vognvisitasjon og bremseprøve som sparer ca 1,5-2t time per tog (sum ankomst og avgang). Dette effektiviserer terminaldriften, sparer lønnskostnader og frigjør lastesporkapasitet - Automatisk åpning/lukking av kingpin- og låsepin status gir mer effektiv lasting/lossing - Tidlig deteksjon av skader på kjøretøy kan begrense skader på infrastruktur.	7
Tjeneste-forbedring	- Bedre driftssikkerhet og færre avbrudd: Sanntidsovervåking av teknisk tilstand (f.eks. aksellager, bremses, temperatur) gjør det mulig å oppdage feil før de utvikler seg – noe som reduserer uplanlagte stopp og avvik. - Mer presist og kostnadseffektivt vedlikehold: Tilstandsbasert vedlikehold gir lengre levetid på komponenter, færre unødvendige verkstedsopphold og lavere vedlikeholdskostnader over tid. - Styrket produktkvalitet og kundetillit: Overvåking av f.eks. vibrasjoner og temperatur underveis kan dokumenteres for vareeiere, noe som gir økt trygghet og verdi i transporttjenesten – særlig for sensitive varer. - Info om kjøretøyets posisjon kan deles i sanntid med kunde	5

Dimensjon	Vurdering	Score
	- God tilstandskontroll på kjøretøy øker sikkerhet og reduserer sannsynlighet for hendelser.	
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Teknologisk realiserbarhet: Høy Operasjonell realiserbarhet: Middels Økonomisk realiserbarhet: Middels Ombord-overvåking av vogner og lokomotiver er teknologisk gjennomførbart og gir høy verdi for drift, sikkerhet og vedlikehold. Realiserbarheten er høy for lokomotiver og moderne vogner, men lavere for eldre materiell og lavmargin-gods. Krever koordinert investering og standardisering.	<b>7</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	- Primær kost er programvare og evt. leasing kost - Bytting av sensor/batteri hvert 5-6.år	<b>3</b>
<b>Risiko</b>	- Dataoverload – funksjonssvikt (2) - Sårbart for systemfeil (2) - Fare for at nytten ikke er stor nok til å forsvare kostnader (avdekker en del hendelser som inntreffer veldig sjelden) (1) - Kerasensorer kan fange personsensitive data (personvern)	<b>3</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- Kostnader knyttes til innkjøp og montering av sensorer. - Kostnader til dataoverføring, -mottak, prosessering/analyse, varslingsrutiner. Kan være ganske stor kostnad hvis nytt system, kan være ganske lav om mottakssystem eksisterer. Bør inngå i et større datautvekslings- og lagringssystem for godstransport på jernbane. - Teknologitvillingen pågår og drives frem av bransjen. Ikke store kostnader til dette. - Tas av vogn-/lokomotiveier (på kjøretøy)	<b>3</b>
<b>Kompleksitet</b>		<b>3</b>

### 9.3.16 K6 Spornær overvåking av kjøretøy (Traingate)

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	- Øke sikkerhet, robusthet og pålitelighet - Redusere risiko for avsporing/ulykke - Bedre avgangspunktligghet - Bedre fremføringsevne • Effektivisering • Redusere kostnader • Bærekraft - Redusere støy og vibrasjoner på strekningene - Øke attraktiviteten til transport på jernbane
<b>Forutsetter</b>	- Strøm - Installerte sensorer (TrainGate) på infrastruktur
<b>Teknologi muliggjørere</b>	

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	- Tryggere og mer forutsigbare godstjenester: Automatisk feilregistrering (som hjulskader og varmgang) reduserer risiko for avsporinger og forsinkelser – noe som øker påliteligheten og gjør jernbanen mer attraktiv for kunder med strenge krav til leveringssikkerhet. - Enklere innfasing for operatører og aktører med eldre materiell: Teknologien krever ingen endringer på kjøretøyene og kan derfor benyttes også på lavmargin-gods og eldre vognpark – noe som senker terskelen for flere aktører å delta i jernbanemarkedet. - Bedre styring og dokumentasjon i hele verdikjeden: Objektive statusdata fra terminaler og knutepunkt gir økt transparens og tillit i transportkjeden – og gjør det mulig å tilby nye tjenester som automatisk tilstandsrapport, sporbarhetsbevis og merverdi for krevende logistikksegmenter.	<b>4</b>
<b>Effektivisering</b>	- Redusere tidsbruk i lastespor (Automatisert vognvisitasjon og bremseprøve sparer 1 time per tog, pluss sparte skadepkostnader og lønnskostnader) - Redusere tidsbruk på verksted - Øke kapasitet i sporforbindelser - Redusere langtidshensetting (skadde/friske) - Redusere beslag av hensettingskapasitet - Øke utnyttelsen av linjekapasitet - Øke kapasitet i lastegate - Reduseredriftsutgifter - Redusere reservevognpark - Redusere slitasje/skader på infrastruktur	<b>8</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
	-Redusere slitasje/skader på kjøretøy -Effektivisere planlegging av personalressurser	
<b>Tjeneste- forbedring</b>	- Forbedret sikkerhet og vedlikeholdskontroll: Automatisk registrering av feil (som varmgang, hjulskader eller lastforskyvning) gir rask respons og reduserer risiko for havarier og driftsstans. - Ingen inngrep på kjøretøy – høy realiserbarhet: Teknologien krever ingen modifikasjoner på vogner eller lokomotiver, noe som gjør den egnet også for eldre materiell og kostnadsfølsomme operasjoner. - Bedre dokumentasjon og transparens: Spornær overvåking gir objektiv statuslogg for passerende kjøretøy og lasteenhet, som styrker leverandøransvar, forbedrer tillit i hele transportkjeden og gir verdi for kundene. - Styrket verkstedslogistikk og ressursutnyttelse: Tidlig varsel om tekniske feil gir bedre planlegging av verkstedkapasitet og mulighet for mer målrettet og effektiv vedlikeholdstjeneste.	<b>5</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Sporbasert overvåking av kjøretøy (som TrainGate) har høy realiserbarhet og krever ingen modifikasjon på materiellet. Teknologien er moden og egnet for drift i terminaler og knutepunkt. Gir lav enhetskostnad og høy effekt på sikkerhet, vedlikehold og dokumentasjon.	<b>10</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	- Dataoverføring (ca 3 mill kr pr år, per Traingate) - Datalagring og -prosessering kommer i tillegg. Pris ukjent pt (anslag kan være hhv 3 + 5 mill kr per Traingate, avhengig av antall og type sensorer, samt valg av serverløsning) - Potensiale for effektivisering etter pilotfase (endring i sensorer, filtrering av data før overføring/lagring osv.)	<b>3</b>
<b>Risiko</b>	- Dataoverload – funksjonssvikt (2) - Sårbart for systemfeil (2) - Fare for at nytten ikke er stor nok til å forsvare kostnader (avdekker en del hendelser som inntreffer veldig sjelden) (1) - Kerasensorer kan fange personsensitive data (personvern)	<b>3</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	- En Traingate koster ca 25 mill, inkl datastruktur/-sending (1 pilotfase) - Full implementering i jernbanenettet krever ca 20-50 Traingates. Enhetspris forventes å gå ned med volum og valg av sensor og server oppsett - Tas av infrastruktureier (Bane NOR)	<b>4</b>
<b>Kompleksitet</b>		<b>5</b>

### 9.3.17 K7 Overvåking av infrastruktur fra kjøretøy

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	Rullende materiell kan benyttes til å overvåke infrastruktur FP3 i Europ's Rail (Prevantivt vedlikehold)
<b>Forutsetter</b>	Installerte sensorer på kjøretøy
<b>Teknologi muliggjørere</b>	

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	-Like nyttevirkinger for markedet med spornær overvåking.	<b>4</b>
<b>Effektivisering</b>	- Reduserte reparasjons- og vedlikeholdskostnader - Detektere feil og begynnende feil, slitasje osv på et tidlig tidspunkt der dette kan korrigeres billigere enn ellers - Unngå av dårlig infrastruktur skader kjøretøy Kilder: PRO20 (Sam skaffer mer info)	<b>8</b>
<b>Tjeneste- forbedring</b>	- Økt leveringskvalitet og færre avvik: Løpende registrering av sporforhold fra tog gir raskere feiloppdagelse og bedre vedlikeholdsplanlegging, noe som bidrar til jevnere trafikkflyt og høyere tjenestestandard. - Styrket tillit i hele transportkjeden: God dokumentasjon på sporkvalitet og driftsstatus gir bedre samhandling mellom infrastrukturforvalter, operatører og vareeiere – og øker tryggheten for punktlig levering. - Forbedret regularitet og punktlighet: Tidlig varslng om infrastrukturavvik reduserer risikoen for hastighetsbegrensninger og uforutsette driftsavbrudd, noe som gir mer stabile og forutsigbare godstransporter.	<b>8</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Teknologisk realiserbarhet: Høy Operasjonell realiserbarhet: Middels til høy Økonomisk realiserbarhet: Middels	<b>10</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
	Overvåkning av infrastruktur fra godstog er teknologisk moden og har høy realiserbarhet. Lokomotiver egner seg godt for sensorbæring og gir verdifulle data for smartere vedlikehold. Krever koordinert datadeling og rolleavklaring mellom aktører.	
D&V-kost	- Vedlikeholdskostnadene på kjøretøy tar av de private foretakene. Antas å være en ganske liten kostnad - Kostnad for å motta og behandle data antas å være større, og havner trolig hos Bane NOR.  Kilder: « <i>En mer datadrevet jernbanesektor endelig rapport</i> »	2
Risiko	- Dataoverload – funksjonssvikt (2) - Sårbar for systemfeil (2) - Fare for at nytten ikke er stor nok til å forsvare kostnader (avdekker en del hendelser som inntreffer veldig sjelden).	2
Investerings/ implementerings kost	- Kostnader til innkjøp, montering, godkjenning og sertifisering av nye sensorer på persontog og godstokomotiver - Tilgang til data som allerede samles inn av leverandører av togsett og lokomotiver - Systemer/kostnader for overføring av data fra kjøretøy (avhenger av ambisjonsnivå - sanntid eller ved stasjoner) - Systemer for mottak, lagring og (viktigst) analyse av data for hurtig varsling om feil - Tas av eier av (eks Norske Tog AS og lokomotiveiere). - Endring av avtale om sportilgang for operatører som kjører på norsk jernbane.  Kilder: PRO20	3
Kompleksitet		3

### 9.3.18 D2 Digitale tvillinger – sanntid (dynamisk/online)

Hva skal teknologien løse?	Sanntidsovervåking Simulering og analyse Styring av operativt drift Prediktivt vedlikehold (analyse) Effektivisere analyse med maskinlæring Effektivisering av ressursbruk Innovasjon og design
Forutsetter	Tilgang på digital modell på etableringstidspunktet Tilgang til sensorer mm som registrerer data/statusinformasjon knyttet til modellen Nær sanntids automatisert oppdatering av modell med sensordata Automatisert deling av data på tvers av private/offentlige aktører
Teknologi muliggjørere	Digital tvilling er en muliggjørere og forutsetning for en rekke andre teknologier som DAC, ATO, ASO, Traingate etc

Dimensjon	Vurdering	Score
Nye markeder	- Tilrettelegger for nye kundegrupper med krav til dokumentasjon og forutsigbarhet: Digitale tvillinger muliggjør sanntids visualisering av transportflyt, last og infrastruktur, noe som er avgjørende for markeder som farmasi, ferskvarer og høyverdig industri.AM39- Tilrettelegger for nye kundegrupper med krav til dokumentasjon og forutsigbarhet: Digitale tvillinger muliggjør sanntids visualisering og historikk av transportflyt, last og infrastruktur, noe som er avgjørende for markeder som farmasi, ferskvarer og høyverdig industri.AM40+AM39- Tilrettelegger for nye kundegrupper med krav til dokumentasjon og forutsigbarhet: Digitale tvillinger muliggjør sanntids visualisering og historikk av transportflyt, last og infrastruktur, noe som er avgjørende for markeder som farmasi, ferskvarer og høyverdig industri.AM39+F:AN+AI406	4
Effektivisering	Muliggjør predikativt og trendbasert vedlikehold. Gjør at du kan utnytte levetiden til komponenter maksimalt. Sparte kostnader ved å ta ut materiell til vedlikehold før det går galt (eksempel vognhavari langs hovedspor, eller optimalt tilstand for hjuldreining) Sparte kostnader ved å unngå å måtte hente last fra vogner som er satt ut av toget pga feil på vogna og reparasjon av slike vogner på stedet - ofte vanskelig tilgjengelig. Gir igjen rom for å optimalisere vognpark ved at behovet for reservevogner reduseres, bedre muligheter for planlegging og redusert ressursbruk/personal.	6
Tjeneste- forbedring	- Digitale tvillinger som i sanntid beskriver flere fagområder gjør det mulig å bygge opp mer omfattende og nøyaktige modeller enn de som baseres på modeller for hver spesifikk teknologi Dette: - Forenkler planlegging og gjennomføring av leveranser	6

Dimensjon	Vurdering	Score
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedre nøyaktighet/kvalitet</li> <li>- Bedre utnyttelse av kapasitet (ressursplanlegging)</li> <li>- bedre kostnadsestimering, tidsplanlegging</li> <li>- Bedre sanntidsinformasjon til togoperatører, lastbærereiere og vareeiere basert på sensordata som feedes inn i tvillingen (lokasjon, tilstand, temperatur etc.)</li> </ul>	
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	Digitale tvillinger er teknologisk realiserbare og har høyt potensial, men krever klare mål, god datatilgang og samarbeid på tvers av aktører. Best egnet for avgrensede systemer med høy datakvalitet og nytte. Referanse: FP1 MOTIONAL (TT). (Digital tvilling i jernbanen er en digital representasjon av fysiske systemer – som tog, vogner, infrastruktur eller terminaler – som kontinuerlig oppdateres med sanntidsdata for å overvåke tilstand, simulere drift og støtte beslutninger om vedlikehold og effektivisering.)	<b>5</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	<p>"- Største kostnader ligger i drift og vedlikehold?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatering og vedlikehold av en lang rekke integrasjoner av datastrømmer fra ulike sensorer og systemer</li> <li>- Digitale kostnader (sensordrift, dataoverføring, datalagring, dataprosessering)</li> </ul> <p>Kilder: 2024_Europes_Rail_Work_Programme 2023_Prioriteringsoppdraget_Teknologi_og_FOUI_underlag_til_NTP"</p>	<b>6</b>
<b>Risiko</b>	Finnes ingen standard for hva en Digital tvilling skal være Lages for ulike formål	<b>2</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utvikling av digital modell for digital eller fysisk original</li> <li>- Utvikling av modell satt opp for å motta strømmer av data for komponenter i den digitale tvillingen</li> <li>- Sensorer på rullenede materielle bekostes av (privat) eier</li> <li>- Sensorer på infrastruktur bekostes av Bane NOR/Infrastruktureier</li> <li>- Systemutvikling bekostes av det offentlige</li> </ul> <p>Kilder: PwC Rapport om digitalisering og infrastruktur WSP Rapport (JDIR): ""Teknologitrender for jernbanesektoren"" 2024 2024_10_15_Bane_NOR_Oppdrag_5_til_SD_v1a 2019_Ekspertutvalget_Teknologi_for_baerekraftig_bevegelsesfrihet_og_mobilitet</p>	<b>5</b>
<b>Kompleksitet</b>	Digital tvilling er en muliggjørere og forutsetning for en rekke andre teknologier som DAC, ATO, ASO, Traingate etc.	<b>5</b>

### 9.3.19 D3 Digitale tvillinger for simulering (statisk/offline)

<b>Hva skal teknologien løse?</b>	<p>Testing (eksempelvis ERTMS)</p> <p>Simulering og analyse (f.eks ruteplanoptimalisering, skifteoptimalisering)</p> <p>Drift og vedlikehold (analyse)</p> <p>Effektivisere analyse</p> <p>Effektivisering av ressursbruk</p> <p>Innovasjon og design</p>
<b>Forutsetter</b>	Tilgang på tilstrekkelig detaljert digital modell på etableringstidspunktet
<b>Teknologi muliggjørere</b>	Digital tvilling er en muliggjørere og forutsetning for bedre planleggingsverktøy og raskere implementering av komplekse systemer som ERTMS, design av godsterminaler, skifteplanleggingsverktøy, store endringer i ruteplan, terminaloperasjoner.

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Nye markeder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilrettelegger for nye kundegrupper med krav til dokumentasjon og forutsigbarhet: Digitale tvillinger muliggjør visualisering av historisk transportflyt, last og infrastruktur, noe som er avgjørende for markeder som farmasi, ferskvarer og høyverdig industri.</li> <li>- Gjør det enklere å etablere nye tjenester og terminaler: Ved å simulere operasjoner digitalt før fysisk investering, kan operatører teste nye konsepter som småterminaler, lokal vognlast eller regionale godskorridorer – og dermed redusere risiko og forkorte tid til marked.</li> <li>- Gir økt tillit og integrasjon i digitaliserte verdikjeder: Digitale tvillinger kan kobles direkte til kundenes egne logistikk-systemer og gir transparent tilgang til ytelsesdata – noe som styrker jernbanens posisjon i digitale logistikknnettverk og åpner for nye B2B-relasjoner.</li> </ul>	<b>5</b>

Dimensjon	Vurdering	Score
<b>Effektivisering</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utpøving av teknologi/andre alternative løsninger før implementering kan redusere kostnader. For eksempel til trening av KI som skal (maskin)lære hvordan den kan optimalisere flyt på en terminal</li> <li>- Reduserer håndteringskostnad pr TEU (el. Tilsv.)</li> <li>- Reduserer behovet for å utvide kapasitet</li> <li>- raskere simulering av ulike løsningsalternativ gir mulighet til å finne mer optimaliserte løsninger både for driftsopplegg og infrastruktur</li> </ul>	<b>4</b>
<b>Tjeneste-forbedring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forenklet samhandling og beslutningsstøtte: Digitale tvillinger gir et felles, oppdatert situasjonsbilde for aktørene i transportkjeden, som forenkler planlegging, avviksbehandling og koordinering på tvers.</li> <li>- Bedre kapasitetsutnyttelse og ressursstyring: Simulering av trafikk, terminaloperasjoner og vedlikeholdsbehov gir bedre innsikt og gjør det mulig å optimalisere bruk av infrastruktur, materiell og personale.</li> <li>- Støtte til mer presis og proaktiv drift: Sanntidsdata kombinert med historikk gjør det mulig å forutsi slitasje, identifisere flaskehals og teste endringer digitalt før de settes ut i live – noe som gir høyere tjenestekvalitet og færre driftsavvik.</li> </ul>	<b>5</b>
<b>Realiserbarhet (før 2035)</b>	<p>Statiske digitale tvillinger med simuleringsformål lages pr i dag, og vil bli laget også i fremtiden. Kompleksitet ligger særlig på level of detail, mtp. at den må omfatte tilstrekkelig detaljerte data for gode simuleringer. Videre vesentlig med gode algoritmer for simuleringen.</p>	<b>6</b>
<b>D&amp;V-kost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dess mer data modellen inneholder, dess mer ressurser til å oppdatere data</li> <li>- Sikring av modellen</li> </ul> <p>Kilder:  2024_Europes_Rail_Work_Programme  2023_Prioriteringsoppdraget_Teknologi_og_FOUI_underlag_til_NTP.</p>	<b>4</b>
<b>Risiko</b>	<p>Finnes ingen standard for hva en Digital tvilling skal være (1) Lages for ulike formål</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kvalitetssikring/ kalibrering av forutsetninger og algoritmer (1) (2)</li> <li>- Rimelighetskontroll av resultater (1)</li> </ul>	<b>2</b>
<b>Investerings/ implementerings kost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utvikling av tvillingen struktur/logikk</li> <li>- Fylle struktur med innhold/data</li> <li>- Funksjonalitet for manuell oppdatering</li> <li>- Simuleringssystem inkl KI/Maskinlæring</li> </ul> <p>Kilder:  PwC Rapport om digitalisering og infrastruktur  2024_Europes_Rail_Work_Programme  WSP Rapport (JDIR): ""Teknologitrender for jernbanesektoren"" 2024  2024_10_15_Bane_NOR_Oppdrag_5_til_SD_v1a  2019_Ekspertutvalget_Teknologi_for_baerekraftig_bevægelsesfrihet_og_mobilitet</p>	<b>4</b>
<b>Kompleksitet</b>	<p>Digital tvilling er en muliggjører og forutsetning for bedre planleggingsverktøy og raskere implementering av komplekse systemer som ERTMS, design av godsterminaler, skifteplanleggingsverktøy, store endringer i ruteplan, terminaloperasjoner.</p>	<b>6</b>

Utarbeidet av NN	Saksnummer #####
Godkjent av NN	Journalpostnummer #####
Dato dd.mm.åååå	Versjon 01
Endringslogg:	

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>8</b>
1.1	Bakgrunn.....	8
1.2	Metodisk tilnærming.....	8
<b>2</b>	<b>Utfordringer og behov.....</b>	<b>10</b>
2.1	Transportpolitiske mål.....	10
2.2	Utviklingstrekk og jernbanens utfordringer (NTP 2025 – 2036).....	11
2.3	Konkretisering av utfordringer.....	12
2.3.1	Linjen.....	13
2.3.2	Terminal.....	13
2.3.3	Skinnegående kjøretøy.....	13
2.3.4	Lastbærer.....	14
2.3.5	Sømløse transporter.....	14
2.3.6	Drift og vedlikehold.....	14
2.3.7	Digitale systemer.....	14
2.3.8	Generelle.....	15
2.3.9	Offentlig-privat samarbeid - Samfunnsnytt og bedriftsøkonomisk lønnsomhet.....	15
2.4	Hvordan kan innovasjon og teknologi møte de behov og utfordringer som godstransport på jernbane står overfor?.....	16
2.4.1	Innovasjon.....	16
2.4.2	Teknologisk utvikling.....	18
2.4.3	Teknologiske tilnærminger til behov og utfordringer.....	19
2.5	Drøfting med togoperatørene.....	20
2.6	Oppsummering av utfordringsbildet.....	21
<b>3</b>	<b>Teknologier.....</b>	<b>23</b>
3.1	Automasjon.....	23
3.1.1	A1 – DAC (Digital Automatisk Kobling).....	23
3.1.2	A2 – Automated Train Operations (ATO).....	24
3.1.3	A3 – Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) – Inkl skifteplanleggingsverktøy.....	25
3.1.4	A4 – Automatisk terminalutstyr – Løftemateriell.....	26
3.1.5	A5 – Automatisk terminalutstyr – Containerlager.....	26
3.1.6	A6 – Automatisk terminalutstyr – Terminaltraktorer.....	27
3.1.7	A7 – Automatisk terminalutstyr – Innkjøringsporter.....	28
3.1.8	A8 – Automatisk terminalutstyr – Distribusjonsbiler.....	28
3.1.9	A9 – Automatisk terminalutstyr – Fjerning av snø/is.....	29
3.1.10	A10 – Automatisk terminalutstyr – Lastesikringsutstyr.....	29
3.1.11	A11 – Automatisk lesing av Lastbærer-ID.....	30
3.1.12	A12 – Automatisering av drift og vedlikehold.....	31
3.2	Materialteknologi.....	31
3.2.1	M1 – Materialkataloger for jernbane.....	31
3.2.2	M2 – Lokal gjenvinning av materialer.....	31
3.2.3	M3 – 3D-printing av deler.....	32
3.2.4	M4 – Lastbærere i andre materialer (kompositt).....	32
3.2.5	M5 – Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold.....	32
3.2.6	M6 – Støydempende overbygning.....	33
3.2.7	M7 – Bedre materialer i halvlederkomponenter.....	33

3.3	Elektrifisering .....	34
3.3.1	E1 – Vogner med egen fremdrift.....	34
3.3.2	E2 – Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner .....	34
3.3.3	E3 – Elektriske lastebiler (distribusjon).....	35
3.3.4	E4 – Elektrifisering – Terminalutstyr.....	35
3.3.5	E5 – Utslippsfrie fremføring av gods på linja (KVU Green).....	36
3.4	Konnektivitet .....	36
3.4.1	K1 – Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.) .....	36
3.4.2	K2 – Datadeling (transportdokumentasjon mm).....	37
3.4.3	K3 – Overvåkning av lastenheter/lastbærere.....	38
3.4.4	K4 – Overvåkning av last.....	38
3.4.5	K5 – Ombordovervåkning av kjøretøy.....	38
3.4.6	K6 – Spornær overvåkning av kjøretøy (TrainGate).....	39
3.4.7	K7 – Overvåkning av infrastruktur fra kjøretøy .....	40
3.5	Digitalisering.....	40
3.5.1	D1 – Blokkjedeteknologi.....	40
3.5.2	D2 – Digitale tvillinger – Tilkoblet (online).....	40
3.5.3	D3 – Digitale tvillinger for simulering – Frakoblet (offline) .....	42
3.5.4	D4 – Digital infrastruktur (Datainfrastruktur).....	43
3.5.5	D5 – Cybersikkerhet.....	44
3.5.6	D6 – Cybersikkerhet – Konnektivitet.....	45
<b>4</b>	<b>Prioritering.....</b>	<b>47</b>
4.1	Prioritering.....	47
4.1.1	Metodikk .....	47
4.1.2	Prioriteringer .....	48
4.1.3	Teknologier som prioriteres for multidimensjonal analyse .....	51
<b>5</b>	<b>Multidimensjonal analyse .....</b>	<b>53</b>
5.1	Metodikk.....	53
5.1.1	Valg av dimensjoner .....	53
5.1.2	Scoring og nivellering .....	54
5.1.3	Diagrammer .....	55
5.2	Vurderinger.....	56
5.2.1	A2-1 - Automated Train Operations (ATO) – GoA 1 og GoA 2 .....	56
5.2.2	A3 - Automatisk Skifteoperasjoner (ASO) - Inkl skifteplanleggingsverktøy.....	56
5.2.3	A4 - Automatisk terminalutstyr – Løftemateriell .....	57
5.2.4	A5 - Automatisk terminalutstyr – Containerlager .....	58
5.2.5	A6 - Automatisk terminalutstyr – Terminaltraktorer .....	59
5.2.6	A9 - Automatisk terminalutstyr - Snø-/isrydding.....	60
5.2.7	A10 - Automatisk terminalutstyr – Lastsikring .....	61
5.2.8	A12 - Automatisering av drift og vedlikehold.....	62
5.2.9	M5 - Støysvake bremsere for nordiske vinterforhold.....	63
5.2.10	E1 - Vogner med egen fremdrift .....	64
5.2.11	E2 - Løsning for strøm til kjøleaggregat på containere på vogner .....	65
5.2.12	E5 - Utslippsfrie fremføring av gods på linja.....	66
5.2.13	K1 - Forbedret transportstyring .....	67
5.2.14	K2 - Datadeling (inkl. deling av transportdokumentasjon).....	68
5.2.15	K5 - Ombordovervåkning av kjøretøy .....	68
5.2.16	K6 - Spornær overvåkning av kjøretøy – TrainGate .....	69
5.2.17	K7 - Ombordovervåkning av infrastruktur .....	70

5.2.18	D2 og D3 - Digitale tvillinger .....	71
<b>6</b>	<b>Anbefaling .....</b>	<b>74</b>
6.1	Innovasjon og innovasjonsprosesser .....	74
6.2	Teknologi .....	75
6.2.1	Automasjon .....	75
6.2.2	Materialteknologi.....	77
6.2.3	Elektrifisering.....	78
6.2.4	Konnektivitet.....	79
6.2.5	Digitalisering .....	81
<b>7</b>	<b>Kostnader og nytte – Metodisk tilnærming .....</b>	<b>82</b>
7.1	Kostnadsberegninger .....	82
7.2	Nytteberegninger .....	84
<b>8</b>	<b>Kilder .....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>92</b>
9.1	Vedlegg 1 - Ordliste .....	92
9.2	Vedlegg 2 - Tankekart.....	96
9.3	Vedlegg 3 - Teknologiarkene for teknologier som har Multidimensjonal score .....	97
9.3.1	A2-1 Automated Train Operations (ATO) – GoA 1 og GoA 2 .....	97
9.3.2	A3 Automatiske Skifteoperasjoner (ASO) - Inkl skifteplanleggingsverktøy.....	97
9.3.3	A4 Automatisk terminalutstyr - Løftemateriell.....	99
9.3.4	A5 Automatisk terminalutstyr - Containerlager .....	100
9.3.5	A6 Automatisk terminalutstyr - Terminaltraktor .....	100
9.3.6	A9 Automatisk terminalutstyr – Fjerning av snø/is .....	101
9.3.7	A10 Automatisk terminalutstyr – Lastsikringsutstyr .....	102
9.3.8	A12 Automatisering av drift og vedlikehold .....	102
9.3.9	M5 Støysvake bremsere for nordiske forhold.....	103
9.3.10	E1 Vogner med egen fremdrift.....	104
9.3.11	E2 Løsning for strøm til kjøleaggregat på container på vogner .....	105
9.3.12	E5 Utslippsfrie fremføringer av gods på linje (KVU Green) .....	106
9.3.13	K1 Forbedret transportstyring (TMS/TOS etc.) .....	106
9.3.14	K2 Datadeling (transportdokumentasjon mm.).....	107
9.3.15	K5 Ombordovervåking av kjøretøy.....	108
9.3.16	K6 Spornær overvåking av kjøretøy (Traingate) .....	109
9.3.17	K7 Overvåking av infrastruktur fra kjøretøy .....	110
9.3.18	D2 Digitale tvillinger – sanntid (dynamisk/online) .....	111
9.3.19	D3 Digitale tvillinger for simulering (statisk/offline).....	112
	<b>Sammendrag.....</b>	<b>119</b>
<b>10</b>	<b>[Kapitteloverskrift].....</b>	<b>120</b>
10.1	Underoverskrift 2 .....	120
<b>11</b>	<b>[Kapitteloverskrift].....</b>	<b>122</b>
<b>12</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>123</b>
<b>13</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>124</b>
13.1	[Vedlegg].....	124



# Sammendrag

Maecenas porta libero eu gravida bibendum. Quisque dapibus, mauris quis laoreet eleifend, orci tortor blandit felis, eu fermentum odio lacus sit amet erat. Curabitur dignissim ornare dictum. Cras at lacinia lorem. Proin in laoreet neque.

- Maecenas porta libero eu gravida bibendum.  
Maecenas porta libero eu gravida bibendum.
- Maecenas porta libero eu gravida bibendum.
  - o Maecenas porta libero eu gravida bibendum. Maecenas porta libero eu gravida bibendum.
  - o Maecenas porta libero eu gravida bibendum.

# 10[Kapitteloverskrift]

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur eros massa, rhoncus nec nisi vel, dapibus dapibus magna. Praesent ornare magna nec massa egestas iaculis. Morbi a vehicula velit, ut faucibus tortor.

## 10.1Underoverskrift 2

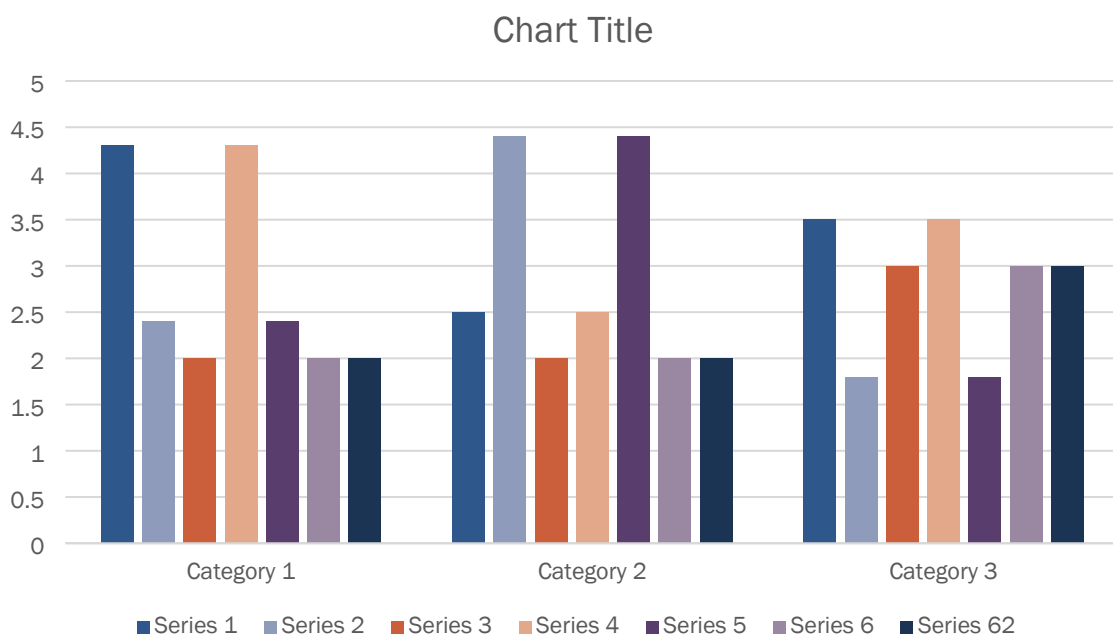
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur eros massa, rhoncus nec nisi vel, dapibus dapibus magna. Praesent ornare magna nec massa egestas iaculis. Morbi a vehicula velit, ut faucibus tortor. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Nulla auctor turpis vitae interdum condimentum. Fusce at dictum enim.

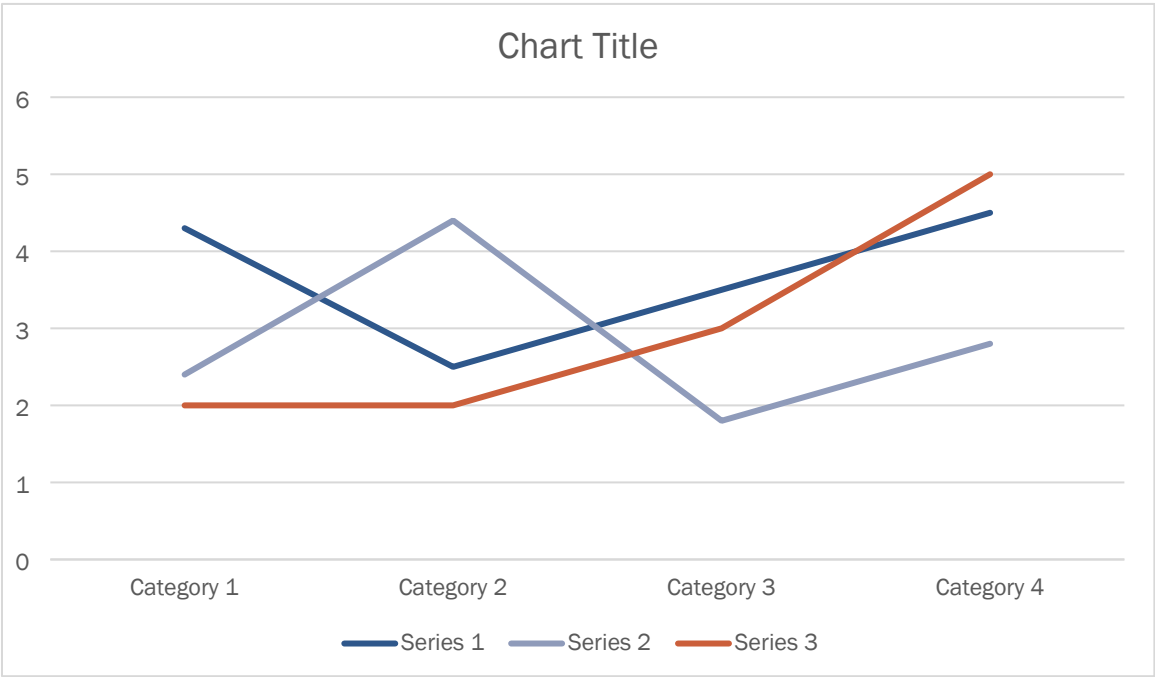
Maecenas porta libero eu gravida bibendum. Quisque dapibus, mauris quis laoreet eleifend, orci tortor blandit felis, eu fermentum odio lacus sit amet erat. Curabitur dignissim ornare dictum. Cras at lacinia lorem. Proin in laoreet neque.

### Mellomtittel 4

Tabelloverskrift	Tabelloverskrift	Tabelloverskrift
Tabelltekst		
Tabelltekst		
Tabelltekst		
Tabelltekst		

Tabell 10-1 Eksempel tabellittel





# 11 [Kapitteloverskrift]

[Brødtekst]

Tabelloverskrift	Tabelltekst

*Tabell 11-1 Eksempel tabelltittel*

## **12 Referanser**

(1) Referanse

# **13 Vedlegg**

## **13.1[Vedlegg]**