Forvarming av passasjertog er etter jernbaneforskriften en tilleggstjeneste infrastrukturforvalter kan tilby jernbaneforetakene. Strømforsyning til hensatte kjøretøy kan skje fra kontaktledning via strømavtaker eller fra togvarmeanlegg via egen togvarmestikkontakt.

Hensikten med denne rapporten er å fastsette regime for hensetting av kjøretøy med tanke på strømforsyning, mer spesifikt forsøke å besvare følgende tre spørsmål:

1. Hvordan skal hensatte kjøretøy forsynes med elektrisk energi, det vil si via strømavtaker eller togvarmepost?
2. Hvilke kjøretøy er tillatt å hensette under spenningssatt kontaktledning, uavhengig av om det er forsynt fra denne?
3. Hvilket effektbehov skal forsyningen til hensatte kjøretøy dimensjoneres for?

Svar 1: Med basis i juridiske rammer i nasjonalt og internasjonalt regelverk vurderer rapporten risikoen ved identifiserte sikkerhetsmessige og tekniske farer ved ulike forsyningsmetoder. Rapporten inneholder også en forenklet levetidsbasert økonomisk betraktning basert på svært usikre kostnaderestimater. Alle forsyningsmetodene er funnet sikkerhetsmessig og teknisk akseptable, men er knyttet en uønsket risiko til kostnadene ved strømforsyning til store hensettingsområder og hva kundene (jernbaneforetakene) ønsker. For å redusere den økonomiske usikkerheten anbefales følgende videre arbeid:

- Undersøke nærmere kostnad for strømforsyning til større hensettingsområder
- Utrede og avklare nærmere fremtidig kostnadsregime
- Avklare produktporteføljе strategisk i organisasjonen, gjerne med kontakt med kunde (jernbaneforetak) og Jernbanedirektoratet

Svar 2: Det er utført en vurdering av risikoen knyttet til hensetting av kjøretøy under spenningssatt kontaktledning og faren ved tredjeparts klatring på kjøretøyene. Spesielt har Bane NOR et ansvar for å ivareta barn og andre personer som har redusert forståelse av risikoene i samfunnet. Resultatet av rapporten er objektive og gjennomsiktige kriterier til hensettingsområder og kjøretøy for tilstrekkelig elsikkerhet. Risikovurderingen er godkjent av driftsleder jf. FSE.

Svar 3: Rapporten avdekker påregnelig belastning.

Digitalt signert av Egil Heinert
Dato: 2019.10.07 10:21:28 +02'00'

Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
002	Oppdatering fare 1 ifbm kontroll	20.09.19	SD/SIGTER	HEIEGI	TELTOR
001	Mindre forbedringer før arkivering	01.02.19	SD/ TELTOR	FM	TELTOR
000	Utarbeidet	01.11.18	SD TELTOR	STOY/ FM	TELTOR

Kontaktledning/Lavspenning/ Banestrømforsyning
Hele elektrifiserte jernbanenettet
Strømforsyning til hensatte kjøretøy
Fase 1: Juss, teknikk og sikkerhet
Rapport/Protokoll

Ant. sider	**171**	Fritekst 1d	
		Fritekst 2d	
		Fritekst 3d	
Produsent		Teknisk Avdeling	
Prod. dok. nr.			
Erstatning for			
Erstattet av			

BANE NOR

Dokument nr.	Rev.
EH-012458-001	**002**

0 INNLEDNING 5

0.1 BAKGRUNN 5
0.2 HENSIKT 5
0.3 OMFANG 5
0.4 METODE 6
0.5 FORUTSETNINGER 6
0.6 DEFINISJONER 6
0.7 ARBEIDSGRUPPE OG BIDRAGSYTERE 7
0.8 VERSJONSHÅNDTERING 7

1 KONSEPT 8

1.1 ANALYSE AV PROBLEM OG BEHOV 8
1.1.1 Kjøretøyenes energi- og effektbehov 8
1.1.2 Strømforsyningsløsning til kjøretøyene 8
1.1.3 Jernbaneforetakenes behov 9
1.1.4 Infrastrukturforvalters behov 9
1.1.5 Oppsummert om problemstillingen 10
1.2 MULIGHETSSTUDIE 10
1.2.1 Mulige løsninger 10
1.2.2 Håndtering av fare ved klatrende tredjepart nær spenningssatt kontaktledning 11
1.2.3 Tjenestetilbud og avgift 12
1.2.4 Oppsummering muligheter 13
1.3 KONSEPTBESKRIVELSE 13
1.3.1 Produktkonsept 13
1.3.2 Tidlig fareidentifisering 14

2 SYSTEMBESKRIVELSE 16

2.1 DEFINISJONER 16
2.2 MÅL OG KRAV 16
2.2.1 RAM-krav 16
2.2.2 Trafikale krav 17
2.2.3 Sikkerhetskrav 17
2.3 FORMELLE RAMMER FOR SYSTEMET 18
2.3.1 Juridiske rammer 18
2.3.2 Politiske rammer 24
2.3.3 Samfunnsrelaterte rammer 24
2.3.4 Økonomiske rammer 25
2.4 OVERORDNET BESKRIVELSE AV TOTALSYSTEMET 25
2.4.1 Oppgaveprofil 25
2.4.2 Avgrensninger 25
2.4.3 Forutsetninger 25
2.4.4 Analyser og krav som påvirker 25
2.4.5 Oversikt over strukturelle delsystemer 26
2.4.5.1 Delsystem rullende materiell 26
2.4.5.2 Delsystem Energi 28
2.4.5.3 Delsystem Infrastruktur 30
2.4.6 Systemskisse for totalsystem 30
2.4.6.1 Systemeksterne grensesnitt 31
2.4.7 Systeminterne grensesnitt 32
2.4.8 Operasjonelle betingelser 32
2.4.9 Drifts- og vedlikeholdsstrategi 33

3 RISIKOVURDERING 34

3.1 SIKKERHET 34
3.1.1 Fare 1 Klatring på kjøretøy under spenningsatt kontaktledning 34
3.1.1.1 Anvendelse av regler for god praksis 35
3.1.1.2 Sammenligning med lignende systemer 36
3.1.1.3 Tydelig risikoestimering 37
3.1.2 Fare 2 Flere ulike typer togvarmeanlegg 44
3.2 PÅLITELIGHET, TILGJENGELIGHET OG VEDLIKEHOLDBARHET 46

3.2.1 Fare 3 Redusert mulighet for vedlikehold av banen ... 46
3.2.2 Fare 4 Midleridig bortfall av forsyningsspenning ... 47
3.2.3 Fare 5 Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet ... 48
3.2.4 Fare 6 Depot-problem (overspenninger) ... 52
3.2.5 Fare 7 Overkjøring inn på frakoplet og jordet seksjon ... 55
3.2.6 Fare 8 Usymmetri i trefasenettet ... 55
3.2.7 Fare 9 Strømavtaker siger fra kontaktledningen ... 56
3.2.8 Fare 10 Sammenkopling av strømsystemer ... 57
3.3 ØKONOMI OG MARKED ... 57
3.3.1 Fare 11 Kostnader ved valgt og tilbudt produkt ... 57
3.3.2 Fare 12 Energiavregningsmetode ... 61
3.4 OPPSUMMERING ... 62

4 SYSTEMKRAV ... 64

4.1 KJØRETØY ... 64
4.1.1 Kjøretøysikring ... 64
4.1.2 Tekniske krav ... 66
4.2 HENSETTINGSSPOR ... 67
4.2.1 Områdesikring ... 67
4.2.2 Kontaktledningsanlegg ... 68
4.2.3 Strømforsyning ... 69

5 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON ... 71

5.1 FORSYNINGSSYSTEM ... 71
5.2 KJØRETØY HENSATT UNDER SPENNINGSSATT KONTAKTLEDNING ... 73
5.3 DIMENSJONERING (EFFEKTBEHOV) ... 75
5.4 HVA BETYR DENNE RAPPORTEN FOR BANE NOR? ... 75
5.5 VIDERE ARBEID ... 75

6 REFERANSER ... 78

7 VEDLEGGSLISTE ... 82

VEDLEGG 1 OVERSIKT OVER KJØRETØY ... 84

VEDLEGG 2 OVERSIKT OVER KLATRING PÅ HENSATTE KJØRETØY ... 89

VEDLEGG 3 TIDLIGERE RISIKOVURDERINGER ... 99

7.1 GROV RISIKOANALYSE – HENSETTING AV SKINNEGÅENDE MATERIELL (2005?) [68] ... 99
7.2 GROV RISIKOANALYSE – ELSIKKERHET VED ARBEID OG AKTIVITET I FORBINDELSE MED TRAFIKKUTØVELSE (2006) [42] ... 101
7.3 RISIKOANALYSE EL-SIKKERHET VED HENSETTING AV MATERIELL (2010) [28] ... 101
7.4 RISIKOVURDERING – HENSETTING UNDER SPENNINGSSATT KL – GENERISK (2013) [39] ... 102
7.5 FAREIDENTIFISERING – GENERISK – HENSETTING UNDER SPENNINGSSATT KL (2017) [37] ... 103
7.6 ALLE BANER – GENERISK FARIDENTIFISERING – HENSETTING OG BRUK AV TOGVARMEPOST (2017) [38] 103
7.7 RISIKOVURDERING – REGELVERK FOR «PARKERING» AV KJØRETØY UNDER STRØMFØRENDE KONTAKTLEDNING VED OPPHOLD I ARBEIDER I OG VED SPOR (2017) [70] ... 104

VEDLEGG 4 BANE NORS RISIKOAKSEPTKRITERIER ... 105

7.8 RISIKOAKSEPTKRITERIER ... 105
7.9 VURDERING FARE 1 ... 105

VEDLEGG 5 RISIKOVURDERING ... 109

7.10 FARE 1 KLATRING PÅ KJØRETØY UNDER SPENNINGSATT KONTAKTLEDNING ... 109
7.10.1 Fareidentifisering ... 109
7.10.2 Tydelig risikoestimering ... 110
7.10.3 Tiltaksvurdering ... 111
7.11 FARE 2 FLERE ULIKE TYPER TOGVARMEANLEGG ... 125
7.11.1 Fareidentifisering ... 125
7.12 FARE 3 REDUSERT MULIGHET FOR VEDLIKEHOLD AV BANEN ... 126
7.12.1 Fareidentifisering ... 126

7.12.2 Tydelig risikoestimering ... 127
7.12.3 Tiltaksvurdering ... 128
7.13 FARE 4 MIDLERTIDIG BORTFALL AV FORSYNINGSSPENNING ... 131
7.13.1 Fareidentifisering ... 131
7.13.2 Tydelig risikoestimering ... 132
7.13.3 Tiltaksvurdering ... 133
7.14 FARE 5 IKKE TILSTREKKELIG STRØMFORSYNINGSKAPASITET ... 135
7.14.1 Fareidentifisering ... 135
7.14.2 Tydelig risikoestimering ... 135
7.14.3 Tiltaksvurdering ... 136
7.15 FARE 6 DEPOT PROBLEM (OVERSPENNINGER) ... 139
7.15.1 Fareidentifisering ... 139
7.15.2 Tydelig risikoestimering ... 140
7.15.3 Tiltaksvurdering ... 141
7.16 FARE 7 OVERKJØRING INN PÅ FRAKOPLET OG JORDET SEKSJON ... 143
7.16.1 Fareidentifisering ... 143
7.16.2 Tydelig risikoestimering ... 143
7.16.3 Tiltaksvurdering ... 143
7.17 FARE 8 USYMMETRI I TREFASENETTET ... 146
7.17.1 Fareidentifisering ... 146
7.17.2 Tydelig risikoestimering ... 146
7.17.3 Tiltaksvurdering ... 147
7.18 FARE 9 STRØMAVTAKER SIGER FRA KONTAKTLEDNINGEN ... 148
7.18.1 Fareidentifisering ... 148
7.18.2 Tydelig risikoestimering ... 149
7.18.3 Tiltaksvurdering ... 149
7.19 FARE 10 SAMMENKOPLING AV STRØMSYSTEMER ... 150
7.19.1 Fareidentifisering ... 150
7.19.2 Tydelig risikoestimering ... 150
7.19.3 Tiltaksvurdering ... 150
7.20 FARE 11 KOSTNAD VED VALGT OG TILBUDT PRODUKT ... 151
7.20.1 Fareidentifisering ... 151
7.20.2 Tydelig risikoestimering ... 151
7.20.3 Tiltaksvurdering ... 152
7.21 FARE 12 ENERGIAVREGNINGSMETODE ... 153
7.21.1 Fareidentifisering ... 153
7.21.2 Tydelig risikoestimering ... 153
7.21.3 Tiltaksvurdering ... 154

VEDLEGG 6 KATEGORIER FOR KONSEKVENS, FREKVENS OG RISIKO ... 155

VEDLEGG 7 EFFEKTBEHOV TP74/75 ... 159

VEDLEGG 8 VURDERINGER RUNDT KAPASITIV REAKTIV EFFEKT ... 161

VEDLEGG 9 KOSTNADSSAMMENLIGNING ... 166

ERFARINGSKOSTNADER TOGVARMEANLEGG ... 167

VEDLEGG 10 SVÆRT FORENKLET VURDERING AV FORSYNING TIL HENSETTINGSOMRÅDER ... 168

VEDLEGG 11 VURDERINGSSKJEMA HØYSPENNINGSBARRIERER KJØRETØY ... 171

0 INNLEDNING

0.1 Bakgrunn

Et bedre togtilbud krever flere kjøretøy (togsett), og disse må hensettes (parkeres) når de ikke er i trafikk. Bane NOR planlegger å etablere flere hensettingsområder, spesielt i Østlandsområdet. I tillegg hensettes andre typer kjøretøy, for eksempel godslokomotiver og arbeidsmaskiner.

Hensatte kjøretøy trenger elektrisk energiforsyning til driftsklargjøring og temperaturregulering. Den elektriske energien kan forsynes på prinsipielt to måter, via

1. kjøretøyenes eksisterende strømavtaker fra kontaktledningen
2. lavspent togvarmekontakt fra stasjonær togvarmepost

Forsyning fra stasjonær togvarmepost er oppfattet som kostbar siden det kreves tiltak i både infrastruktur og kjøretøy. Hensetting under og forsyning fra kontaktledning har ført til ulykker ved at uvedkommende tredjepart har klatret på kjøretøyet og kommet for nær den spenningssatte kontaktledningen. Slik forsyning begrenser også mulighetene for frakobling av kontaktledningen og dermed vedlikehold av banestrekningene. Dette har ført til diskusjoner i Bane NOR om hvilket forsyningssystem som er mest hensiktsmessig.

0.2 Hensikt

Hensikten med dette arbeidet er å fastsette regime for hensetting av kjøretøy med tanke på strømforsyning, mer spesifikt forsøke å besvare følgende tre spørsmål:

1. Hvordan skal hensatte kjøretøy forsynes med elektrisk energi, det vil si via strømavtaker eller togvarmepost?
2. Hvilke kjøretøy er tillatt å hensette under spenningssatt kontaktledning, uavhengig av om det er forsynt fra denne?
3. Hvilket effektbehov skal forsyningen til hensatte kjøretøy dimensjoneres for?

0.3 Omfang

Rapporten omfatter alle typer kjøretøy på hele jernbanenettet. Det vil si både eksisterende og fremtidige kjøretøy og hensettingsområder. Fokus er imidlertid på driftspausebasert hensetting på elektriske linjer. Det vil si at det normalt er kjent når eller under hvilke forutsetninger hensettingen skal opphøre og kjøretøyet skal forlate hensettingssporet. Utrangerte kjøretøy som er hensatt på slutten av levetiden sin og kjøretøy som forlates på linjen er utenfor fokus, men elsikkerhetsbetraktningene er også gyldige for disse situasjonene.

Rapporten omfatter ikke

- risiko knyttet til kjøretøy som kortvarig står stille for passasjerutveksling, lasting/lossing, kryssing, forbikjøring, skifting (igjensetting) etc.
- driftsavvik der kjøretøy på grunn av stoppende feil etc. midlertidig blir stående frem til feilen er rettet
- strømforsyning til lading av batterier for fremdrift
- anleggsdeler på kjøretøy som spenningsettes av kjøretøyet selv, for eksempel fra 1000 V togvarmeledning til takutrustning (Dette er kjøretøyeier/-brukers ansvar, men kan være en risiko det er verdt å håndtere).

0.4 Metode

Dette dokumentet er bygget opp etter fasene i prosessen beskrevet i EN 50126 [41] med tilpasning til systemet som vurderes der det er naturlig. Å gjøre slike tilpasninger er i tråd med hva EN 50126 selv beskriver at en bør gjøre. Det innebærer å gå tilbake til de grunnleggende behovene for og kravene til et (foreslått) system, vurdere risiko og basert på det etablere systemkrav og eventuelle tiltak. I begynnelsen av hvert kapittel er det en kort introduksjon i *kursiv* basert på [60].

Videre er arbeidet konsentret om å på bakgrunn av identifiserte farer selv innhente underlag for å kunne vurdere risikoen, og gjennom prinsippene fra felles sikkerhetsmetode (CSM-RA) [22] dokumentere at sikkerheten er ivaretatt innenfor akseptkriteriene.

0.5 Forutsetninger

Den korte tidsfristen for arbeidet tillater ikke etablering av omforent internasjonal forståelse av problemstillingene og dermed omforente internasjonale krav eller retningslinjer.

0.6 Definisjoner

- **Kjøretøy**: Jernbanekjøretøy som kjører på egne hjul på jernbanelinjer, med eller uten egen trekkraft [1] [2] [3].
- **Hensetting**: Kjøretøy som settes bort på ubestemt tid [4][1].
- **Hensettingsområde**: Et sted for hensetting uten noen form for vedlikehold av materiellet [4].
- **Hensettingsspor**: Spor beregnet på hensetting [24]. [2]
- **Jernbaneforetak**: Ethvert offentlig eller privat foretak hvis hovedvirksomhet er transport av gods og/eller passasjerer med jernbane, der foretaket forplikter seg til å sørge for trekkraften, herunder foretak som bare sørger for trekkraften [2] [13].
- **Igjensetting**: Midlertidig plassering av kjøretøy på et spor mens andre skiftebevegelser foretas.
- **Togvarmeanlegg**: Anlegg som sørger for at parkerte passasjervogner/gods-vogner får strømtilførsel til belysning, varme, aggregater osv. Nominell spenning er 230 V / 400 V eller 1000 V [5].
- **Togvarmepost**: Skap med tilkopling av bevegelig gummikabel for tilkopling av strøm til passasjervogner/godsvogner. Kan også inneholde brytere for inn- og utkopling av spenning og eventuelt varsellamper for driftsstatus [5].
- **Kontaktledning**: Ledersystem som forsyner traksjonsenheter (kjøretøy) med elektrisk energi via utstyr for strømavtaking [31].
- **Parkering**: Hensetting av kjøretøy i togspor på stasjon (basert på [59]).
- **Strømavtaker**: Utstyr montert på kjøretøy, beregnet på å samle opp strøm fra en kontakttråd eller strømskinne [31].
- **1. part**: En person som utfører arbeid direkte relatert til jernbanevirksomheten (f.eks. banepersonale, entreprenører eller lokomotivfører).
- **2. part**: En person som benytter seg av jernbanen som transportmiddel (f.eks. passasjer eller reisende eller sender/mottaker av gods).

[1] Omfatter også «parkering» som benyttes om hensetting i togspor
[2] Omfatter i denne rapporten også togspor som benyttes til parkering

- **3. part**: En person som eksponeres av jernbanevirksomheten (f.eks. naboer til kjørevei, holdeplasser, planoverganger).
- **Overkjøring**: Spenningsetting av en kontaktledningsseksjon fra en annen seksjon via kjøretøys strømavtaker.

0.7 Arbeidsgruppe og bidragsytere

- Teknologi og regelverk Elkraft: Steinar Danielsen, Tore Telstad, Øyvind Stensby og Stanislav Pika
- Teknisk operativ støtte vest: Cathrine Hansen
- Utbygging Teknikk og konsept: Johan Seljås (opplysninger og diskusjon)
- Digitalisering og Teknologi: Terje Sivertsen (risikovurderingsmetodikk)
- Energi Marked og Plan: Flere (opplysninger)

0.8 Versjonshåndtering

Første versjon (000) av rapporten ble utgitt til 2018-01-11 etter en kort Bane NOR-intern høringsrunde på grunn av korte tidsfrister. Denne andre versjonen (001) av inneholder mindre redaksjonelle endringer i formuleringer (presiseringer) og figurer/tabeller.

1 KONSEPT

Etablere en tilstrekkelig forståelse av jernbanesystemet slik at det er mulig å gjennomføre alle etterfølgende RAMS-relaterte livsløpsoppgaver på en tilfredsstillende måte.

1.1 Analyse av problem og behov

Adekvat analyse av problemene og behovene som motiverer utvikling av systemet.

1.1.1 Kjøretøyenes energi- og effektbehov

Foruten energi til togenes fremdrift har kjøretøy (motorvogner, lokomotiver og passasjervogner) behov for elektrisk energi til funksjoner knyttet til

1. styring og kontroll av kjøretøyet (kommunikasjon, fremføring (regulering, lys, bremser, etc.), overvåking, dører etc.)
2. nødvendige driftsfunksjoner og servicefunksjoner for kjøretøyet (trykkluftkompressorer, minimum kupelys, frostsikring, toaletter, stikkontakter, kjøling av matvarer, batterilading etc.)
3. passasjerkomfort (oppvarming, ventilasjon og kjøling)

Under hensetting må en forvente at både energi- og effektforbruket er lavere enn i trafikk. Sannsynligvis kan nødvendige funksjoner i kategori 1 og kanskje også 2 dekkes av kjøretøyets interne avbruddsfrie strømforsyning (batteri) i flere timer alternativt dager avhengig av omgivelsestemperatur og grad av avstenging av kjøretøyet. Passasjerkomfort i kategori 3 er så energikrevende at det må dekkes av ekstern strømforsyning.

I fremtiden kan vi forvente kjøretøy med eget batteri for fremdrift på ikke-elektrifiserte strekninger. Til lading av disse batteriene under hensetting behøves strømforsyning, men det er foreløpig ikke etablert noen praksis for dette og problemstillingen håndteres ikke i denne rappoten.

Kjøretøy kan også ha behov for ekstern strømforsyning på verksted ved feilsøking og test på effektkrevende utstyr, for eksempel ventilasjon.

1.1.2 Strømforsyningsløsning til kjøretøyene

Teknisk spesifikasjon for samtrafikkevne for lokomotiver og passasjervogner [9] (TSI LOC&PAS) sier at kjøretøy som skal ha strømforsyning når de er parkert skal være kompatible med minst en av følgende strømforsyningssystemer:

1. Strømforsyningens kontaktledning
2. Strømforsyningsledning av typen UIC 552 fra togvarmepost (1 kV vekselstrøm[3])
3. Lokal ekstern hjelpestrømforsyning på 400 V via stikkontakt «3P+jord» iht. EN/IEC 60309-2:1999 fra togvarmepost[4].

I praksis kan alle kjøretøy med egen strømavtaker, det vil si elektriske lokomotiver og motorvognsett, benytte system 1. System 2 og 3 synes ikke vanlig for nye trekkraftkjøretøy i dag og leveres sannsynligvis kun etter eksplisitt ønske eller krav fra bestiller.

[3] UIC 552 angir både 16 2/3 Hz og 50 Hz, men ikke alle kjøretøy kan motta 50 Hz
[4] I Sverige omtales denne forsyningsløsningen ofte som «lokvarmepost»

Passasjervogner har ikke strømavtaker og må forsynes via system 2 eller system 3, som også brukes internt mellom kjøretøy (for eksempel fra lokomotiv til vogn).

System 3 har gjennom industristikkontakten begrenset strømføringsevne til 63 A alternativt 125 A (hhv. 43 og 86 kVA). Det dekker kun 1-2 vogner og er foreløpig kun benyttet til lokomotiver, arbeidsmaskiner og mindre (motor-) vognsett på ikke-elektrifiserte strekninger. Det er også aktuelt å bruke forsyningsmetoden i verksteder for prøvespenning etc. Det pågår imidlertid et standardiseringsarbeid [45] for tilkopling for 125 A og 600 A, som vil gi ytelse nok til forvarming av passasjertog.

For ordens skyld defineres også system 4 i denne rapporten som «ingen strømforsyning».

1.1.3 Jernbaneforetakenes behov

Jernbaneforetakene (både gods og passasjer) har behov for hensetting av kjøretøy i kortere og lengre driftspauser. De (inklusive Norske Tog som statens kjøretøyeier) ønsker å begrense sine kostnader til

- investering i nye kjøretøy ved å benytte mest mulig standardløsninger og -komponenter (system 1 er mest vanlig, en europeisk togprodusent av femvogns elektrisk motorvognsett anslår ekstra materiellkostnad for system 2 til 25–50 kEUR avhengig av løsning og for system 3 rundt 10–20 kEUR, i tillegg kommer arbeidskostnad[5])
- avgifter til hensettingsspor (serviceanlegg) og forvarming av passasjertog (tilleggstjeneste)
- drift blant annet gjennom
    - minst mulig energiforbruk/-kostnad (energikostnad og nettleie, det inkluderer frakopling av kjøretøyet når strømforsyning ikke er nødvendig)
    - minst mulig tid til uttak og innsett av kjøretøy (inklusive tomtogkjøring for posisjonering) (bruk av togvarmepost medfører noe større tidsforbruk)
    - mest mulig forutsigbarhet og fleksibilitet i turneringen av kjøretøy (at samme forsyningssystem kan brukes på alle/flest mulig hensettingsområder)

1.1.4 Infrastrukturforvalters behov

Infrastrukturforvalter har behov for vedlikehold av jernbaneinfrastrukturen. For høyspenningsanlegg for forsyning av elektrisk energi til togenes fremdrift innebærer det ofte frakopling av spenningen. Også andre aktiviteter i nærheten av høyspenningsanleggene kan kreve frakopling. Både kortvarige og langvarige frakoplinger må forventes [9]. Frakoplingene kan føre til at strømforsyningens kapasitet til hensatte kjøretøy via kontaktledningen reduseres eller bortfaller. Redusert strømforsyningskapasitet er mer sårbar for spenningsvariasjoner og overharmoniske og dynamiske effekter [11].

[5] Oppgitt av en europeisk kjøretøyprodusent. Henvendelsen gikk til fem produsenter, kun en har svart.

Infrastrukturforvalter har også kjøretøy (arbeidsmaskiner etc.) som skal hensettes i driftspauser (både fast og sporadisk) mm., dog sjelden med behov for ekstern strømforsyning.

Infrastrukturforvalter ønsker i utgangspunktet å begrense sin anleggsmasse uten at det går utover tjenesteleveransen. Strømforsyning til hensatte kjøretøy via togvarmepost (system 2 og 3) krever egne egnede anlegg for dette, forsynt enten via transformator fra kontaktledningsanlegget (kun system 2), langsgående infrastrukturforsyning (22 kV 50 Hz) eller fra stedlig ekstern 50 Hz forsyning. Innledende kostnadsestimater viser typisk 2–3 MNOK[6] per togvarmepost. Forsyning via kontaktledning (system 1) skjer via anlegg som allerede er installert på en elektrisk jernbane.

Eier/driver av et elektrisk forsyningsanlegg har etter Forskrift om elektriske forsyningsanlegg [12] ansvar for at anleggene prosjekteres, utføres, driftes og vedlikeholdes slik at de sikkert ivaretar den funksjon de er tiltenkt uten å fremby fare for liv, helse og materielle verdier. En fare som må håndteres er uvedkommende tredjeparts klatring på kjøretøy hensatt under spenningssatt kontaktledning. Det har skjedd flere ulykker med alvorlig skade eller død som følge.

1.1.5 Oppsummert om problemstillingen

Tilsynelatende er flere behov i konflikt med hverandre. Strømforsyning via kontaktledning til strømavtaker (system 1) synes rimeligst for togselskapet i investering og drift av kjøretøyet samt reduserer infrastrukturforvalters anleggsmasse sammenlignet med forsyning via togvarmepost (system 2 og 3). Derimot reduserer strømforsyning via kontaktledning muligheten for frakopling for vedlikehold samtidig som den øker elsikkerhetsfaren for tredjepart som klatrer på kjøretøyene og strømforsyningens sårbarhet.

1.2 Mulighetsstudie

Hvilke gjennomførbare muligheter finnes?

1.2.1 Mulige løsninger

En kan se for seg fire prinsipielle strategier for strømforsyning til hensatte kjøretøy:

1. Hensetting under spenningssatt kontaktledning tillates og forsyning i utgangspunktet kun fra kontaktledning via strømavtaker (system 1).
2. Hensetting kun under frakoplet kontaktledning og forsyning kun fra togvarmepost (system 2 og 3).
3. Hensetting under spenningssatt/frakoplet kontaktledning tillates basert på vurdering av risiko (risikobasert).
4. Hensetting og strømforsyning til kjøretøy basert på jernbaneforetakenes ønsker (markedsbasert).

[6] Basert på epost om Høvik, Mysen og Lillestrøm togvarmeanlegg mottatt fra Johan Seljås, Utbygging Teknikk og konsept, 2018-09-11. Basert på Ål og Flåm togvarmeanlegg i samtale med Frode Dahl, Bergensbanen, 2018-09.

1.2.2 Håndtering av fare ved klatrende tredjepart nær spenningssatt kontaktledning

Faren ved klatrende tredjepart på kjøretøy nær spenningssatt kontaktledning er tilsynelatende ikke håndtert i europeisk samtrafikkregelverk, det vi si hverken i tekniske spesifikasjoner for samtrafikkevne for delsystem energi [14] eller lokomotiver og rullende materiell for passasjertrafikk [9]. Faren er heller ikke håndtert i standarden EN 50562 [15] som identifiserer farer, vurderer risiko og definerer tiltak for et referansesystem for elektrisk jernbane.

Infrastrukturforvalter må derfor gjøre egne vurderinger av risikoen. Innledende undersøkelser viser at det kun er i de nordiske landene at faren ved tredjeparts klatring på hensatte kjøretøy og dermed nærhet til spenningssatt kontaktledning gjenkjennes og tas på alvor[7] [29].

Bane NOR skriver i trafikkregler for jernbanenettet punkt 3.17.1 [17]:

> *Når det på en elektrifisert strekning hensettes kjøretøy, skal dette plasseres på ikke-elektrifisert spor, eller på spor hvor jordingsbryteren for vedkommende kontaktledning er frakoplet og jordet. Unntatt herfra er stasjonsområder eller sporgrupper der det foreligger egne bestemmelser som er angitt i strekningsbeskrivelsen eller det er gitt tillatelse av sakkyndig driftsleder for kontaktledningsanlegget. Dersom jernbaneforetaket ønsker å hensette kjøretøy på spor som ikke er angitt i strekningsbeskrivelsen må dette tas opp med sakkyndig driftsleder for kontaktledningsanlegget. Dersom det unntaksvis må hensettes kjøretøy under spenningsførende kontaktledning på spor der det ikke foreligger bestemmelser som tillater dette, skal jernbaneforetaket sørge for vakthold.*

Det utdypes i strekningsbeskrivelsen [18] punkt 2.9 at på angitte steder og spor kan kjøretøy som er «ikke klatrevennlige» hensettes under spenningssatt kontaktledning. For andre kjøretøy er det restriksjoner for å forhindre at togpersonalet eller 3.part skal klatre på hensatt kjøretøy og komme i kontakt med spenningssatt kontaktledning. Ett foreskrevet tiltak er vakthold via visuell kontroll med fysisk inspeksjon rundt kjøretøy minimum en gang pr. time. Kriterier for vurdering av hensettingsspors/hensettingsområders risiko og kjøretøys klatrevennlighet er ikke angitt. For kun tre av hensettingsområdene er «ikke klatrevennlige» kjøretøy angitt. I tillegg angir Bane NOR i Network statement punkt 5.2 og 5.3.1.4 at strømforsyning fra kontaktledning via strømavtaker ikke skal benyttes ved hensetting, med mindre hensettingsområdet ikke har togvarmepost tilpasset kjøretøyet.

Trafikverket har tilsvarende regler angitt i sine elsikkerhetsforskrifter for trafikkplasser [19][8] kapittel 7 som inneholder tydeligere kriterier:

- «Klatrebare» kjøretøy er kjøretøy som det uten vanskelighet og uten hjelpemiddel er mulig å klatre så høyt på at man kommer farlig nær kontaktledningen. Vurderingen gjøres av jernbaneforetaket.

[7] Basert på kartlegging i møte i EIM ENE WG 2017-09-12 og 2018-08-28, samtaler med andre infrastrukturforvaltere og tilbakemelding fra en europeisk kjøretøyprodusent (kun en av fem produsenter har svart på henvendelsen).
[8] Under revisjon med antatt utgivelse 2019.

- Vakt eller betryggende oppsikt kan være skifting eller annet arbeid i nærheten og der personalet er instruert om at kontaktledningen er spenningssatt og farene det innebærer. Betryggende oppsikt kan også være kameraovervåkning.
- Et sporområde med liten risiko for elulykker gjennom klatring kan eksempelvis være inngjerdet eller kameraovervåket. Vurderingen gjøres av Trafikverket og baseres på sju spørsmål om plassen og omgivelsene, for eksempel beskyttelse, nærhet til skoler/forsamlingslokale og om det har vært personer i sporet der før.

I både Bane NOR og Trafikverket finnes unntaksmuligheter.

I Danmark, Tyskland og Finland finnes det ikke spesielle regler for hensetting av kjøretøy under spenningssatt kontaktledning. I Danmark og Tyskland bærer tredjepart selv risikoen ved klatreulykker [29]. Østerrike rapporterer om effektive holdningskampanjer mot ungdom som oppholder seg på jernbanens område.

I Storbritannia er også adgang til jernbanens områder og kjøretøy forbudt, men myndighetene vurderer likevel at jernbanen har en grad av ansvar for tredjepart, blant annet gjennom helse, miljø og sikkerhetslovgivningen. For eksempel ble jernbanen ilagt bot og dømt til erstatning på grunn av «systematiske svakheter» da en 13 år gammel gutt i 2014 måtte amputere begge beina etter å ha kommet nær spenningsatt kontaktledning på et depot. Det har også vært tilfelle av at britiske jernbanetilsynet har forsinket idriftsettelsen av en ny kjøretøytype fordi den var for enkel å klatre på.

1.2.3 Tjenestetilbud og avgift

Strømforsyning til hensatte kjøretøy («forvarming av passasjertog») er ifølge jernbaneforskriften [13] §4-4 en tilleggstjeneste. Dersom den som driver serviceanleggets hensettingsspor tilbyr forvarming av passasjertog, skal tjenesten tilbys på ikke-diskriminerende vilkår til alle jernbaneforetak som anmoder om den.

Anmodning om tjenesteleveranse kan ifølge §4-3 kun avslås om det finnes levedyktige alternativ som gjør det mulig å utføre den aktuelle togtrafikken på samme eller alternative ruter på økonomisk akseptable vilkår. Det innebærer imidlertid ikke at den som driver serviceanlegget er forpliktet til å investere i ressurser eller anlegg for å imøtekomme alle anmodninger fra jernbaneforetak.

Dersom strømforsyning til hensatte kjøretøy kun tilbys av én leverandør skal avgiften iht. §6-9 ikke overstige kostnaden ved å yte tjenesten, med tillegg av en rimelig fortjeneste.

Forskriften må forstås slik at den som tilbyr et serviceanlegg og en tilleggstjeneste kan definere ulike tjenesteprodukter, vilkårene og avgiften for leveransen. Denne forståelsen bekreftes i en intern juridisk vurdering [65]. Det ligger imidlertid til grunn i markedsorienteringen at tjenestetilbudet tilpasses etterspørselen og at forutsigbarhet og fleksibilitet (likt produkttilbud på alle hensettingsområder) er viktig for jernbaneforetakene.

I dag omtaler Bane NOR i Network statement kun bruk av togvarmepost (system 2 og 3) som tilleggstjenesten forvarming av persontog, ikke forsyning via kontaktledning til strømavtaker (system 1). Det fratar infrastrukturforvalteren å definere vilkår for bruk av system 1 og dermed dekke kostnadene ved å yte den (for eksempel vakthold), med tillegg av en rimelig fortjeneste. Network Statements fokus er tilsynelatende på anlegg, ikke tjeneste eller funksjon.

For ordens skyld nevnes at etter samme forskrift er bruk av strømforsyningsutstyr (der dette finnes) for fremføring av elektriske tog er en tilgangstjeneste og del av minstepakken som infrastrukturforvalter er pliktig å tilby jernbaneforetakene. Det tilsvarer en nettjeneste levert i en monopolsituasjon. Selve strømmen eller kraften er en tilleggstjeneste som kan leveres i et marked på samme måte som øvrig energiforsyning.

1.2.4 Oppsummering muligheter

Det er kun kombinasjon av løsning 3 risikobasert og løsning 4 markedsbasert som kan ivareta både jernbaneforetakenes og infrastrukturforvalters behov. Det er til dels det som tilbys av Bane NOR i dag, men produktene og vilkårene er uklare og uten intern koordinering og strategi. Jernbaneforskriften tillater at eier av serviceanlegg og tilbyder av tilleggstjenester i større grad tar styringen og også får dekket kostnadene sine ved leveransen.

1.3 Konseptbeskrivelse

Skal gi tilstrekkelig overordnet systemforståelse og identifisere farekilder

1.3.1 Produktkonsept

Foreslått konsept er å tilby følgende produkter for hensetting av kjøretøy tilpasset forventet etterspørsel:

1. Hensetting ved bruk av kontaktledning til forsyning til strømavtaker (system 1).
2. Hensetting ved bruk av togvarmepost 1000 V enfase (system 2).
3. Hensetting ved bruk av togvarmepost 400 V trefase (system 3).
4. Hensetting uten bruk av strømforsyningsutstyr (system 4).

Produktenes vilkår og avgift omfatter blant annet tilbyders kostnader for tilstrekkelig elsikkerhet for klatrende tredjepart på kjøretøy basert på en åpen risikovurdering og andre identifiserte kostnader, for eksempel infrastrukturforvalters reduserte tilgang til vedlikehold av annen infrastruktur på grunn av manglende mulighet for frakopling av kontaktledningen. Det foreslås videre at avgift for bruk av strømforsyningsutstyret (hensettingsspor med kontaktledning eller togvarmepost) skilles fra kostnad til elektrisk kraft som vanlig for nettleie og energiledd.

Den åpne risikovurderingen for tredjeparts elsikkerhet kombinerer egenskapene til kjøretøyene og hensettingsporene til en totalrisiko. Klassifisering av det enkelte hensettingsspor bør publiseres i strekningsbeskrivelsen. Det er foreløpig åpent hvordan kjøretøy klassifiseres.

Basert på kombinasjon av løsning 3 (risikobasert) og 4 (markedsbasert) bestemmes et omfang av de ulike produktene. Dette omfanget vil legge føringer for krav i Bane NORs tekniske regelverk [25] og hensettingsveileder [24].

1.3.2 Tidlig fareidentifisering

Basert på det foreslåtte konseptet er det identifisert farer som vist i Tabell 1. Listen er i hovedsak basert på innledende identifiserte problemstillinger ved strømforsyning til hensatte kjøretøy i oppstartsmøte [64] der ulike representanter i Bane NORs organisasjon deltok.

Tabell 1 Tidlig identifiserte farer

ID	Beskrivelse	Type fare	Tilhørende system
1	Elsikkerhetsfare for klatrende tredjepart ved hensetting under spenningssatt kontaktledning	Sikkerhet	Hovedsakelig 1, men også 2, 3 og 4
2	Flere ulike typer togvarmeanlegg utgjør en sikkerhetsrisiko for vedlikeholdspersonale	Sikkerhet	2 og 3
3	Redusert mulighet for vedlikehold av banen (som krever frakopling)	Vedlikeholdbarhet infrastruktur	1 og 2 (dersom forsynt fra kontaktledningen)
4	Kjøretøy kopler ikke inn automatisk etter midlertidig bortfall av forsyningsspenning	Tilgjengelighet kjøretøy	1, 2 og 3
5	Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet	Tilgjengelighet kjøretøy	1, 2 og 3
6	«Depot problem» - tekniske forhold for strømforsyningen ved hensetting av stor mengde kjøretøy sammen (ustabilitet, spenningsstigning etc.)	Tilgjengelighet infrastruktur	1
7	Signal for elektrisk skift inn på frakoplet og jordet seksjon (overkjøring)	Tilgjengelighet infrastruktur og kjøretøy	2, 3 og 4

2 SYSTEMBESKRIVELSE

Systemdefinisjonen skal gi en nøyaktig definisjon av det aktuelle systemet eller utstyret som skal fremskaffes. Innholdet i kapittelet er basert på STY-603107.

2.1 Definisjoner

Se 0.6. I tillegg brukes følgende fra [31]:

- **Elektrisk sikkerhet**: Fravær av uakseptabel risiko for skade forårsaket av elektriske systemer.
- **Elektrisk sjokk**: Patofysiologisk effekt som følge av en elektrisk strøm gjennom en menneske- eller dyrekropp.
- **Ståplass**: Ethvert punkt på en overflate hvor personer kan stå eller gå omkring uten særlig besvær.
- **(Elektrisk) hinder**: Del som hindrer utilsiktet direkte berøring, men som ikke hindrer tilsiktet direkte berøring.
- **(Elektrisk) avskjerming**: Del som gir beskyttelse mot direkte berøring fra enhver vanlig adkomstretning.
- **Adgangshinder**: Utstyr brukt for å begrense tilgang til et adgangsbegrenset område, en konstruksjon eller bygning av en ikke autorisert person.
- **Spenningssatt del**: Leder eller ledende del beregnet på å bli strømførende i normal bruk. Ifølge konvensjon inkluderer ikke dette kjøreskinner og tilkoplede deler.
- **Direkte berøring**: Elektrisk kontakt mellom mennesker eller dyr og spenningssatt del.
- **Publikumsområde**: Areal hvor publikum har ubegrenset adgang.
- **Adgangsbegrenset område**: Areal hvor adgang bare er tillatt for autoriserte personer.

- **Skinneoverkantplan** (SOK): Et tenkt plan som berører begge skinnetoppene i et spor.

2.2 Mål og krav

2.2.1 RAM-krav

Jernbanedirektoratet setter mål for transportsystemets punktlighet, regularitet og oppetid i tildelingsbrevet til Bane NOR hvert år. Det er ikke identifisert nærmere RAM-krav eller overordnet vedlikeholdsmodell spesielt for hensetting. Derfor er følgende spesifikke krav identifisert:

Kjøretøy:

a) Kjøretøy skal ha strømforsyning for styring og kontroll (via strømavtaker fra kontaktledning) i tilstrekkelig tid for uttak og innsett.
b) Kjøretøy for persontrafikk skal ha strømforsyning for nødvendige driftsfunksjoner som pålitelig frostsikring og eventuell kjøling av matvarer ved hensetting.
c) Kjøretøy for persontrafikk skal ha strømforsyning for nødvendige servicefunksjoner som lys og stikkontakter for rengjøring under hensetting.
d) Kjøretøy for persontrafikk skal ha strømforsyning for komforttilpasning av temperatur i passasjerområder før trafikk med passasjerer.

Jernbaneinfrastruktur:

e) Infrastruktur (både delsystem energi og infrastruktur og annet) skal kunne vedlikeholdes forsvarlig med frakopling av spenningssatt kontaktledning om nødvendig.
f) Infrastruktur (både delsystemene energi og infrastruktur og annet) skal kunne vedlikeholdes med skinnegående kjøretøy tilpasset oppgaven.

2.2.2 Trafikale krav

Jernbaneforetakene (både gods og passasjer) og infrastrukturforvalter har behov for hensetting av kjøretøy i kortere og lengre driftspauser

- om natten for kjøretøy som bare brukes om dagen (mesteparten av passasjertogmateriellet)
- om dagen for kjøretøy som bare brukes i høytrafikkperioder (morgen, ettermiddag, helgetrafikk)
- om dagen for kjøretøy som bare brukes om natten (eks. sovevogner)
- for lengre perioder for reserve- og beredskapsmateriell
- ved driftsforstyrrelser (der tog må innstilles etc.)

Bane NOR tilbyr hensettingsområder over hele landet nær de største jernbanestasjonene og på andre steder det er funnet hensiktsmessig å hensette kjøretøy, fortrinnsvis i nærheten av togpendlenes endestasjoner. Foreslått plassering for de nye hensettingsområdene er basert på tilgjengelige egnede arealer (kostnader tomtogkjøring, investeringskostnader, risiko osv.) ([20]).

Basert på forventet tilbudsøkning i trafikken er det identifisert et behov for å øke hensettingskapasiteten på Østlandet fra 115 motorvognsett til omlag 538 i 2040 ([20])[9]. De største hensettingsområdene kan romme opp til 30 – 50 motorvognsett. Andre steder i landet kan behovet være ett til femtogsett.

Under hensetting av persontogskjøretøy kan det pågå rengjøring og førstelinjes vedlikehold.

Infrastrukturforvalter har behov for servicespor og hensettingsspor for arbeidsmaskiner innen rimelig avstand til arbeidssted for å redusere posisjonskjøring som både beslaglegger banens sporkapasitet og arbeidstid.

2.2.3 Sikkerhetskrav

Følgende to sett med sikkerhetskrav er identifisert:

- Bane NORs risikoakseptkriterier gitt i STY-604892 [34] og gjengitt i Vedlegg 4 Bane NORs risikoakseptkriterier.
- DSBs hensikt med El-tilsynsloven [57] og underliggende forskrifter angitt i 2.3.1 om at» elektriske anlegg skal prosjekteres, utføres, driftes og vedlikeholdes slik at de sikkert ivaretar den funksjon de er tiltenkt uten å fremby fare for liv, helse og materielle verdier».

[9] Post scriptum januar 2019: Jernbanedirektoratet opplyser om at behov for hensettingskapasitet angitt i [20] er under revisjon.

2.3 Formelle rammer for systemet

2.3.1 Juridiske rammer

Jernbaneloven [21], spesielt relevant er:

- § 9.(Plikter for allmennheten og eiere av private planoverganger):
  - *Alle som oppholder seg på jernbanens område plikter å følge de sikkerhetsanvisninger som gjelder for stedet.*
  - *Det er forbudt for publikum: (…)*
    b) å oppholde seg på jernbanens område som ikke er beregnet for publikum;

Jernbaneforskriften [13], spesielt relevant er:

- § 4-2.Tilgang til serviceanlegg og tjenester i disse
  - *Den som driver serviceanlegg skal gi tilgang, herunder sportilgang, til alle jernbaneforetak på ikke-diskriminerende vilkår, til følgende anlegg og tjenester som ytes i disse: (…)*
  - *d) hensettingsspor*
- § 4-3.Behandling av anmodninger om kapasitet i serviceanlegg
  - *(1) Anmodning fra jernbaneforetak om tilgang til og tilbud om tjenester i anlegg nevnt i § 4-2 skal besvares innen en frist fastsatt av Statens jernbanetilsyn. Slike anmodninger kan bare avslås dersom det finnes levedyktige alternativ som gjør det mulig å utføre den aktuelle gods- eller persontransporten på de samme eller alternative ruter på økonomisk akseptable vilkår. (…)*
  - *(2) Kravet i første ledd innebærer ikke at den som driver serviceanlegget er forpliktet til å investere i ressurser eller anlegg for å imøtekomme alle anmodninger fra jernbaneforetak.*
- § 4-4.Tilleggstjenester
  - *(1) Dersom den som driver serviceanlegg tilbyr følgende tjenester, skal tjenestene tilbys på ikke-diskriminerende vilkår til alle jernbaneforetak som anmoder om dem: (…)*
  - *b) forvarming av passasjertog*
- § 6-9.Avgifter for jernbanerelaterte tjenester mv.
  - *(2) Avgiften som pålegges for sportilgang i serviceanlegg som nevnt i § 4-2 og for å utføre tjenester i slike anlegg, skal ikke overstige kostnaden ved å yte dem, med tillegg av en rimelig fortjeneste.*
  - *(3) Dersom tjenestene som nevnt i § 4-4 og § 4-5 kun tilbys av én leverandør, skal avgiften for tjenestene ikke overstige kostnaden ved å yte dem, med tillegg av en rimelig fortjeneste.*

Sikkerhetsstyringsforskriften [27], spesielt relevant er:

- § 1-3 Definisjoner
  - *b) barrierer: tekniske, operasjonelle, organisatoriske eller andre planlagte og iverksatte tiltak som har til hensikt å bryte en identifisert uønsket hendelseskjede,*
  - *g) jernbaneulykke: en uønsket eller utilsiktet plutselig hendelse eller en bestemt rekke slike hendelser som har skadelige følger, herunder som medfører at noen dør eller blir alvorlig skadet, som medfører betydelig skade på jernbanemateriell, på jernbaneinfrastruktur, på eiendom utenfor jernbanen eller på miljø, og alle andre lignende ulykker,*

- § 2-1 Overordnet ansvar for sikkerhet
  - *Jernbanevirksomheten har ansvaret for en sikker drift av sin del av jernbanesystemet og kontroll på risikoer der disse oppstår i jernbanesystemet. Jernbanevirksomheten har plikt til å iverksette nødvendig risikohåndtering, og der det er relevant, samarbeid med de øvrige virksomhetene i jernbanesystemet.*
- § 2-2 Krav til sikkerhetsstyring
  - *Jernbanevirksomheten skal utøve sikkerhetsstyring av den virksomheten som drives med det formål at det etablerte sikkerhetsnivået på jernbanen opprettholdes og i den grad det er nødvendig forbedres.*
- § 2-3 Enkeltfeilprinsippet og barrierer
  - *Virksomheten skal planlegges, organiseres og utføres med henblikk på at en enkeltfeil ikke skal føre til en jernbaneulykke.*
  - *Jernbanevirksomheten skal ha barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil, fare- og ulykkessituasjoner utvikler seg.*
  - *Barrierene skal være identifisert, og det skal være kjent i virksomheten hvilke barrierer som er etablert og hvilke funksjoner de skal ivareta. Der det er nødvendig med flere barrierer, skal det være tilstrekkelig uavhengighet mellom barrierene.*

Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF) [12], spesielt relevant er:

- § 2-1 Prosjektering, utførelse, drift og vedlikehold
  - *Elektriske anlegg skal prosjekteres, utføres, driftes og vedlikeholdes slik at de sikkert ivaretar den funksjon de er tiltenkt uten å fremby[10] fare for liv, helse og materielle verdier.*
- § 2-2 Vurdering av risiko
  - *Det skal gjennomføres en risikovurdering for å kartlegge risiko i og i tilknytning til det elektriske anlegget. Ved utførelsen skal risikovurderingen legges til grunn for valg av løsninger. Dette skal dokumenteres.*
- § 2-4 Beskyttelse mot elektrisk sjokk
  - *Anlegg skal være slik at det hindrer utilsiktet berøring eller farlig nærhet til spenningssatte anleggsdeler, eller være isolert slik at det er berøringssikkert.*
- § 2-12 Advarselskilt og merking
  - *Anlegg skal ha advarselskilt, merking og identifikasjon slik at feilbetjening og ulykker unngås. Advarselskilt, merking og identifikasjon skal være varig, tydelig, lett synlig og med norsk tekst.*
  - *Veiledning: Master, porter, gjerder og dører i høyspenningsanlegg skal være merket med advarselskilt. Det skal maksimalt være 50 m mellom advarselskiltene på gjerder rundt en friluftstasjon.*
- § 4-5 Høyspenningsinstallasjoner

[10] Det er ikke funnet noen eksplisitt forklaring på hva som menes med «fremby» fare. Bokmålsordboka oversetter «fremby» med «innebære», men en slik forståelse sier ikke noe om forventning til hverken allmennheten eller anlegget. DSB knytter «fremby» i [36] side 54 opp mot allmenn forventing om trygghet. REN (Rasjonell elektrisk nettvirksomhet) gir følgende tolkning av §2-4: «I vanlig drift gjelder at en ikke uforvarende skal kunne komme i berøring med spenningsførende deler (…)»

  - *Installasjoner skal være slik at de er sikre for personell, allmennhet og omgivelser. Installasjoner skal være slik at pålitelig drift sikres. Nødvendig dokumentasjon skal foreligge slik at betjening og vedlikehold kan foregå på en betryggende måte.*
  - *Installasjoner skal plasseres eller inngjerdes slik at adgang og inngrep fra uvedkommende unngås.*
- § 6-6 Sikkerhetstiltak for høyspenningsluftlinjer
  - *Master skal være slik at de er vanskelig å klatre i for allmennheten.*
  - *Veiledning: Vern mot klatring: Master skal være utført slik at de er vanskelige å klatre i for allmennheten. De skal normalt ha en klatrefri sone på minst 2,5 m. Ved høye eller utilgjengelige master kan det vurderes om dette er nødvendig eller om andre tiltak kan være tilstrekkelig.*
- § 8-4 Avstander, hinder ved kryssinger og nærføringer til kontaktledningsanlegget
  - *Kontaktledningsanlegget skal ha tilstrekkelig avstand til omgivelsene eller hindre for å unngå fare for personer eller for materielle verdier*
  - *Veiledning: Krav til avstander og hindre: For krav til avstander og hindre vises det til EN 50122-1:1997 (avsnitt 5.1) med tilleggskrav som beskrevet under.*
  - *Veiledning: Beskyttelse ved avstand: På allment tilgjengelige steder skal avstanden til spenningssatte høyspenningsdeler være minimum som vist i figur 8-2, "Allment tilgjengelig sted". Dersom avstandene ikke kan oppnås skal det benyttes hindre. Vertikal avstand er angitt til 5,0 m fra tilgjengelig sted (ståplass).*
  - *Veiledning: Beskyttelse ved bruk av hindre på allment tilgjengelige steder: Dersom avstanden i figur 8-2 ikke kan overholdes skal det benyttes hindre som skjermer, gjerder etc. til beskyttelse mot direkte kontakt med spenningssatte høyspenningsdeler.*
- § 8-5 Sikkerhetstiltak for master i kontaktledningsanlegg:
  - *(…) Master skal være slik at de er vanskelig å klatre i for allmennheten.*
  - *Veiledning: Klatrevern skal være utført slik at det blir en glatt, klatrefri sone på minimum 1,8 m. Nedre kant av klatrevern skal monteres minimum 1,0 m og maksimum 2,0 m over marken.*
- § 8-7 Togvarmeanlegg:
  - *Togvarmepost skal ha jordleder eller utjevningsforbindelse til det sporet den forsyner.*
  - *Sporområdet som dekkes av togvarmeanlegget skal ha sikker vei for returstrømmen tilbake til togvarmeposten dimensjonert for maksimal belastningsstrøm.*
  - *Strømforsyning fra togvarmepost og annen strømforsyning skal ikke kunne koples sammen gjennom tilkoplet rullende materiell.*

Forskrift om sikkerhet ved elektriske anlegg (FSE) [26], spesielt relevant er

- §5. Definisjoner
  - *Risikoavstand – Minste avstand fra anleggsdeler og omgivelser som befinner seg på et annet spenningsnivå enn personellet, samt andre faser på samme spenningsnivå ved arbeid på én fase. Risikoavstanden er fastsatt for å gi forsvarlig sikkerhet ved arbeid på eller nær ved*

elektriske anlegg. Angir ytre grense for risikoområdet. Nominell spenning 15 kV (omfatter 16 2/3 Hz for jernbane): 400 mm

- §9. Adgang
  - *For å hindre at uvedkommende får adgang til rom og inngjerdet område hvor elektriske anlegg ikke er beskyttet mot berøring, skal disse områdene holdes forsvarlig låst. (…)*
- §10. Planlegging av arbeid
  - *Veiledning: Et gjennomgående prinsipp i forskriften er at det ved alt arbeid knyttet til elektriske anlegg skal etableres minst to sikkerhetsbarrierer. Ved svikt i en barriere skal det fremdeles være en barriere som skal ivareta arbeidstakerens sikkerhet fullt ut.*

TSI infrastruktur (INF TSI) [23], spesielt relevant er:

- Punkt 4.2.12.6 Stasjonær strømforsyning
  - *Dersom slike anlegg[11] finnes, skal stasjonær strømforsyning skje ved hjelp av ett eller flere av strømforsyningsanleggene spesifisert i TSI-en for rullende materiell.*

Samtrafikkforskriften [63] (som implementerer EUs samtrafikkdirektiv), spesielt relevant er Vedlegg III Grunnleggende krav:

- 2.1.1 Infrastruktur Sikkerhet
  - Det skal treffes egnede tiltak for å forhindre adgang til eller uønsket inntrenging i anleggene.
- 2.2.1 Energi Sikkerhet
  - Driften av energiforsyningssystemene skal ikke svekke sikkerheten, verken for tog eller personer (brukere, driftspersonell, beboere langs jernbanelinjen og tredjemenn).
- 2.4.1 Rullende materiell Sikkerhet
  - Av hensyn til personsikkerheten skal det treffes tiltak for å hindre adgangen til spenningsførende komponenter.

TSI energi (ENE TSI) [14], spesielt relevant er:

- 4.2.9.1 Kjøreledningens høyde
  - Kontaktledningens minste konstruksjonshøyde er 5080 mm for hastighet større eller lik 250 km/t og uklar (nominell minimum 5000 mm) for hastigheter mindre enn 250 km/t
  - Kontaktledningens største konstruksjonshøyde er 5300 mm for hastighet større eller lik 250 km/t og 6200 mm for hastigheter mindre enn 250 km/t
- 4.2.18 Beskyttelsestiltak mot elektrisk støt
  - *Elektrisk sikkerhet og beskyttelse mot elektrisk støt skal oppnås ved samsvar med EN 50122-1:2011 punkt 5.2.1 (bare for offentlige områder) 5.3.1 og 5.3.2 (…).*

[11] Norsk oversettelse til «anlegg» synes misvisende. Engelsk originaltekst: «Where provided, electrical shore supply shall be by means of one or more of the power supply systems specified in the rolling stock TSIs». «Der hvor stasjonær strømforsyning tilbys, skal det skje ved hjelp av en eller flere av strømforsyningsystemene spesifisert i rullende materiell TSI» synes riktigere.

TSI rullende materiell (lokomotiver og personvogner) (LOC&PAS TSI) [9], spesielt relevant er:

- 4.2.2.2.3 Endekopling
  - *A-2) Krav til endekoplingstype: 1) Automatisk sentral bufferkopling: Høyden over skinnenivå for koplingens midtlinje skal være 1 025 mm + 15 mm/– 5 mm (målt med nye hjul i lastforholdet «egenvekt i driftstilstand»).*
  - *Tillegg A: Buffere: Høyden på buffernes midtlinje skal være mellom 980 mm og 1 065 mm over skinnenivå under alle belastnings- og slitasjeforhold*
  - *Tillegg A: Skruekopling: Høyden på dragkrokens midtlinje skal være mellom 950 mm og 1 045 mm over skinnenivå under alle belastnings- og slitasjeforhold.*
- 4.2.8.4 Beskyttelse mot elektriske fare
  - *Rullende materiell og dets strømførende komponenter skal være konstruert slik at direkte eller indirekte kontakt med togpersonale og passasjerer forhindres, både i normale tilfeller og i tilfeller hvor det oppstår feil på utstyret. Bestemmelsene beskrevet i EN 50153, får anvendelse for å oppfylle dette kravet.*
- 4.2.9.1.2.1 Av- og påstigning under driftsforhold
  - *3) Midlene togpersonalet bruker for å stige inn i og ut av førerhuset, som stigtrinn, rekkverk og dørhåndtak, skal ha dimensjoner (helling, bredde, avstand, form) som gjøre dem sikre og enkle å bruke, og som skal vurderes i forhold til anerkjente standarder. (…)*
- 4.2.11.1. Vedlikehold generelt
  - *3) Togene skal kunne være parkert uten personale om bord, med strømforsyning fra kjøreledningen eller hjelpestrømforsyning til belysning, klimaanlegg, kjøleskap osv.*
- 4.2.11.2.1. Rengjøring av førerhusets frontrute
  - *2) Frontrutene i førerhuset skal kunne rengjøres utenfra uten at komponenter eller kledning[12] må demonteres.*
- 4.2.11.6. Særlige krav til parkering av tog
  - *1) Dette nummer får anvendelse på enheter som skal ha strømforsyning når de er parkert.*
  - *2) Enheten skal være kompatibel med minst ett av følgende eksterne strømforsyningssystemer og skal være utstyrt (der det er relevant) med tilsvarende grensesnitt for elektrisk forbindelse til det eksterne strømforsyningssystemet (støpsel):*
  - *3) Strømforsyningens kjøreledning (se nr. 4.2.8.2.9 «Krav knyttet til strømavtakeren»).*
  - *4) Strømforsyningsledning av typen UIC 552 til tog (1 kV vekselstrøm, 1,5 kV vekselstrøm/likestrøm, 3 kV likestrøm).*
  - *5) Lokal ekstern hjelpestrømforsyning på 400 V kan koples til en stikkontakt av typen «3P+jord» i samsvar med spesifikasjonen som det vises til i tillegg J-1 indeks 65.*

TSI godsvogner (TSI WAG) [33], spesielt relevant er:

- 4.2.6.2.2 Beskyttende tiltak mot direkte kontakt

[12] Bedre norsk oversettelse av «cover» kan være «deksel».

- *De elektriske installasjonene og utstyret på en enhet skal være konstruert slik at de beskytter personer mot elektrisk støt.*
- *Enheten skal være konstruert slik at direkte kontakt hindres, i samsvar med bestemmelsene i nr. 5 i EN 50153:2002.*

Kjøretøyforskriften er nasjonale regler for kjøretøy, spesielt relevant er:

- Vedlegg 1 punkt 8.5: Beskyttelse mot elektriske farer inkludert jording
  - *Kravene i TSI LOC & PAS punkt 4.2.8.4 og TSI WAG punkt 4.2.7.3 gjelder tilsvarende.*

Standarder:

NEK EN 50122-1[13] om elektrisk sikkerhet mv. i faste jernbaneinstallasjoner, del 1 beskyttende tiltak mot elektrisk sjokk ([31] under revisjon), spesielt relevant er (selv om standarden kun håndterer personer som står på infrastruktur, ikke på kjøretøy)

- 5.1 Generelt om beskyttelsestiltak mot direkte berøring
  - I en struktur med kontaktledninger skal ett av følgende beskyttelsestiltak benyttes for beskyttelse mot direkte berøring:
    - Beskyttelse ved klaring (avstand)
    - Beskyttelse ved hinder
- 5.2.1 Beskyttelse ved klaring (avstand) fra ståplass
  - For ståplasser som er tilgjengelige for personer, skal det være klaring mot direkte berøring av spenningssatte deler i kontaktledningsanlegg og på kjøretøyet i en rett linje (basert på armlengder, isolasjonsavstand og uten bruk av objekter) som angitt i figur 4. Det vil si for:
    - Publikumsområde minimum 3,5 m
    - Adgangsbegrenset område minimum 2,75 m
  - Denne beskyttelsen er ikke obligatorisk dersom det er foretatt andre tiltak for å sikre frakopling av forsyningen.
- 5.2.3 Varselskilt
  - *Varselskilt skal settes opp på arealer hvor det er en alvorlig risiko for at personer kan komme i nærheten av spenningssatte deler i strukturer med kontaktledning. Slike skilt skal plasseres på en fremtredende og iøyenfallende posisjon ved tilgangspunktet (…)*
- 5.3.1 Generelt om beskyttelse med hindre
  - *Om klaringene i 5.2.1 ikke kan vedlikeholdes, skal hindre settes opp mot beskyttelse mot direkte berøring av spenningssatte deler.*

NEK EN 50153 om beskyttelse i forbindelse med elektriske fare på kjøretøy [32], spesielt relevant er

- 5.3.2.2 Beskyttelse ved klaring
  - *For spenningssatte deler på utsiden av kjøretøyet (for eks. strømavtaker, ledere på taket, motstander) som er potensielt tilgjengelig for personer i en rett linje fra en ståplass i, på eller ved kjøretøyet, skal beskyttelse mot direkte berøring etableres med klaring, unntatt for*

[13] EN 50122-1 er under revisjon og det er foreslått endringer i definisjoner og kravtekst som kan ha innvirkning på tolkningen avstandskravene i situasjoner som ikke er åpenbare. Foreslått revisjon fastslår i punkt 5.2.1 også at alle forsøk på å komme i kontakt med spenningssatte deler som bryter med antakelsene og tiltakene i standarden må oppfattes som grovt uaktsomme og at det ikke kan eller trengs sikres mot elektrisk sjokk i slike tilfeller.

strømavtakerens toppstykke, dersom ingen andre beskyttelsestiltak definert i denne europeiske standarden benyttes.
    - *Note: Berøring i rett linje vil si at spenningssatte deler er innen rekkevidde for en person fra ståplassen uten bruk av objekter.*
    - *Beskyttelse ved klaring er vurdert tilstrekkelig dersom klaringsavstandene fra ståplassen til spenningssatte deler minimum oppfyller EN 50122-1:2011 figur 4 (…).*
- 5.3.2.3 Beskyttelse mot farer fra intern kraftdistribusjon
    - *Tilgang til spenningssatte deler når høyspenningsanlegget om bord høyst sannsynlig fra en ekstern kilde via intern kraftdistribusjon (for eksempel et annet kjøretøy, togvarmeanlegg, ekstern strømforsyning, etc.) skal hindres ved bruk av forrigling eller prosedyre.*
- 5.5 Advarselsskilt
    - *Advarselsskilt for elektrisk fare skal oppfylle EN 61310-1*
    - *Dersom en fare er vurdert å eksistere, etter at alle forriglings- og utformingløsninger forsert for å nå utstyret, skal advarselskilt etableres for å identifisere faren og gi all tilleggsinformasjon nødvendig til å unngå faren for personer. Skiltene skal plasseres i posisjoner som sikrer at de er klart synlige og vil fortsette å være det ut levetiden til utstyret.*
    - *Adgang til forhøyede ståplasser på kjøretøyet hvor det er mulig å nå spenningssatte deler i kontaktledningsanlegget, skal merkes med advarselskilt.*

Leveringskvalitetsforskriften [40] (gjelder mellom togvarmeanlegg 50 Hz og stedlig netteier):

- §3-6 Spenningsusymmetri
    - *Nettselskap skal sørge for at grad av spenningsusymmetri ikke overstiger 2% i tilknytningspunkt, målt som gjennomsnitt over ti minutter.*

2.3.2 Politiske rammer

Ingen konkrete.

2.3.3 Samfunnsrelaterte rammer

Vi må anta at samfunnet har en forventing om at omgivelsene skal kunne oppfattes som trygge og at enkeltfeil ikke skal føre til store konsekvenser. Dette er reflektert i FEF og sikkerhetsstyringsforskriften.

Rettspraksis:

- Høysterettsdom [30] tilkjente Jernbaneverket erstatningsansvar etter ulykke der psykotisk mann (33) tok seg inn på hensettingsområde (Lodalen), klatret på kjøretøy (passasjervogn), fikk strømgjennomgang, falt på bakken i brann og ble 100 % invalid. Rettens vurdering var at Jernbaneverkets faktiske (tilfeldig sjelden inspeksjon og mangelfull reparasjon) og (mangelfullt) dokumenterte vedlikehold av gjerdet rundt området ikke var tilstrekkelig til å hindre at personer uforvarende kan forville seg inn på området gitt farene på innsiden og områdets nærhet til barneskole. Retten kommenterte også at det er tilnærmet umulig å lukke området totalt, herunder å holde gjerdet tett til enhver tid, og at voksne personer må ta ansvar for egne handlinger.

At voksne personer må ta ansvar for egne handlinger understøttes i praksis av at infrastrukturforvalter i liten grad er blitt stilt ansvarlig for tilsvarende slike ulykker. Tilsvarende synes også å være praksis i andre europeiske land [29].

2.3.4 Økonomiske rammer

Både jernbaneforetakene og infrastrukturforvalter er interessert i å minimere egne kostnader. Etter jernbanereformen i 2017 og innføring av EUs jernbanepakker legges det opp til et forretningsmessig leverandør/kunde-forhold mellom jernbaneforetakene og infrastrukturforvalter. Jernbanedirektoratet forventes å ha interesse i totalkostnadene for jernbanesektoren, iallfall det som går på forholdet mellom infrastrukturforvalter og de jernbaneforetakene som har avtale om offentlig subsidiert trafikk. Det inkluderer kostnadene til Norske tog som i stor grad eier kjøretøyene brukt til denne trafikken.

2.4 Overordnet beskrivelse av totalsystemet

2.4.1 Oppgaveprofil

Se 2.2 om mål og krav.

2.4.2 Avgrensninger

Se 0.3 om omfang.

2.4.3 Forutsetninger

Se 0.5 om forutsetninger.

2.4.4 Analyser og krav som påvirker

Mellom Bane NOR og jernbaneforetakene gjelder følgende relevante krav

- Network Statement (NS) (nettbeskrivelse)
- Bane NORs tjenestekatalog (tjenester tilbudt og tilhørende avgifter)
- Strekningsbeskrivelse for jernbanenettet (SJN)
- Bane NORs standardvilkår for avregning av 16 2/3 Hz energi

Internt i Bane NOR gjelder i dag følgende relevante krav

- Teknisk regelverk Kontaktledning/Prosjektering og bygging/Seksjonering
- Teknisk regelverk Lavspenning og 22 kV/Prosjektering og bygging/Togvarme
- Teknisk regelverk Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Kraftsystem
- Veileder for Driftsbanegårder og hensettingsområder

Internt er det gjort flere analyser som kort er gjengitt i Vedlegg 3 Tidligere risikovurderinger:

- Grov risikoanalyse – Hensetting av skinnegående materiell (2005?) ([68])
- Grov risikoanalyse – Elsikkerhet ved arbeid og aktivitet i forbindelse med trafikkutøvelse (2006) ([42])
- Risikoanalyse el-sikkerhet ved hensetting av materiell (2010) ([28])
- Generisk risikoanalyse Hensetting under spenningssatt KL (2013) ([39])
- Fareidentifisering – Hensetting og bruk av togvarmepost (2017) ([38])
- Generisk fareidentifisering – Hensetting under spenningssatt KL (2017) ([37])
- flere prosjektspesifikke risikoanalyser

De to eldste risikovurderingene konkluderer med at risikoen knyttet til hensetting under spenningssatt kontaktledning er lav og at det kun er begrensede eller mindre tiltak som har tilstrekkelig nytte/kost forhold. Til og med hensetting av ikke klatrevennlige kjøretøy ved plattform aksepteres. Etablering av togvarmeposter anbefalese ikke. Dette resulterte i et sikkerhetssirkulære i 2006 og som ble repetert i 2008. Den tredje risikovurderingen ble laget etter et tilsyn hvor DSB etterspurte risikovurdering og tar ikke utgangspunkt i de to foregående vurderingene eller sikrulæret. De neste risikovurderingene vurderer og anbefaler ytterligere ALARP-tiltak. Det er uklart om tiltakene etter risikovurderingene er fulgt opp.

Ingen av kravsamlingene og analysene nevnt i dette avsnittet er førende for resultatet av herværende rapport. De gir informasjon om dagens status, men kan måtte endres om rapportens konklusjon og anbefalinger tilsier det.

2.4.5 Oversikt over strukturelle delsystemer

2.4.5.1 Delsystem rullende materiell

Kjøretøy kan ha ulike egenskaper:

1. Behov for strømforsyning ved hensetting avhengig av batterikapasitet
    1. Styring og kontroll av kjøretøyet (kommunikasjon, fremføring (regulering, lys, bremser, etc.), overvåking, dører etc.) til innsett og uttak
    2. Nødvendige driftsfunksjoner for kjøretøyet (trykkluftkompressorer, frostsikring, toaletter, kjøling av matvarer, batterilading etc.)
    3. Nødvendige servicefunksjoner for kjøretøyet (minimum kupelys, toaletter, stikkontakter, etc.)
    4. Passasjerkomfort (oppvarming, ventilasjon og kjøling)
    5. Ingen

2. Strømforsyningsgrensesnitt
    1. System 1 via strømavtaker 15000V 16,7Hz (kjøretøy med strømavtaker)
    2. System 2 via togvarmestikkontakt 1000V 16,7Hz (kjøretøy både med og uten strømavtaker)
    3. System 2 via togvarmestikkontakt 1000V 50Hz (kjøretøy både med og uten strømavtaker)
    4. System 3 via industrikontakt 400V 50Hz (kjøretøy både med og uten strømavtaker)
    5. Ingen ekstern strømforsyning mulig

3. Automatisk gjeninnkopling ved spenningsavbrudd
    1. Kopler automatisk inn
    2. Må koples manuelt inn

4. Effektbehov [6] [7] [8] (merk at effektforbruket varierer med temperatur og driftsmodus gjennom driftsdøgnet, høyest effektuttak er typisk ved rett før trafikk om morgenen [35])
    1. Maksimalt effektforbruk/installert ytelse
    2. Typisk effektforbruk

5. Tilgjengelig batterikapasitet, det vil si hvor lenge kjøretøyet kan være selvforsynt dersom ekstern strømforsyning bortfaller

6. Elektrisk lastkarakteristikk
    1. Varmemotstand – vekselspenningen forsyner direkte resistans
    2. Diodelikeretting – passiv likeretting av vekselspenning ved hjelp av ustyrt diodebro, gir lavere ordens overharmoniske strømmer
    3. Strømretter – aktiv omretting av spenning, gir høyere ordens overharmoniske strømmer
    4. Passivt filter – kapasitivt filter for reduksjon av overharmoniske strømmer

7. Effektfaktor
    1. Induktiv (typisk)
    2. Rent Ohmsk
    3. Kapasitiv (sjelden)

8. Plassering av inntak etter system 2 og 3 (dvs. der togvarmestikkontakten koples til kjøretøyet).

9. Elektriske tap (både forsynt via strømavtaker og via togvarmepost)
    1. Ingen/minimale
    2. Tomgangstap hovedtransformator
    3. Tap i nettstrømretter
    4. Energiforbruk til støttesystemer i drift (kjøling, pumper, kompressorer osv)

10. For å hindre skader på kontakttråden kan kjøretøy være utrustet med en anordning som hindrer at strømavtakeren senkes med høyspenningsbryter inne (kan føre til lysbue):
    1. Trykkvokter for strømavtaker som automatisk løser kjøretøyets høyspenningsbryter dersom lufttrykket som holder strømavtaker oppe blir for lavt (påkrevd i dag jf. Teknisk regelverk/Rolling stock/Supplementary information and regulations#Onboard power supply and control systems/Appendix e Approval of new trains. Pantographs and pantograph-overhead contact line interaction#Approval tests/Pantograph tests/Basic functions/Requirements)
    2. Annen løsning
    3. Ikke tilstede

11. Elektrisk sikkerhet
    1. Oppfyller EN 50153
    2. Oppfyller ikke EN 50153
    3. Ikke vurdert oppfyllelse av EN 50153

12. Høyspenningsanlegg på tak
    1. Ikke høyspenningsanlegg
    2. Høyspenningsanlegg som spenningsettes fra strømavtaker eller togvarmepost via hovedtransformator
    3. Høyspenningsanlegg som spenningsettes fra strømavtaker og som ikke kan spenningsettes fra togvarmepost via hovedtransformator

13. Forrigling mellom strømforsyningssystemr (1 og 2), slik at kjøretøyet kun kan spenningssettes fra en av dem om gangen (påkrevd i dag jf. Teknisk regelverk/Rolling stock/Supplementary information and regulations/Appendix d Requirements on rolling stock in Norway and Sweden regarding EMC with the electrical infrastructure and coordination with the power supply and other vehicles#Power supply/P14: Train pre-heating systems/Requirements)
    1. Automatisk forrigling
    2. Manuelle driftsrutiner
    3. Ingen

14. Typiske ståplasser på kjøretøyets utside
    1. Buffer (maksimalt 1,2 m over SOK)
    2. Kobbel (maksimalt 1,2 m over SOK)
    3. Ståplass for renhold av frontrute
    4. Stigtrinn (til) inngangsdør (typisk opp til 1,5 m over SOK)
    5. Gulv utside (for eksempel godsvogn (flatvogn) eller gangbane (typisk diesellokomotiv)) (typisk opp til 1,5 m over SOK)
    6. Kjøretøyets tak
    7. Motordeksel mv.
    8. Last (container, tømmer, etc.)

15. «Håndtak og fotfester» som kan brukes til klatring (nyere kjøretøy har generelt færre «håndtak og fotfester» enn eldre kjøretøy)
    1. Ved inngangsdør for fører (typisk opp til 3,2 m over SOK
    2. Ved stige opp til ståplass for renhold av frontrute (typisk opp til 2,7 m over SOK)
    3. Under frontrute for fører (typisk opp til 2,7 m over SOK)
    4. Speil (typisk opp til 3 m over SOK)
    5. Front- og baklykter (typisk opp til 3 og 2 m over SOK)
    6. Kabler mellom kjøretøy (typisk internt i motovognsett, kan fungere som stige)
    7. Antenner, horn m.v. på tak
    8. Kant på tak
    9. Stige til høyere ståplass, for eksempel kjøretøytak, motordeksel eller last (eks. for inspeksjon eller feilretting) med eller uten klatrevern

En oversikt over kartlagte egenskaper for eksisterende kjøretøy i Norge er angitt i Vedlegg 1 Oversikt over kjøretøy.

2.4.5.2 Delsystem Energi

- Kontaktledningsanlegg på hensettingsspor forsynt fra
    - Linjeavgang i koplingsanlegg – ofte bare en eller to forsyningsveier og som gir at elektrisk feil på hensettingsområdet fører til automatisk frakopling av linjen og frakopling av linjen gir frakopling av hensettingsområdet. Tilgjengeligheten til forsyningen er avhengig av stedlige forhold (objekter langs banen som krever frakopling for vedlikehold (tunneler, rasutsatte områder etc.), prosjekter som krever frakopling og forbimatingsmuligheter (mateledning, forbigangsledning eller autotransformatorsystem elutforming E med høye master)
    - Stasjonsavgang i koplingsanlegg – typisk tre eller flere uavhengige forsyningsveier som gir at frakopling av linjen og hensettingsområdet er

mindre avhengig av hverandre (for matestasjoner nær uavhengig), (foretrukken løsning for store stasjoner og hensettingsområder i nærheten av koplingsanlegg, jf. Teknisk regelverk/Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Koplingsanlegg#Systemkrav/Egenskaper/Behov for avganger)

- Kontakttrådhøyde
  - Minimum 5 m
  - Foretrukken løsning er opp til maksimum 5,6 m ved plattformer for å overholde avstandskrav mot direkte berøring (jf. Teknisk regelverk/Kontaktledning/Generelle tekniske krav# Beskyttelse mot direkte berøring av spenningsførende deler)

- Togvarmeanlegg og togvarmepost 1000 V forsynt fra
  - Eksternt energiverk på 50 Hz (påkrevd løsning i dag, jf. Teknisk regelverk/Lavspenning og 22 kV/Prosjektering/Togvarme#Togvarmeanlegg/Primærforsyning)
  - Intern langsgående infrastrukturforsying 50 Hz (tillatt på linje med ekstern 50 Hz forsyning)
  - Internt koplingsanlegg 16 2/3 Hz med eller uten direkte innmating (fra omformer)
  - Kontaktledningsanlegg 16 2/3 Hz uten direkte innmating

- Hensettingsspor og seksjonering av kontaktledningsanlegget
  - Spenningssatt – Spor som ikke kan seksjoneres fra resten av stasjonen og dermed må være spenningssatt så lenge det er spenning på stasjonen
  - Frakoplet – Spor som kan frakoples resten av stasjonen med håndbetjent skillebryter
  - Frakoplet og jordet – Spor som kan frakoples resten av stasjonen med toposisjons håndbetjent skillebryter og jordingskniv (påkrevd løsning i dag jf. Teknisk regelverk/Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering#Utførelser av seksjoner/Seksjonering på stasjonsområder/Frakopling av spenning for lastespor, hensettingsspor, m.v.).
  - Forriglet, frakoplet og jordet – Spor som må frakoples resten av stasjonen med toposisjons motorbetjent skillebryter og jordingskniv for å kunne benytte tilhørende togvarmepost på grunn av forrigling (påkrevd løsning i dag jf. Teknisk regelverk/Lavspenning og 22 kV/Prosjektering/Togvarme#Togvarmeanlegg/Område for togvarmeanlegget/Forrigling).

- Før spenningssetting (både manuelt og automatisk etter feil) fra koplingsanlegg prøves kontaktledningen for elektrisk feil (kortslutning) ved en prøveinnkopling. Stor tilkoplet last fra hensatte kjøretøy kan føre til at en et negativt prøveresultat blir positivt og innkopling av effektbryter hindres. (påkrevd i dag jf. Teknisk regelverk/Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Vern#Vern per vernet enhet/Vern av utgående linjer/Innkopling mot belastning).

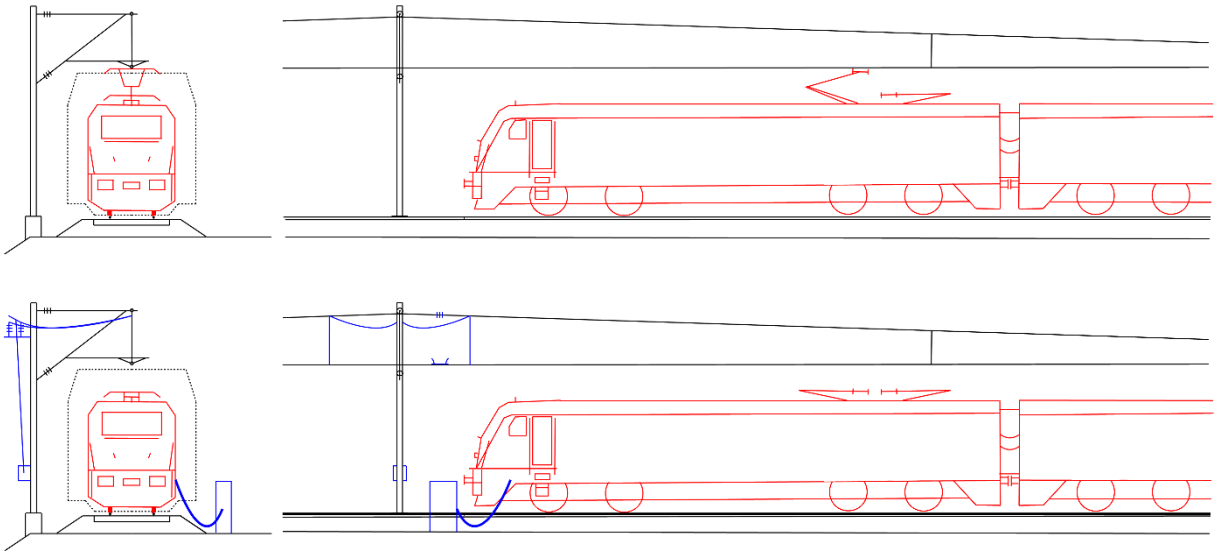
2.4.5.3 Delsystem Infrastruktur

- Hensettingssporene
  - Ubeskyttet fra område tillatt for publikum/allmennheten på en slik måte at allmennheten kan befinne seg ved kjøretøy uten å forstå at det utgjør fare og er forbudt, for eksempel spor ved plattform på stasjon. Sporet er tilgjengelig også for de som ikke bevisst vil oppsøke det
  - Beskyttet fra område tillatt for publikum/allmennheten på en måte slik at vedkommende må forstå at det utgjør fare og er forbudt, for eksempel ved advarselskilt og fysisk hinder. Sporene er kun tilgjengelige for de som bevisst vil oppsøke dem. (Påkrevd løsning i dag jf. Teknisk regelverk/Underbygning/Prosjektering og bygging/Gjerder)
  - Utilgjengelig for allmennheten, for eksempel innendørs

- Hensettingssporene
  - Ikke ved plattform
  - Ved serviceplattform (lav)
  - Ved sporstopper
  - Ved passasjerplattform

2.4.6 Systemskisse for totalsystem

Figur 1 viser snitt av hensettingsspor der kjøretøyet forsynes ved hjelp av system 1 fra kontatktledning via strømavtaker og system 2 fra togvarmepost via kabel og stikkontakt.

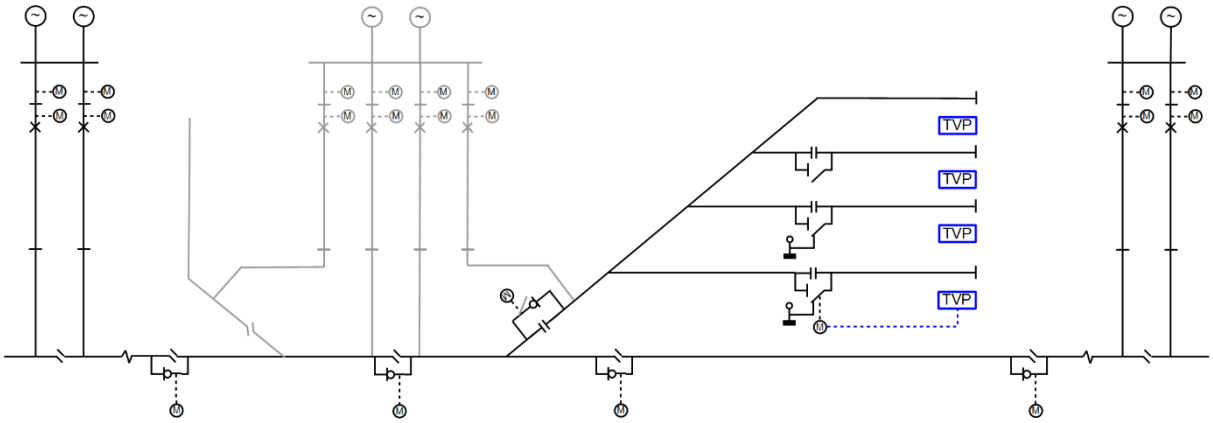


Figur 1 Øverst: Forsyning etter system 1 fra kontaktledning via kjøretøyets strømavtaker. Nederst: Forsyning via system 2 fra togvarmepost via kabel og stikkontakt til kjøretøyet og frakoplet kontaktledning ved hjelp av kontaktledningsbryter og seksjonsisolator (blå). Skissen er komprimert i sporets lengderetning.

Figur 2 viser forsyning til hensettingsområde i 16 2/3 kraftsystemet for to tilfeller

- Sort farge er forsyning gjennom linjeavgang i koplingsanlegg (helt til høyre og venstre i bildet). Forsyningen til hensettingsområdet er avhengig av at det ikke er frakopling på linjene bort til koplingsanlegget.

- Grå farge er eventuell forsyning gjennom stasjonsavgang i et nærliggende koplingsanlegg som har flere mulige innmatinger, enten fra omformeraggregater eller flere linjer.



Figur 2 Skisse av hensettingsområde langs en linje (eventuell jernbanestasjon ikke inntegnet) med ulike utforminger av hensettingssporene med tanke på seksjoneringsmulighet. Eventuelt tredje bane og koplingsanlegg er inntegnet med grått. I et slikt tilfelle vil inntegnede lastskillebryter på linjen utenfor koplingsanlegget og mellom linjen og hensettingsområdet ha normalstilling «åpen».

2.4.6.1 Systemeksterne grensesnitt

- Tekniske grensesnitt
  - Intern strømforsyning til kontaktledningen (kraftsystem 16 2/3 Hz) både til forsyning til kjøretøyenes strømavtaker og eventuelt 16 2/3 Hz togvarmeanlegg
  - Intern strømforsyning trefase 50 Hz fra langsgående infrastrukturforsyning 22 kV til togvarmeanlegg
  - Ekstern strømforsyning trefase 50 Hz fra stedlig energiverk til togvarmeanlegg
  - Energiavregningsløsning – kostnadsfordeling blant jernbaneforetakene
  - Fjernstyringsanlegg for elkraft (FJEL) – styring og overvåking av brytere og forsyningsanlegg
  - Signal og overbygning for koordingering av middel og dekning mot plassering av seksjonsisolator på hensettingsspor
- Organisatoriske grensesnitt
  - Ulike enheter hos infrastrukturforvalter
  - Jernbaneforetak (gods og persontrafikk)
- Fysiske omgivelser
  - Annen jernbanetrafikk (spor kan virke som en barriere)
  - Hensettingsområdets avstand og skjerming fra offentlig vei eller område (skole, gangveg, byområde etc.)
- Menneskelige grensesnitt
  - 1. part som skal betjene, drifte og vedlikeholde både kjøretøy og infrastrukturanlegg (lokomotivfører, skifter, togekspeditør, renholdspersonale, vedlikeholdspersonale etc.)
  - 2. part som er i nærheten av hensatte kjøretøy på jernbanestasjoner
  - 3. part som befinner seg i nærheten av hensettingsområdet eller hensettingssporet. Det kan være barn, voksne og utilregnelige

Deler av systemeksterne grensesnitt er vist i Figur 2.

2.4.7 Systeminterne grensesnitt

Se Figur 1:

- Kontaktledningsanlegg – Kjøretøy
  - Mekanisk
    - Strømavtaker med trykk mot kontakttråden
    - Ståplasser på kjøretøy og avstand fra spenningssatt del i kontaktledningsanlegget
  - Elektrisk
    - Spenning og frekvens
    - Overført effekt
    - Overharmoniske og dynamiske fenomener
    - Tilgjengelighet for spenning
- Togvarmeanlegg – Kjøretøy
  - Mekanisk
    - Utforming av togvarmestikkontakt og kontakt
    - Plassering av togvarmepost og inntak på kjøretøy
  - Elektrisk
    - Spenning og frekvens
    - Overført effekt
    - Overharmoniske og dynamiske fenomener, usymmetri
    - Tilgjengelighet for spenning
- Togvarmeanlegg – Kontaktledningsanlegg
  - Elektrisk
    - Eventuell forrigling slik at bare en av tilførselspenningene er tilgjengelige om gangen

2.4.8 Operasjonelle betingelser

Gjennomgang av erfaringsdata fra liknende systemer:

- Elsikkerhet med tanke på klatring på kjøretøy og nærhet til spenningssatt del:
  - Registrerte norske (Jernbaneverket/Bane NOR) tilstander, tilløp og skader relatert til personskade i høyspenningsanlegg er vist i Vedlegg 2 Oversikt over klatring på hensatte kjøretøy.
  - En oppsummering av tallene er gitt i Tabell 2. Minst tre av skadene har vært forårsaket av utilregnelig eller beruset uvedkommede unge menn. Forholdene skadene har skjedd under de senere år er beskrevet i 1.2.2.
  - Fra 1976 til 2006 har ti personer klatret på kjøretøy og kommet i berøring av spenningssatt kontaktledning hvorav fem til seks av skadene er påført gutter/unge menn i alderen 17 – 20 år i påvirket tilstand [42].
  - Registrerte svenske (Trafikverket) skader er vist i Tabell 3. 15 av de 20 skadene har skjedd på natten og 8 av skadene har skjedd i helg. Over 15 av skadene har vært på gutter eller unge menn. Forholdene skadene har skjedd under de senere år er beskrevet i 1.2.2.

Tabell 2 Oppsummering av registeringer i Synergi kode 10.01 Personskade i høyspenningsanlegg med tanke på klatring på kjøretøy siden 1999. A = ansatt/1. part, U = uvedkommen/3. part.

	Ellok	Diesellok	Elmotor-vogn	Passasjer-vogn	Gods-vogn	Arbeids-maskin	Ukjent
Skade	1U		4U	1U	1U	1U[14]	1A
Tilløp		1U, 1A	3U		1U, 1A		1U
Tilstand	1	1	2			10	

Tabell 3 Oppsummering av registrerte skader i Sverige siste 10 år [29]

	Ellok	Diesellok	Elmotor-vogn	Passasjer-vogn	Gods-vogn	Arbeids-maskin	Ukjent
Skade		1	2	3	12		

- Overkjøring (strømavtaker passerer seksjonering med utkoplet bryter og spenningsetter jordet hensettingsspor)
    - Seks tilfeller av at togekspeditør har stilt signal slik at skift har kjørt inn på jordet seksjon, ett tilfelle av at fører selv har vært årsak og et tilfelle som er uklart fra og med 2016 og frem til i dag
- De seneste 10 år er det registrert følgende i Synergi
    - En til to skader som følge av misforståelse under vedlikehold av 1000 V togvarmeanlegg (inkl. 1730 V)
    - En skade ved betjening av 1000 V togvarmeanlegg pga. mangelfull opplæring.
    - Tretilløp på grunn av at betjeningen har koplet ut feil togvarmepost før fjerning av togvarmekabel. Årsaken har vært misforståelse av hvilken post som hører til hvilket spor
    - Ett tilløp ved at kabel har ligget på bakken med ødelagt pilotkontakt
    - 18 tilstander der togvarmepost, kabel eller stikk er ødelagt (en rapport på 400 V, alle andre på 1000 V)

2.4.9 Drifts- og vedlikeholdsstrategi

Se 2.2 om mål og krav.

[14] Hendelsen skjedde på hensatt kjøretøy på linjen og ikke på hensettingsområde og er derfor mindre relevant for denne rapporten.

3 RISIKOVURDERING

Relevante farer er identifisert i tidlig fareidentifisering i 1.3.2 og tidligere analyser i 2.4.4. Dette er vurdert tilstrekkelig og det er ikke utført videre fareidentifisering. Fokus har vært på å vurdere risikoen ved de farene som er fremtredende og uavklarte.

Dette kapittelet gjengir og forklarer risikovurderingene gjort i Vedlegg 5 Risikovurdering. Eventuelle tiltak fremkommer som krav til respektive delsystem i kapittel 4 Systemkrav.

Risikovurdering av fare nummer 1 er utført høsten 2018 av

- Tore Telstad (driftsleder, Infrastrukturdivisjonen, Teknisk avdeling, teknologi og regelverk elkraft)
- Steinar Danielsen (Infrastrukturdivisjonen, Teknisk avdeling teknologi og regelverk elkraft)
- Terje Sivertsen (Digitalisering og teknologidivisjonen, Teknologi, utvikling og innovasjon)

Alle andre risikovurderinger er utført av Steinar Danielsen høsten 2018. Alle risikovurderingene er sendt til høring hos innkalte deltakere til oppstartsmøte (se [64]), assisterende driftsledere og Energi.

3.1 Sikkerhet

Et høyspenningsanlegg innebærer sikkerhetsrisiko. Farer knyttet til sikkerhet er gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Farer knyttet til sikkerhet

ID	Beskrivelse	Type fare	Tilhørende system
1	Klatring på kjøretøy under spenningssatt kontaktledning	Sikkerhet	Hovedsakelig 1, men også 2, 3 og 4
2	Flere ulike typer togvarmeanlegg	Sikkerhet	2 og 3

3.1.1 Fare 1 Klatring på kjøretøy under spenningsatt kontaktledning

Kontaktledningsanlegget i seg selv bygges etter forskrift for elektriske forsyningsanlegg (FEF) og risikoen knyttet til høyspenningsanlegget i seg selv er derfor i utgangspunktet akseptabel. Spesielt er imidlertid at kjøretøy står stille under kontaktledningen og på den måten kan gjøre spenningssatt del mer tilgjengelig. Risikoen ved dette skal vurderes iht. FEF §2-2.

Farebeskrivelsen er at en person klatrer på et kjøretøy og kommer innenfor risikoavstanden fra spenningsatt del. Det kan være kontaktledning eller utstyr på kjøretøytak.

Topphendelsen er *person skadet i eller ved spor*.

Ut fra samfunnets forventinger i 2.3.3 og operasjonelle betingelser (erfaring) i 2.4.8 er det ikke åpenbart at elsikkerhetsfaren ved klatring på kjøretøy er bredt aksepterbar, iallfall ikke for 3. part. Farer skal ifølge [22] punkt 2.4.1 da evalueres ved hjelp av ett av følgende prinsipper:

a) anvendelse av regler for god praksis
b) sammenligning med lignende systemer
c) tydelig risikoestimering

I det videre gjennomgås systematisk alle disse tre prinsippene for å se hvorvidt de kan hjelpe oss å håndtere risikoen.

3.1.1.1 Anvendelse av regler for god praksis

De grunnleggende kravene i Samtrafikkforskriften gjengitt i 2.3.1 synes ikke å være fulgt opp med tydelige parametere i TSI-ene tanke på denne faren. Det er derfor behov for å lete etter regler for god praksis mer spesifikt.

Regler for god praksis for elsikkerhet finnes, både i nasjonalt forskriftsverk generelt og i internasjonale standarder for jernbaneapplikasjoner spesielt. Tabell 5 viser hvordan elsikkerhet er håndtert for kombinasjonene av spenningssatt del og ståplass på jernbaneinfrastruktur og kjøretøy. Elsikkerheten ved ståplass på kjøretøy mot spenningssatt del i jernbaneinfrastruktur er kun håndtert i EN 50153 med krav om advarselskilt der det er adgang til forhøyede ståplasser på kjøretøyet hvor det er mulig å nå spenningssatte deler i kontaktledningsanlegget. For de tre andre kombinasjonene legges EN 50122-1 til grunn. Det er derfor naturlig å vurdere hvorvidt EN 50122-1 kan anvendes også for relasjonen kjøretøy-jernbaneinfrastruktur (kontaktledningsanlegg) for å redusere risikoen ytterligere.

Tabell 5 Håndtering av elsikkerhet i forskriftsverk og internasjonale standarder for spenningssatt del og ståplass på jernbaneinfrastruktur og kjøretøy

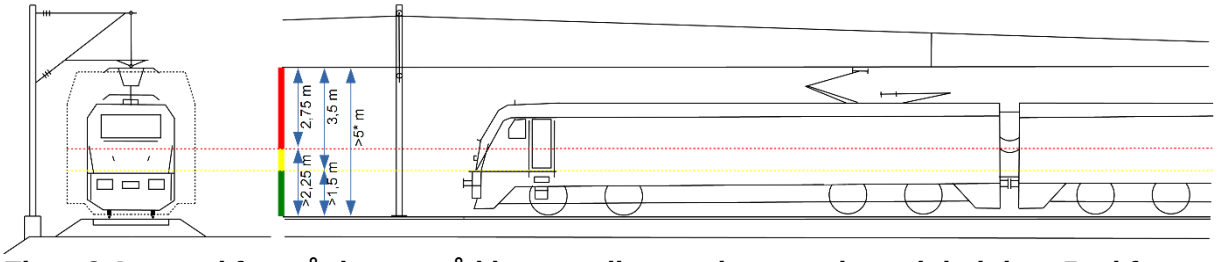
Spenningssatt del / **Ståplass**	**Jernbaneinfrastruktur**	**Kjøretøy**
Jernbaneinfrastruktur	FEF og ENE TSI viser til EN 50122-1	ENE TSI viser til EN 50122-1
Kjøretøy	EN 50153 om advarselskilt[15]	Kjøretøyforskriften, LOC&PAS TSI og WAG TSI[16] viser til EN 50153 som viser til EN 50122-1

EN 50122-1 angir minimumsavstander mellom ståplass og spenningssatt del for publikumsområder og adgangsbegrensede områder for å hindre direkte berøring (henholdsvis 3,5 og 2,75 m for jernbanestrømforsyningssystemet benyttet av Bane NOR). Utsiden av kjøretøy som ikke er beregnet for publikum er iht. jernbaneloven § 9 forbudt område og må derfor anses som adgangsbegrenset (ikke tilgjengelig for allmennheten).

Typiske ståplasser på kjøretøyets utside er angitt i 2.4.5.1 punkt 14. Avstandene for et kjøretøy under spenningssatt kontaktledning er vist i Figur 3 for en

[15] Arbeidsversjon av revidert EN 50122-1 håndterer elsikkerhet ved ståplass på publikumsområde på kjøretøy mot spenningssatt del i jernbaneinfrastruktur.
[16] Merk at kravene i Kjøretøyforskriften, LOC&PAS TSI og WAG TSI (og ENE TSI) gjelder nye kjøretøy (anlegg) og har ikke tilbakevirkende kraft. Eldre kjøretøy kan derfor avvike fra kravene i disse dokumentene.

kontakttrådhøyde på 5,0 m. Ståplassene buffer, kobbel, ståplass for rengjøring av frontrute, stigtrinn til førerdør og gulv oppfyller normalt avstandskravene for publikumsområde og alltid kravene til adgangsbegrenset område. Normalt er høyden større, spesielt ved plattform er den opp til 5,6 m.



Figur 3 Avstand fra ståplasser på kjøretøy til spenningssatt kontaktledning. Rød farge angir at avstanden er mindre enn 2,75 m, gul farge angir mindre enn 3,5 m og grønn farge angir mer enn 3,5 m. Kontakttrådhøyden er normalt høyere enn 5,0 m og vil dermed øke avstand fra ståplass til spenningssatt del.

En avstand på 2,75 m til spenningssatt del vurderes i dette arbeidet også å være godt nok for steder på kjøretøyets utside som ikke regnes som ståplasser, men som likevel er tilgjengelig ved klatring på grunn av ulike «håndtak og fotfester» (se 2.4.5.1).

For 1.part som skal utføre arbeid i eller nær/ved høyspenningsanlegg gjelder FSE med krav om to barrierer og følgende arbeidsmetoder

- *Arbeid på frakoplet anlegg* brukes dersom en kan komme innenfor sikkerhetsavstanden basert på arbeidets art (typisk 1,5 til 2 meter fra spenningssatt del). Kontaktledningen må være rimelig seksjonert for å legge til rette for frakopling uten å forstyrre togtrafikken.
- *Arbeid under spenning* brukes sjelden eller aldri i jernbanesammenheng.
- *Arbeid nær/ved spenningssatte deler* brukes av fører og andre for og førstelinjes vedlikehold av kjøretøyet og avstand fra ståplass til spenningssatt del etter Figur 3 er tilstrekkelig.

Alle 1.part som ikke skal gjøre arbeid i eller nær/ved høyspenningsanlegg skal være gitt opplæring i og rutiner for arbeid gitt av arbeidsgiver iht. arbeidsmiljøloven.

Regler for relevant praksis håndterer risikoen for 1.part, men bare delvis for 3.part. Det er usikkert om advarselskilting og avstand fra ståplass er tilstrekkelige barrierer når det kan være mulig å klatre på kjøretøyets utside ved hjelp av «håndtak og fotfester» i ulik grad. Derfor søkes risikoaksept videre ved sammenligning med lignende systemer.

3.1.1.2 Sammenligning med lignende systemer

Faren ved 3.parts klatring på kjøretøy er ikke håndtert i standarden EN 50562 [15] som identifiserer sikkerhetsfarer og definerer tiltak for et referansesystem for elektrisk jernbane. Oversikten i kapittel 1.2.2 viser at faren i liten grad håndteres av andre europeiske land utenom i Norge og Sverige.

Et lignende system kan imidlertid være klatring i høyspenningsmaster, både for generell energiforsyning og kontaktledningsmaster. FEF har et forskriftskrav om at kontaktledningsmaster skal være vanskelig å klatre i for allmennheten. Det betyr ikke

at klatring skal være umulig. Veiledningskravet for kontaktledningsmaster er advarselskilt og klatrevern (glatt klatrefri sone på minimum 1,8 m montert med nedre kant minimum 1,0 m og maksimum 2,0 m over bakken[17]. Veiledningskravet for generelle høyspenningsmaster i områder som er tilgjengelig for allmennheten er at de normalt skal ha en klatrefri sone på minst 2,5 m. Høyspenningsmaster plasseres i all hovedsak på områder som er tilgjengelig for allmenheten. Merk at forskriftskravet er «*vanskelig å klatre i*». Avstand på 1,8 m (2,5 m minus 0,7 m snø) er forklart i [47] og basert på [48]. Fra dette kan vi konkludere med at en vertikal avstand på 1,8 m uten mellomliggende elementer som åpenbart forenkler klatring er et tilstrekkelig krav. Andre tiltak for å vanskeliggjøre klatring er også akseptable.

Kjøretøyets utside kan ha *håndtak og fotfester* som kan brukes til klatring og som kan bringe personer (1., 2. og 3. part) nærmere spenningssatt del enn minimumsavstand for adgangsbegrenset område. Blant annet har LOC&PAS TSI har HMS-krav om håndtak for lokomotivfører. Kjøretøy kan også hensettes nær publikumsområder (for eksempel ved plattform).

Sammenligning med lignende systemer er vurdert å ikke kunne håndtere faren alene. «*Vanskelig å klatre i*» betyr ikke det samme som at klatring er umulig. Det vil fremdeles være mulig å klatre på kjøretøyets utside ved hjelp av *håndtak og fotfester*. Derfor søkes risikoaksept videre ved hjelp av eksplisitt risikoestimering.

3.1.1.3 Tydelig risikoestimering

Tidligere analyser i avsnitt 2.4.4 har ved hjelp av grovanalyse tydelig estimert følgende risiko:

- **Konsekvens**: Skade på en person opp til død, det vil si «*høy*»
- **Frekvens**: Hvert tredje år (erfaringstall) for hele jernbanenettet, det vil si «*lav*»
- **Risiko**: Kombinasjonen av «høy» konsekvens og «lav» frekvens gir «*middels*» risiko hvor «*tiltak skal vurderes*».

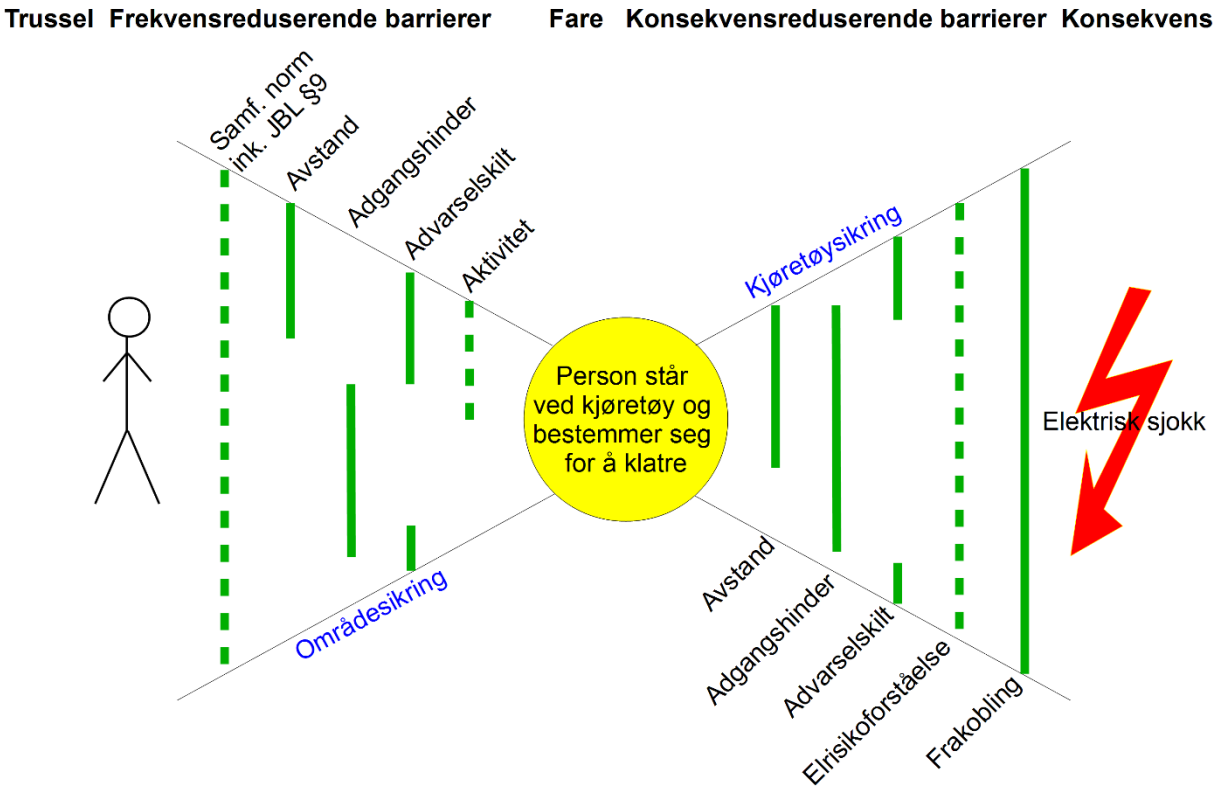
Tilsvarende risikovurdering er utført i Vedlegg 5 Risikovurdering. Statistikkgrunnlaget er for tynt til å gå videre med kvantitativte analyser. Det er derfor behov for andre analysemetoder for å avgjøre i hvilken grad risikoen er tolererbar og hvilke tiltak som eventuelt er nødvendige og hensiktsmessige. En metode er å ta for seg barrierene og de ulike persongruppene som utsettes for risikoen.

Barrierer: Vi ønsker å unngå konsekvensen *høyspenningsulykke* og kan derfor betrakte personene i forrige avsnitt som trusler. Konsekvensen kan hindres ved ulike barrierer. Barrierene kan være generelle eksisterende eller valgte spesielle tiltak. Dette er illustrert i Figur 4 ved hjelp av et «bowtie» diagram (sløyfediagram). Som sløyfeknute og sentral hendelse velges at *Person som står ved kjøretøy bestemmer seg for å klatre på dette*. Det er den hendelsen som skiller mellom de generelle barrierene på jernbaneområdet og de spesielle barrierene mot klatring. Barrierene er tegnet som loddrette streker og deles inn i

- *frekvensreduserende* som reduserer sannsynligheten for at personen står ved kjøretøyet og bestemmer seg for å klatre

[17] Selv om allmennheten bare har tilgang til kontaktledningsmaster på områder beregnet for publikum, jf. Jernbaneloven, i praksis på plattformer og ved planoverganger, har Bane NOR likevel valgt å oppfylle forskriftskravet for alle nye kontaktledningsmaster basert på ALARP.

- *konsekvensreduserende* som reduserer sannsynligheten for at avgjørelsen fører til høyspenningsulykke



Figur 4 Bowtie diagram for fare for at person klatrer på kjøretøy og kommer for nær kontaktledningen og får strømgjennomgang. Personen kan tilhøre ulike risikogrupper. Lengden på de (grønne) barrierene varierer for de ulike risikogruppene, se Tabell 6.

Følgende frekvensreduserende barrierer eksisterer med tilhørende svakheter:

- Jernbanelovens § 9 definerer hensettingssporet/-området og kjøretøyet som *forbudt område*. Svakhet: Uvisst hvor kjent denne bestemmelsen er i befolkningen og i hvilken grad berusede og ikke tilregnelige er i stand til å overholde den.
- *Samfunnsnormer* forteller hva som er naturlig adferd og ikke. Det er ikke naturlig å bryte barrierer og det er ikke naturlig å klatre på kjøretøy. Svakhet: Ulikt hvor sterkt normene står hos ulike personer.
- *Områdesikring* hindrer at allmennheten uforvarende kan forville seg inn på jernbanens område og utsettes for jernbanens farer og beskytte jernbanen rimelig mot allmennheten (hærverk (tagging) og tyveri) gjennom
    - *avstand* mellom publikumsområde og hensettingsspor. Svakhet: På noen jernbanestasjoner kan kjøretøy hensettes nær/ved publikumsplattform.
    - *adgangshinder* mellom publikumsområde og hensettingsspor (eks. gjerde for å hindre/redusere ferdsel på forbudt område iht. jernbaneloven mm. og trafikkert jernbanespor og hærverk/tyveri). Svakhet: Ikke mulig å sperre av hensettingsområder fullstendig pga. jernbanetrafikken og annen trafikk.

    - *advarselskilt* om forbudt område iht. jernbaneloven mm. ved adkomstveier og eventuelt på gjerde. Svakhet: Dårlig synlighet i mørke og at personer ikke respekterer skilt.
- *Aktivitet* gjennom tilstedeværelse av personell (1.part) nær hensatte kjøretøy, for eksempel skifting, drift og vedlikehold av kjøretøy, tilsyn, vakthold etc. kan virke avskrekkende. Svakhet: Lite forutsigbar, vanskelig å ha oversikt og følge med når en har annet arbeid.

Følgende konsekvensreduserende barrierer eksisterer basert på avsnittene om regler for god praksis og sammenligning med lignende systemer:

- *Kjøretøysikring* gjennom
    - *avstand* fra ståplass på kjøretøy til spenningssatt del i kontaktledningsanlegget og på kjøretøyet: Svakhet: Ikke internasjonalt standardisert.
    - *adgangshinder* gjennom at kjøretøy er vanskelig å klatre på. Svakhet: Vanskelig objektivt å beskrive hva som er vanskelig klatrebart, det er ikke internasjonalt standardisert. (Men i dette arbeidet er det etablert kriterier for vurdering av adgangshinder)
    - *advarselskilt* om høyspenning livsfare ved adkomst til alle forhøyede ståplasser hvor det er mulig å nå spenningsatte deler i kontaktledningsanlegget. Svakhet: Dårlig synlighet i mørket og at personer ikke respekterer skilt.
- Personens forståelse av at elektriske anlegg innebærer sikkerhetsrisiko (*elrisikoforståelse*). Svakhet: Uvisst hvor god denne forståelsen er i befolkningen, spesielt for barn/ungdom, berusede og ikke tilregnelige. Risiko ved bevegelse eller høyder er enklere å forstå.
- *Frakopling* av kontaktledningen som fjerner spenningssatt del. For kjøretøy som ikke oppfyller krav om kjøretøysikring er frakopling eneste konsekvensreduserende barriere. For arbeid nær ved gjelder FSE ved 1) frakopling og spenningsprøving og 2) sikring mot innkopling.

Det er spesielt tre barrierer som er viktige i praksis, det er adgangshinder som del av områdesikring og kjøretøysikring. Hver av dem kan i utgangspunktet være tilstrekkelig alene:

- Dersom kjøretøysikringen er tilstrekkelig kan områdesikringen frafalles, for eksempel nær ved publikumsområde. De fleste nye elektriske lokomotiver og personvogner er generelt glatte og vanskelige å klatre på. Krav for vurdering av hvor vanskelig det er å klatre på kjøretøy er foreslått i 4.1.1 Kjøretøysikring.
- Hensettingsområder ønsker en av allmennpreventive grunner å områdesikre uansett. Dersom kjøretøysikringen mangler stilles forsterkede krav til områdesikringen. Erfaringsmessig etter skader er det juridisk stort fokus på inngjerding og skilting. Skilting er viktig for å advare om farer i samfunnet generelt og farene ved å bryte de andre barrierene spesielt, det vil si forsterke de andre barrierene og håndtere restrisiko.
- Den eneste barrieren som med sikkerhet fjerner risiko er frakopling av kontaktledningen ved hensetting, men kan være uhensiktsmessig for effektiv jernbanedrift.

Sikkerhetsnivå og restrisiko avhenger av de totale barrierene, som primært utgjøres av kombinasjonen av områdesikring og kjøretøysikring. Å tillate en kombinasjon vil gi

bedre fleksibilitet i bruk av barrierene avhengig av omgivelsene. Et kjøretøy som er vanskelig å klatre på vil ha den egenskapen på alle hensettingsområder. Det er imidlertid viktig at det ikke er forhold ved hensettingssporet som gjør det enklere å klatre, eksempelvis faste eller løse innretninger nær kjøretøyet. Videre vil et flettverksgjerde som vern mot alminnelig ferdsel sammen med advarselskilting være godt nok uavhengig av sted. Dersom en erfarer at flettverksgjerde i enkelte områder ødelegges (eks. klippes gjennom), så må det velges andre typer gjerde som er mindre sårbare for sabotasje. På steder der risikoen vurderes som spesielt høy, eller spesielt lav, bør det gjøres spesifikke risikovurderinger. Dette for å finne et tilpasset nivå på barrier i et nytte-kost perspektiv.

Risikogrupper: Videre kan barrierene vurderes for ulike risikogrupper opp mot samfunnets (2.3.3) og Bane NORs (2.2.3) forventninger til sikkerhet for ulike hendelsesforløp. Tabell 6 viser en oversikt over risikogrupper med tilhørende karakteristikk og vurdert barrierebehov. Etterforskning av erfarte skader viser at det er stort fokus på hvilke barrierer som var tilstede, alternativt manglet, og hvilke som ble brutt. Dette er oppsummert i Vedlegg 2 Oversikt over klatring på hensatte kjøretøy.

For alle personene eksisterer det flere barrierer. Hvorvidt barrierene fungerer antas her å være avhengig av motivasjonen (tagging, selfie, tilstedeværelse av andre ungdommer mv.) og tilstanden (mental umodenhet, bruk av alkohol, oppvekstmiljø, sykdom, generell kunnskap/opplæring/forståelse m.v.) til personen (se bl. a. [43]). I noen tilfeller kan en også se for seg at barrierene ikke er uavhengige, for eksempel ved at advarselskilt er vanskelig å se i mørke eller dersom en person bevisst bryter et adgangshinder er sannsynligheten større for at personen også bevisst bryter neste adgangshinder.

Voksen 1. og 3. part forventes å kjenne farene ved sin aktivitet og ikke bryte områdesikring og kjøretøysikring når den er tilstede, blant annet på bakgrunn av advarselskilting. Klatring på kjøretøy er unaturlig og det er i dette arbeidet foreslått tiltak til standard sikringsmetoder basert på relevante regler for god praksis og sammenligning med lignende systemer andre steder i samfunnet, både i Norge og ellers i Europa. Disse gruppene anses derfor ivaretatt og risikoen bredt akseptert. Det har heller ikke vært praksis at infrastrukturforvalter stilles ansvarlig for ulykker med voksen tredjepart, beruset eller ikke.

Tabell 6 Oversikt over risikogrupper med tilhørende karakteristikk og vurdert effekt av de ulike barrierene. Siden jernbanens område som ikke er beregnet på publikum er forbudt for publikum blir 2. part til 3. part ved klatring på kjøretøy. X i tabellen angir at barrieren har signifikant effekt for risikogruppen.

Risikogruppe	Karakteristikk	Frekvens-reduserende barriere					Konsekvens-reduserende barriere					Erfaring skader
		Samf. norm	Avstand område	Adgangshinder område	Advarselskilt område	Aktivitet omrråde	Avstand kjøretøy	Adgangshinder kjøretøy	Advarselskilt kjøretøy	Elrisikoforståelse	Frakopling	
Voksen 1. part	Skal være instruert i farene ved høyspenningsanlegg									X	X	Oslo S 1999
Voksen/ungdom 3. part	Forstår farene når barrierer er tilstede og bærer ansvaret selv, jf. [15], [30]	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Loenga 2002, Bergen 2006
Voksen/ungdom 3. part	Umodenhet og påvirket av andre jf. [43], men god fysikk og utfordrer barrierer som de selv bærer ansvaret for			X	X		X	X			X	Filipstad 2002
Voksen beruset 3. part (selvpåført rus)	Ansvarlig for egen tilstand, bryter barrierer og bærer ansvaret selv		X	X		X	X	X			X	Ukjent 1998?, Stavanger 2007, Bergen 2017
Barn (3. part)	Umodenhet, begrenset erfaring og fysikk			X			X	X			X	Flere tilløp
Voksen ikke-tilregnelig 3. part	Dømmekraft som barn, impulsiv jf. [30]			X			X	X			X	Lodalen 2009

Det ligger i den norske samfunnskulturen å beskytte de som ikke kan ta vare på seg selv, for eksempel barn/ungdom og utilregnelige [65], [66]. Disse personene har begrenset forståelse av risiko i samfunnet. Bane NOR har et objektivt erstatningsansvar overfor disse i rettspraksis. Selv om de er en liten gruppe i samfunnet, er de overrepresentert i den begrensede statistikken. Det er derfor naturlig å gå videre for å se om det er ytterligere ting vi kan gjøre.

- Spesielt for faren er kombinasjonen av kjøretøy og høy spenning. Kjøretøy både i form av store maskiner og offentlige transportmidler tiltrekker seg mer oppmerksomhet enn høyspenningsmaster. Nyere persontogkjøretøy og elektriske lokomotiver glatte og generelt vanskeligere å klatre på enn eldre

kjøretøy hvor det er erfart skader (Eks. tp69, tp72[18] og El14.). For kjøretøy som ikke er vanskelig å klatre på har områdesikring stor betydning, alternativt frakopling.

- Karakteristisk for barn og ikke-tilregnelige er umodenhet med begrenset dømmekraft og impulsive handlinger. Denne impulsiviteten kan antas å samsvare med forutsetningen om uavhengighet mellom barrierene, som tidligere diskutert. Det vil si at disse personene bryter svake eller svekkede barrierer, men at andre, tydeligere barrierer vil stoppe dem. Eksempel er skaden i Lodalen (2009) der et eksisterende hull i gjerdet ifølge [30] var utløsende. Barn har i tillegg begrensede klatreferdigheter. For en stor del av risikogruppen anses derfor barrierene tilstrekkelige.
- De fleste ungdommer vil ha en relativt god fareforståelse og forholde seg til barrierer assosiert med disse. For denne risikogruppen kan gruppedynamikk (for eksempel ekstreme utfordringer for deretter å publisere på sosiale medier slik som «planking») spille en viss rolle, men adferden vil i slike tilfeller vanligvis være impulsbasert og uten noe bestemt mål. De fleste i denne risikogruppen kan derfor i likhet med barn og ikke-tilregnelige antas å gi opp forsøket dersom de møter tydelige barrierer. En svært liten del av risikogruppen har derimot et bestemt mål, for eksempel hærverk,tyveri eller såkalt «urban exploring». Det gjør at de har en viss risikoforståelse, blant annet gjennom å ikke ville bli oppdaget. De som da vil forsøke å overvinne barrierene, er svært vanskelig å sikre seg mot og de må derfor bære konsekvensene av egne handlinger, se for eksempel Filipstad (2002).

Tiltak:
Basert på vurderingen av barrierene i forrige avsnitt foreslås følgende tiltak:
Områdesikring i ulike kategorier, se

- Tabell 7
  - Avstand
    - Ingen relevante krav identifisert
  - Adgangshinder
    - Inngjerding og adgangsregulering
  - Advarselskilt
    - Krav om advarselskilt ved mulige adkomster til stasjoner, driftsbanegårder og hensettingsområder
- Kjøretøysikring i ulike kategorier, se Tabell 8
  - Avstand
    - Krav om minimum 3,5 m fra ståplass og 2,75 m fra fotfeste på kjøretøy (inklusive last) til spenningsatt del ved hensetting under spenningsatt kontaktledning (basert på EN 50122-1)
  - Adgangshinder
    - Krav om at kun kjøretøy som er vanskelige å klatre på kan hensettes under spenningsatt kontaktledning (basert på FEF krav til master)
  - Advarselskilt
    - Krav om advarselskilt ved adkomster til forhøyede ståplasser (eller fotfester) iht. EN 50153.
- Frakopling

[18] Tp72 har fått forbedret adgangshinder etter hendelsen i 2007

- Kjøretøy som ikke er vanskelig å klatre på for allmennheten skal ikke hensettes under spenningssatt kontaktledning uten omsluttende områdesikring og adgangsregulering.
- Krav om tilstrekkelig (minst ett) hensettingsspor uten kontaktledning eller med kontaktledning som kan frakoples per stasjons- eller hensettingsområde for å legge til rette for frakopling ved behov som ALARP-tiltak.
- Langtidshensatte kjøretøy som ikke har behov for strømforsyning, bør av ALARP-hensyn ikke hensettes under spenningssatt kontaktledning.
- Hensetting under spenningssatt kontaktledning ved plattform bør av ALARP-hensyn unngås.

- Dersom nevnte tiltak ikke er mulig eller hensiktsmessig skal det være kontinuerlig tilsyn rundt kjøretøyet.
- Krav om at det ikke må være elementer i nærheten av hensettingsspor som letter klatringen på kjøretøy.
- Kombinasjon av områdesikring og kjøretøysikring, se Tabell 9.

Tabell 7 Kategorisering av kjøretøysikring mtp. barrierer, se krav i 4.1.1

Kjøretøy-sikring / **Barriere**	**Tilfredsstillende**	**Nesten tilfredsstillende**	**Utilstrekkelig**
Avstand	Ja	Ja	Utilstrekkelig
Adgangshinder	Ja, vanskelig å klatre, dvs. krever spesiell koordinering og styrke	Ja, klatring krever planlegging og tydelig fysisk innsats, men som likevel ikke når helt opp til å vurderes som vanskelig	Utilstrekkelig
Advarselskilt		Ja	Utilstrekkelig

Tabell 8 Kategorisering av områdesikring mtp. barrierer, se krav i 4.2.1

Område-Sikring / **Barriere**	**Minimal** (eks. plattformspor)	**Normal** (eks. hensettingsspor på stasjon)	**Forsterket** (eks. hensettings-områder og gods-terminaler)
Avstand	Ingen, kan være nær/ved publikumsområde	N/A, dekket av adgangshinder	N/A, dekket av adgangshinder
Adgangshinder	Ingen	Alminnelig (1,8 m høyt mot publikum, alternativt flere jernbanespor)	Omsluttende (2,5 m høyt utenom adgangskontrollert port for 2.part i åpningstiden og jernbanespor som brukes til normal driftsadkomst
Advarselskilt	Ingen	Ja	Ja

Tabell 9 Kombinasjon av kjøretøysikring og områdesikring som tillater hensetting under spenningssatt kontaktledning

Kjøretøy-sikring / Område-sikring	Tilfredsstillende	Nesten tilfredsstillende	Utilstrekkelig
Minimal	JA	NEI	NEI
Normal	JA	JA	NEI
Forsterket	JA	JA	JA

Restrisiko:

- *Tolererbar* – Basert på gjennomgangen over vurderes barrierene generelt tilstrekkelige også for barn og personer som ikke evner å ta vare på seg selv. Det vil si at restrisikoen etter barrierene er *tolererbar* dersom tiltakene beskrevet nedenfor gjennomføres. Felles sikkerhetsmetode er fulgt og barrierene er basert på anvendelse av regler for god praksis og sammenligning med lignende systemer.
- *Akseptabel* – Vurderinger opp mot Bane NORs risikoakseptkriterier er gitt i Vedlegg 4 Bane NORs risikoakseptkriterier. Kravene til hensetting under spenningssatt kontaktledning tydeliggjøres og begrunnes slik at de kan etterleves sammenlignet med eksiterende krav og praksis. Det reduserer ikke sikkerhetsnivået. Videre er det ikke identifisert tiltak som med rimelig kostnad og konsekvens for jernbanedriften reduserer risikoen ytterligere. Risikoen er derfor også *akseptabel.*
- *Akseptabel* – DSBs krav om at elektriske anlegg ikke skal fremby fare kan som foreslått av DSB i [36] side 54 knyttes opp mot allmenn forventning om trygghet. Det foreslåtte barrierene har positiv også innvirkning på elsikkerheten for alle risikogruppene. Barrierene hindrer at personer uforvarende utsettes for faren. Vi oppfatter at resultatene av denne vurderingen også er på linje med allmenn forståelse akseptabel risiko i samfunnet. DSB forventer i tillegg en risikovurdering som beskriver hvordan eier/driver av anlegg håndterer eventuelle farer. Den risikovurderingen er utført og dokumentert med dette arbeidet.

3.1.2 Fare 2 Flere ulike typer togvarmeanlegg

Farebeskrivelse: Flere ulike typer togvarmeanlegg utgjør en sikkerhetsrisiko for drifts- og vedlikeholdspersonalet.

Vurdering: Følgende typer togvarmeanlegg er i dag beskrevet i teknisk regelverk:

- 50 Hz-anlegg med linjespenning på 1 000 V og en fase koplet til returkretsen (rent lavspenningsanlegg)
- 50 Hz-anlegg med linjespenning på 1 730 V og nullpunkt koplet til returkretsen (primærside av transformator er høyspenningsanlegg)

I tillegg finnes

- 16 ⅔ Hz-togvarmeanlegg med enfasespenning på 1 000 V (primærside av transformator er høyspenningsanlegg)
- trefaseforsyning 50 Hz 400 V (mulig økt omfang i fremtiden)

Elektrikere må forholde seg til flere ulike systemer, både IT-forsyning og TN-forsyning (TN-S, TN-C samt TT). Kontaktledningsmontører må forholde seg til ulike elektriske kontaktledningsutforminger, både enfase og tofase, se Teknisk regelverk/Kontaktledning/Prosjektering og bygging/Kontaktledningsutforming. Lokomotivførere og skiftebetjening håndterer daglig flere ulike typer kjøretøy som de har opplærling på. FSE gir overordnede regler for arbeid på elektriske anlegg som virksomheter må implementere for følge.

Bane NORs standard utforminger av elektriske forsyningsanlegg omfattes av Teknisk regelverk som stiller funksjonskrav (Teknisk regelverk/Lavspenning og 22 kV/Prosjektering/Togvarme, og i noen tilfeller løsningskrav) og driftsmerkingskrav. Det gir standardiserte betjeningsforhold, for eksempel instrukser. Dette gjelder foreløpig bare strømforsyningssystem 2.

Det skal ikke være noen forskjell i funksjonalitet for togvarmeposter. Alle togvarmepostene skal ha 1000 V mellom faseleder og returkrets, og alle togvarmeposter er TN-system. Slik det beskrives i dag er det kun den som er ansvarlig for selve togvarmeanlegget (transformatoren og transformatorrommet) som må forholde seg til at spenningen mellom fasene i noen av variantene kan være høyere enn 1000 V. Utenfor transformatorrommet skal ikke de ulike fasene være tilgjengelige i nærhet av hverandre og risikobildet er da helt likt.

FSE, kompetanseforskriften og arbeidsmiljøloven stiller krav om at en skal ha opplæring i det elektriske anlegget en jobber på. Strekningsbeskrivelsen inneholder betjeningsrutine for «Togvarmepost med forrigling».

Det er de siste 10 årene registrert et par skader og tilløp, samt flere tilstander i Synergi, se 2.4.8. Den ene skaden gjelder misforståelse hvorvidt en jobbet på høyspenningsanlegg eller lavspenningsanlegg. Tilløpene knytter seg til misforståelse av hvilket spor togvarmeposten betjener. Disse forholdene er ivaretatt av (oppdatert) Teknisk regelverk.

Risiko: Basert på vurderingen over aksepteres risikoen basert på regler for god praksis for utførelse av forsyningsanlegg for system 2 (1000 V togvarme). Nylig (2017) utført risikovurdering for togvarmeanlegg [38] identifiserer ikke risiko som endrer dette.

Tiltak: Dersom Bane NOR også skal tilby system 3 (400 V trefase) må det utarbeides regler for utforming av slike anlegg.

3.2 Pålitelighet, tilgjengelighet og vedlikeholdbarhet

Farer knyttet til tilgjengelighet og vedlikeholdbarhet er gitt i Tabell 10.

Tabell 10 Farer knyttet til tilgjengelighet og vedlikeholdbarhet

ID	Beskrivelse	Type fare	Tilhørende system
3	Redusert mulighet for vedlikehold av banen	Vedlikeholdbarhet infrastruktur	1 og 2 (16 2/3 Hz)
4	Midlertidig bortfall av forsyningsspenning	Tilgjengelighet kjøretøy	1, 2 og 3
5	Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet	Tilgjengelighet kjøretøy	1, 2 og 3
6	Depot problem (overspenninger)	Tilgjengelighet infrastruktur	1
7	Overkjøring inn på frakoblet og jordet seksjon	Tilgjengelighet infrastruktur og kjøretøy	2, 3 og 4
8	Usymmetri i trefasenettet	Tilgjengelighet	2 (50 Hz)
9	Strømavtaker siger fra kontaktledningen	Tilgjengelighet infrastruktur og kjøretøy	1
10	Sammenkopling av strømsystemer	Tilgjengelighet infrastruktur og kjøretøy	2 og 3

3.2.1 Fare 3 Redusert mulighet for vedlikehold av banen

Farebeskrivelse: Hensatt kjøretøy mister strømforsyningen fra kontaktledning via strømavtaker (system 1) på grunn av frakopling av kontaktledningen som brukes som tilførsel. Frakoblingen kan vare inntil noen timer for vanlig frakobling eller feil til et par dager i forbindelse med omfattende arbeid (vedlikehold, fornyelse, kobling til nyanlegg).

Konsekvens:

- Infrastrukturforvalter ikke får frakopling av kontaktledningen for arbeid på eller nær ved denne. Det medfører ytterligere redusert tilgjengelighet for vedlikehold mv. av jernbaneinfrastrukturen ettersom strømforsyning til hensatte kjøretøy behøves når det ikke er tog på linjen.
- Jernbaneforetak må akseptere at strømforsyning til hensatte kjøretøy har lav tilgjengelighet. Konsekvensen av manglende forsyning kan være nødnedstengning av kjøretøyet (inklusive tapping av vann) og manglende oppvarming/kjøling. Det kan medføre redusert komfort, i verste tilfelle forsinkelse.

Frekvens: Frakopling av kontaktledningen for arbeid på eller nær ved denne er vanlig og nødvendig driftsituasjon. For ett enkelt hensettingsområde er frekvensen av manglende forsyning avhengig av antall og lengde på uavhengige forsyningslinjer fra matestasjon. Det pågår for tiden mange prosjekter som krever gjentatte frakoblinger i togfrie perioder over en lengre tid (eks. fjellrensk, fornyelser) i tillegg til kontinuerlig nødvendig forebyggende og korrektivt vedlikehold. For en 80 lang enkeltsporet

matestrekning må en derfor forvente minst ett, sannsynligvis to steder med samtidig arbeid og frakopling når det ikke går tog.

En svært forenklet gjennomgang av eksisterende og planlagte hensettingsområder i vedlegg 10 indikerer at det er noen hensettingsområder der ikke alle forsyningsvegene kan overføre tilstrekkelig last og at det er flere hensettingsområder som kun har to uavhengige forsyningsveger. Disse bør vurderes nærmere.

Risiko:

- *Neglisjerbar* til *uakseptabel* avhengig av hensettingsområdets størrelse og tilgjengelig forsyning fra matestasjon.

Tiltak: Det er ikke identifisert kostnadseffektive tiltak som generelt reduserer risikoen, men følgende anbefales for risikoreduksjon:

- Ved planlegging av et hensettingsområde eller matestasjon/koplingshus må en vurdere problemstillingen ved valg av lokalisering og vurdere stedlige tiltak som sett i en større sammenheng gir høy kost nytte, for eksempel stasjonsavgang, autotransformatorsystem (elutforming E) eller egen mateledning som også gir økt overføringskapasitet og fleksibilitet i togtrafikken. Kostnaden blir lavere jo tidligere problemstillingen hensyntas, for eksempel i kraftsystemplanleggingen.
- Tilpasse produktene 1 og 2 (16 2/3 Hz) for de hensettingsområdene der dette fremdeles er et problem gjennom vilkårene og eventuelle reserveløsninger, for eksempel tilby system 2 (50 Hz).

3.2.2 Fare 4 Midleridig bortfall av forsyningsspenning

Farebeskrivelse: Hensatt kjøretøy mister strømforsyning på grunn av midlertidig (kortvarig eller lenger) bortfall av forsyningsspenning

Konsekvens: *Ingen* til *marginal:* Kjøretøy som trenger forsyning må enten koples inn automatisk eller manuelt når spenningen kommer tilbake. Konsekvensen av manglende forsyning kan være nødnedstengning av kjøretøyet (inklusive tapping av vann) og manglende oppvarming/kjøling. Det kan medføre redusert komfort, i verste tilfelle forsinkelse. Nye og sannsynligvis de fleste eksisterende elektriske kjøretøy har automatisk gjeninnkopling (alternativt forblir liggende inne) dersom spenningen på strømavtaker kommer tilbake innen rimelig tid. Det samme gjelder alle personvogner tilkoplet togvarmepost. I tillegg har de fleste elektriske kjøretøy batteriovervåking, temperaturovervåking eller lignende som gir melding til driftsoperativt senter dersom måleverdien blir for lav. Da kan de sende ut personale som kan kople inn, kople ned eller flytte kjøretøyet.

Frekvens: *Sjelden* til *ofte:* Kortvarig bortfall av forsyningsspenning er en påregnelig hendelse på grunn av feil, feilsøking og omkopling i forsyningen, spesielt for 16 2/3 Hz (se EN 50163 Annex C). Kontaktledningsanlegg spenningssettes i hovedsak både automatisk og manuelt gjennom effektbryter på linjeavgang i koplingsanlegg felles for et større område. Langvarig bortfall av forsyningsspenning fra stedlig netteier er sjelden.

Risiko:

- System 1 (strømavtaker):

    - *Ingen* for nye og de fleste eksisterende kjøretøy i Norge pga. automatisk gjeninnkopling
- System 2 (togvarmepost):
    - *Tolererbar* til *uønsket* for nye og de fleste eksisterende kjøretøy i Norge pga. automatisk gjeninnkopling (alternativt blir liggende inne uten å kople ut)
- System 3: Ikke vurdert

Tiltak:

- Angi i vilkår for produkt 1 og 2 at kortvarig frakopling er påregnelig og dermed krav om automatisk gjeninnkobling av kjøretøy.
- Automatisk spenningsetting av togvarmepost når spenningen kommer tilbake dersom den var spenningssatt før spenningen forsvant og vilkårene for spenningssetting fremdeles er oppfylt.
- Fjernovervåking av togvarmeanlegg slik at et kan gi kunder beskjed om å iverksette tiltak dersom forsyningsspenningen forsvinner over lenger tid.
- Togvarmeanlegg på 16 2/3 Hz bør forsynes fra egen avgang koplingsanlegg dersom dette finnes i nærheten

3.2.3 Fare 5 Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet

Farebeskrivelse: Manglende strømforsyningskapasitet på grunn av for lav dimensjonering.

Undersøkelse: For å kunne vurdere risikoen er det nødvendig med informasjon om effektbehov fra hensatte kjøretøy, se 1.1.1. Dette er forsøkt innhentet fra jernbaneforetak og ved fjernavlesing av elektrisitetsmålere om bord i kjøretøy der dette finnes, se
Vedlegg 1 Oversikt over kjøretøy.

Grovt er det funnet at effekt fra hensatte kjøretøy (personvogner og motorvognsett) kan ha karakteristikker for forsyningssystem 1 og 2[19] som angitt i Tabell 11.

[19] Informasjon om metode 2 har vært svært begrenset

Tabell 11 Oversikt over typisk effektforbruk for hensetting

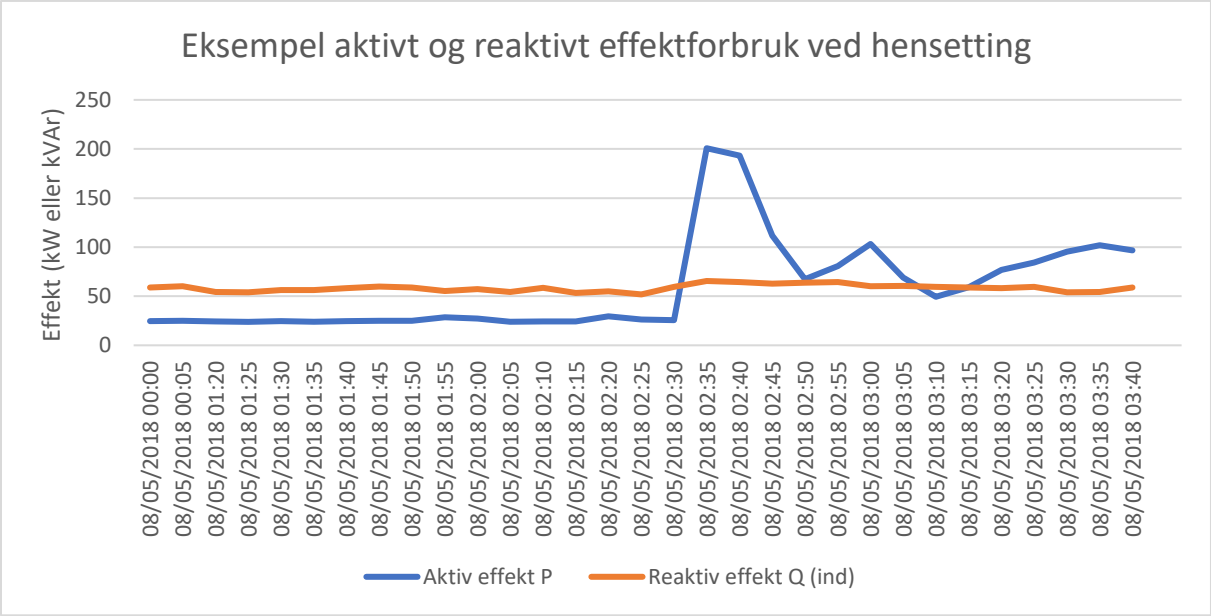
Forbruk	**Verdi**	**Kilde**
Installert effekt	–50–60 kW	Vedlegg 3, [58]
1. styring og kontroll av kjøretøyet (kommunikasjon, fremføring (regulering, lys, bremser, etc.), overvåking, dører etc.),	Neglisjerbar	Antatt
2. nødvendige driftsfunksjoner og servicefunksjoner for kjøretøyet (trykkluftkompressorer, minimum kupelys, frostsikring, toaletter, stikkontakter, kjøling av matvarer, batterilading etc.)	5–15 kW Effektfaktor 0,8 ved diodelikeretting	Standardvilkår energiavregning
3. passasjerkomfort (oppvarming, ventilasjon og kjøling).	10–15–25 kW	Sum minus punkt 2
4. tap hovedtransformator mm. for trekkraftkjøretøy[20]	2–10 kW	Vedlegg 3 [6]
Sum typisk forbruk hensetting avhengig av utetemperatur (store kortvarige variasjoner observert)	15–25–40 kW	Vedlegg 3 Vedlegg 7 Standardvilkår energiavregning
Etablering av 3. passasjerkomfort fra 2. nødvendige drifts og servicefunksjoner	10–20 minutter ved installert effekt (maks opp til 1 time)	Figur 5 [58]
Effektfaktor[21] avhengig av måten effekten mottas på og effektforbruk (høyere forbruk høyere effektfaktor): • diodelikeretting • PWM[22] nettstrømretter • Varmemotstand (ohmsk) • 1000 V togvarme	0,6–0,8–1,0 induktiv • < 0,8 • < 0,95 • 1,0 • > 0,85	 [54] Vedlegg 3 [58]

Eksempel på typisk forbruk av aktiv og reaktiv effekt for et motorvognsett er vist i Figur 5 som ikke vedlikeholder komforttemperatur gjennom natten, men etablerer den først rett før kjøretøyet skal i trafikk.

[20] Ved forsyning via metode 2 spenningsettes ikke hovedtransformator på Tp74/75

[21] Effektfaktor omfatter både grunnharmonisk reaktiv effekt og overharmoniske, dvs. $\lambda = \frac{cos\varphi}{\sqrt{1+THD^2}}$ hvor φ er vinkel mellom grunnharmonisk strøm og spenning og THD her total harmonisk forvrengning

[22] Puls-breddemodulering



Figur 5 Eksempel forbruk av effekt ved hensetting for et motorvognsett. Før kl. 02.30 forbrukes minimalt med aktiv effekt. Kl. 02.30 til 0245 etableres komforttemperatur som vedlikeholdes frem til avgang kl. 03.40.

Oppsymmert den innsamlede informasjonen over anslås forventet belastning for hensetting av elektrisk motorvognsett i størrelsesorden som vist i Tabell 12. Det statistiske underlaget er ikke tilstrekkelig til å si noe nærmere om temperaturvariasjonene. For kalde vinternetter vurderes et tillegg på 50 %.

Dimensjonerende maksimaleffekt gis sannsynligvis av at forsyningsspenningen er borte en stund og kommer tilbake igjen for alle kjøretøyene samtidig, se avsnitt 3.2.1 og 3.2.2. Det kan resultere i at alle kjøretøyene øker effektbehovet opp mot installert effekt for å redusere eventuelt temperaturavvik. Dersom frekvensen av slike felles hendelser er sjelden bestemmes maksimaleffekten av sammenlagring gitt av driftsmønster, kjøretøytype og lokalisering (temperatur).

Tabell 12 Forventet (størrelsesorden) kontinuerlig og maksimalt effektbehov fra ulike typer hensettingsområder ved hensetting av elektrisk motorvognsett med fire til fem vogner og effektfaktor 0,8.

Antall togsett	Typisk kontinuerlig effekt med effektfaktor ~0,8 (legg til ~50 % ved kald vinternatt)	Kortvarig maksimal effekt (10–20 minutter) med effektfaktor > 0,8
1	0,1 MW / 0,125 MVA (ind.)	0,20–0,25 MW / 0,313 MVA (ind.)
5	0,5 MW / 0,625 MVA (ind.)	1,0–1,25 MVW / 1,563 MVA (ind.)
20	2,0 MW / 2,5 MVA (ind.)	4,0–5,0 MW / 6,25 MVA (ind.)
50	5,0 MW / 6,25 MVA (ind.)	10,0–12,5 MW / 15,625 MVA (ind.)

Konsekvens: *Ingen til betydelig/kritisk* avhengig av hensettingsområdet størrelse og lokasjon – For store hensettingsområder (20–50 togsett) er forventet kontinuerlig effektbehov opp til 6–9 MVA med en toppeffekt på 15 MVA.

- System 1 og 2 (16 2/3 Hz): Effektbehovet tilsvarer en kontinuerlig strøm på 0,4–0,7 kA overført på 15 kV i kontaktledningen. Det er nær rundt kontinuerlig strømføringsevne for flere kontaktledningsutforminger under normerte forhold. Positivt teller at høyt samlet kontinuerlig effektbehov kun opptrer når

omgivelsestemperaturen er lav og strømføringsevnene er høyere. Anleggsdeler lite påvirket av omgivelsestemperaturen dimensjonerende, for eksempel i tunneler eller beskyttet forlegning. Det legges her til grunn at forsyningen til hensettingsområdet skjer bare gjennom en kontaktledning/ett spor pga. frakopling for vedlikehold av de andre. Effekten legger beslag på omformerkapasitet (enten for togfremføring eller for stopp av omformerenhet for vedlikehold).

- System 2 (50 Hz) og 3: Erfaring[23] er at 6–9–12 MW sjelden er tilgjengelig i trefasenettet. Det må sannsynligvis leveres på regionalnettsnivå etter eventuell oppgradering. Det kan være oppgraderingsbehov i trefasenettet allerede ved effektbehov på et par MW. Kontrollforskriften [56] angir at eksternt nettselskap kan kreve dekket hele eller deler av kostnadene for tilknytning eller kostnadsøkning av kunden (her Bane NOR). For store hensettingsanlegg kan en ikke regne med at nødvendig kapasitet er tilgjengelig i intern 22 kV langsgående infrastrukturforsyning. Kostnadene for en kapasitetsøkning i eget nett er derfor antatt å være i størrelsesorden med eventuelt anleggsbidrag til eksternt nett. For internt 22 kV nett finnes linjetrase, og anleggskostnadene kan reduseres dersom kapasitetsbehovet hensyntas ved opprinnelig planlegging og prosjektering.

Frekvens: *Sannsynlig* – Effektbehovet er kontinuerlig og vinterbehovet opptrer hvert år.

- System 1: Dimensjonerende tilfelle er når en eller flere av forsyningsvegene til hensettingsområdet er frakoblet pga. vedlikehold som vurdert i 3.2.1. En svært forenklet gjennomgang av eksisterende og planlagte hensettingsområder i vedlegg 10 indikerer at det er noen hensettingsområder der ikke alle forsyningsvegene kan overføre tilstrekkelig last og at det er flere hensettingsområder som kun har to uavhengige forsyningsveger. Disse bør vurderes nærmere. Totalt sett reduseres frekvensen til *usannsynlig* til *sjelden*.
- System 2/3: *Usannsynlig* til *sporadisk* på grunn av en forventning av generelt store anleggsbidrag

Risiko: Risikoen øker med effektbehovet. For enkelte store hensettingsområder er risikoen *uakseptabel*. Generelt for alle hensettingsområdene gjelder:

- System 1: *Neglisjerbar* til *uønsket*
- System 2/3: *Neglisjerbar* til *uønsket*

Tiltak:

- System 1 og 2 (16 2/3 Hz): Ved planlegging av stort hensettingsområde eller matestasjon/koplingshus må en vurdere overføringsevne og omformerkapasitet ved valg av lokalisering og vurdere stedlige forsterkningstiltak som sett i en større sammenheng gir høy nytte i forhold til kostnaden, for eksempel stasjonsavgang, autotransformatorsystem (elutforming E), egen mateledning eller forsterkningsledning. Kostnaden blir lavere jo tidligere problemstillingen hensyntas, for eksempel i kraftsystemplanleggingen.
- System 2 (50 Hz): Ved planlegging av stort hensettingsområde må en vurdere tilgjengelig effekt i trefasenettet områdekonsesjonæren. I noen tilfeller kan det

[23] Johan Seljås, 2018-10-14

være hensiktsmessig å overføre effekten i egen langsgående infrastrukturforsyning (22 kV) fra tilkoplingspunktet til områdekonsesjonæren, eventuelt etter oppgradering.
- Avklare nærmere kostnader (anleggsbidrag) for tilstrekkelig effekt til store hensettingsområder både for system 1 og system 2/3 før endelig beslutning tas
- Det kan være potensiale for effektreduksjon og energiøkonomisering gjennom senket innetemperatur. Det er usikkert om jernbaneforetakene i dag benytter en slik mulighet. Eventuell redusert stasjonær effekt kan føre til en kortvarig høy effekttopp rett før kjøretøyet går i trafikk, se eksempel i Figur 5. Den effekten kan forsynes via kontaktledning, enten under tomtogkjøring eller fortsatt hensetting, men kan redusere effektbehovet og -dimensjoneringen av togvarmeanlegg.

3.2.4 Fare 6 Depot-problem (overspenninger)

Farebeskrivelse: Elektriske kjøretøy forsynt via strømavtaker har elektrodynamiske egenskaper gitt av toppytelsen til kjøretøyet. Egenskapene er tilstede til tross for lavt eller ikke noe forbruk av aktiv effekt. Ved hensetting summeres disse egenskapene opp på grunn av et stort antall kjøretøy på samme sted. Faren er at strømforsyningen til hensettingsstedet kun dimensjoneres for det faktiske forbruket og ikke for de elektrodynamiske egenskapene. Dette omtales ofte som «depot problem». Følgende farer er identifisert
- overspenninger på grunn av overharmoniske
- elektrisk resonansustabilitet
- lavfrekvent ustabilitet
- spenningsstigning på grunn av kapasitiv reaktiv effekt
- høy innkoplingsstrøm til transformatorer

Vurdering: Forslag til revidert EN 50388 (del 2) [11] indikerer følgende grenseverdier for hvor risikoen ved overharmoniske og dynamiske fenomener ved et hensettingsområde overføres fra kjøretøyprodusent til infrastrukturforvalter:

A. Overspenninger pga. overharmoniske når sum maksimal effekt på hjul for hensatte kjøretøy overstiger fire ganger mateytelsen til hensettingsområdet.
B. Elektrisk resonansustabilitet når laveste resonansfrekvens for banestrømforsyningen i området er lavere enn høyeste frekvens hensatte kjøretøy er aktive (minimum 87 Hz), dvs. er i stand til å eksitere resonansene til ustabilitet.
C. Lavfrekvent ustabilitet når produktet av kildeimpedans (matestasjon og overføringsimpedans, eks. 1,5 Ohm) og sum maksimal effekt på hjul for hensatte kjøretøy (eks. 90 MW) overstiger 135–189 MW·Ohm (=1,5·90).

Disse grenseverdiene er lagt til grunn for ulike størrelser av hensettingsområder i Tabell 13 ved beregning av minimum matekapasitet og maksimum kildeimpedans. Tabellen viser at store hensettingsområder krever kraftig dimensjonert strømforsyning selv om effektbehovet er lite for å utelukke overharmoniske og dynamiske fenomener («depot problem»). Alternativt må kjøretøyene tilpasses de planlagte depotene. Dimensjonerende tilfelle er når en eller flere av forsyningsvegene til hensettingsområdet er frakoblet pga. vedlikehold som vurdert i 3.2.1. Statiske omformeaggregater har sannsynligvis lavere kildeimpedans mtp.

lavfrekvent stabilitet enn eksisterende roterende omformere med sin elektromekaniske resonansfrekvens[24].

Tabell 13 Sammenstilling av antall togsett, typisk effektforbruk, installert ytelse i hensatte kjøretøy (med tall for Tp74/75) og hva som etter foreslått definisjon vil være grensen for et depot hvor infrastrukturforvalter etter forslag i prEN50388-2 bærer risiko for overharmoniske og dynamiske fenomener.

Antall togsett	Typisk kontinuerlig effektforbruk	Installert ytelse kjøretøy	A: Mate-kapasitet under	C: Kilde-impedans	A og C tilsvarer omtrentlig
1	0,1 MW	4,5 MW	1,125 MW	30–42 Ω	< ~100 km enkeltsporet enfaseforsyning med ett omformeraggregat
5	0,5 MW	22,5 MW	5,625 MW	6,0–8,4 Ω	< ~20 km enkeltsporet enfaseforsyning med ett omformeraggregat
20	2,0 MW	90 MW	22,5 MW	1,5–2,1 Ω	< ~25 km tofaseforsyning
50	5,0 MW	225 MW	56,25 MW	0,6–0,84 Ω	< ~10 km enfaseforsyning

I norsk strømforsyning er kontaktledningen matet fra flere samkjørte matestasjoner. Det er derfor vanskelig å bestemme matekapasiteten til hensettingsområdet. Men vi vet at antall hensatte kjøretøy er størst på natta når matekapasiteten er minst på grunn av frakopling for vedlikehold, se 3.2.1. Dette vil være dimensjonerende.

De elektrodynamiske egenskapene til kjøretøyene er ikke kjent i detalj. Egenskapene varierer fra kjøretøy til kjøretøy og felles kjøretøygodkjenningsregimet i Europa begrenser tilgangen til detaljinformasjon. En vanlig måte å redusere overharmoniske og dynamiske fenomener på ved hensetting er å endre styringen av kjøretøyets nettstrømrettere til diodelikeretting ved lavt effektforbruk. Denne løsninger er anbefalt i forslaget til revidert 50388. Tp 74/75 diodelikeretter ved hensetting. Tp 71 og 73 diodelikeretter ikke. For å unngå lavfrekvent ustabilitet finnes det også potensiale for optimering av reguleringen til kjøretøyets nettstrømrettere sammenlignet med togfremføring fordi behovet for effekt og rask regulering er lavt.

Ved diodelikeretting kan ikke kjøretøyets nettstrømrettere kompensere for eventuell kapasitiv effekt fra passive filter og høyspenningskabler på kjøretøyet. Konsekvensen kan være spenningsstigning på grunn av kapasitiv reaktiv effekt. Dette er vurdert nærmere i Vedlegg 8 Vurderinger rundt kapasitiv reaktiv effekt som kommentar til foreslått revidert EN50388.

[24] Se for eksempel Teknisk regelverk Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Kraftsystem/Vedlegg/Kompatibilitetsstudie steg 1-7 (Informativt)#Characterisation of infrastructure/Special circumstances and experiences

Konsekvens:

- Overharmoniske, elektrisk resonansustabilitet og lavfrekvent stabilitet: *Marginal* til *betydelig/kritisk:* Overspenninger som kan føre til driftsforstyrrelser, forsinkelser, ødelagte overspenningsvern, redusert mulighet for frakopling for vedlikehold og i verste tilfelle kostbare forsterkningstiltak i banestrømforsyningen.
- Kapasitiv reaktiv effekt: *Marginal* til *betydelig/kritisk:* Høy linjespenning som hindrer tog i å mate tilbake ved elektrisk bremsing og i verste tilfelle redusert mulighet til frakopling for vedlikehold eller forsterkningstiltak (inklusive utvikling av parallellspole for forbruk av reaktiv effekt)
- Høy innkoplingsstrøm: *Ingen* til *marginal:* Vanskelig å spenningssette utgående avgang fra koplingsanlegg

Frekvens:

- Overharmoniske, elektrisk resonansustabilitet og lavfrekvent stabilitet: *Ukjent:* Det er ikke kjent hvor ofte konsekvensen kan oppstå. Tp74/75 som er dominerende kjøretøy i Norge i dag og mange år fremover benytter diodelikeretting som er foreslått tiltak og gjør at frekvensen anses som *usannsynlig.*
- Kapasitiv reaktiv effekt: *Usannsynlig* med nåværende forslag på maksimalt 60 kVAr per togsett som er iht. tidligere norsk-svenske krav.
- Høy innkoplingsstrøm: *Usannsynlig* til *sannsynlig:* Avhengig av antall hensatte kjøretøy, hvorvidt de har koordinert eller tilfeldig automatisk gjeninnkopling og vernutrustning på linjeavgang

Risiko:

- Overharmoniske, elektrisk resonansustabilitet og lavfrekvent stabilitet: *Akseptabel* gitt videreføring av foreslått krav i revidert EN 50388 generelt, men i dag og mange år fremover antas risikoen som *akseptabel* fordi tp74/75 benytter anbefalt tiltak.
- Kapasitiv reaktiv effekt: *Neglisjerbar* til *tolererbar* med nåværende forslag på maksimalt 60 kVAr per togsett som er iht. tidligere norsk-svenske krav.
- Høy innkoplingsstrøm: *Neglisjerbar* til *uønsket:* Avhengig av antall hensatte kjøretøy, hvorvidt de har koordinert eller tilfeldig automatisk gjeninnkopling og vernutrustning på linjeavgang

Tiltak:

- Risikoen ved overharmoniske, elektrisk resonansustabilitet og lavfrekvent stabilitet kan reduseres ved å bruke diodelikeretting som anbefalt i forslag til revidert standard.
- Krav om kompatibilitetstudie for store hensettingsområder der det hensettes kjøretøy som ikke diodelikeretter.
- Ved planlegging av et hensettingsområde eller matestasjon/koplingshus må en vurdere problemstillingen ved valg av lokalisering og vurdere stedlige tiltak som sett i en større sammenheng gir høy kost nytte, for eksempel stasjonsavgang, autotransformatorsystem (elutforming E) eller egen mateledning som også gir økt overføringskapasitet og fleksibilitet i

togtrafikken. Kostnaden blir lavere jo tidligere problemstillingen hensyntas, for eksempel i kraftsystemplanleggingen.

3.2.5 Fare 7 Overkjøring inn på frakoplet og jordet seksjon

Farebeskrivelse: Kjøretøy med hevet strømavtaker kjører inn på frakoplet og jordet hensettingsspor som fører til kortslutning.

Konsekvens: *Ingen* til *betydelig/kritisk* – I de fleste tilfeller vil vern løse og spenningen vil automatisk komme tilbake etter fem sekunder. I noen tilfeller kan kontaktledningen eller strømavtaker skades.

Frekvens: *Sjelden* til *sporadisk* – Overkjøring har skjedd flere ganger de seneste to årene, se 2.4.8.

Risiko: *Neglisjerbar* til *uønsket*. Resultatet sammenfaller med tilsvarende vurdering i [39].

Tiltak:

- Krav om at kontaktledning på hensettingsspor kun frakoples og ikke jordes.
- Krav om at normalstilling på kontaktledningsbryter til hensettingsspor er «lukket» slik at kontaktledningen er spenningsatt når det ikke er kjøretøy på sporet som krever frakopling.

3.2.6 Fare 8 Usymmetri i trefasenettet

Farebeskrivelse: Enfasebelastningene fra kjøretøyene forsynt fra togvarmepost gir usymmetri i trefase 50 Hz-nett. Faren gjelder system 2 (50 Hz). For system 3 håndteres risikoen gjennom relevante regler for god praksis ettersom EN 50533 [61] omtaler maksimal usymmetrisk laststrøm for å hensynta standardiserte krav i trefaseforsyning (EN 50160 [62]).

Undersøkelse: Kjøretøy som forsynes med system 2 er enfasebelastninger i trefasenettet. Usymmetrisk belastning av de tre fasene kan være et spenningskvalitetsproblem. Det er ikke mulig å fordele en varierende, enkelt enfasebelastning likt på de tre fasene ved hjelp av en transformator [44]. Det er behov for en enfase til trefase-omformer, enten roterende eller statisk. Graden av usymmetri og spenningskvalitetsproblem er avhengig av skjevbelastningens størrelse sammenlignet med kortslutningsytelsen i trefasenettet.

Maksimalkravet til spenningsusymmetri i trefasenett er 2 % iht. leveringskvalitetsforskriften [40] basert på [62]. Vedlegg 2 i [44] viser at høyeste enfaset laststrøm som oppfyller kravet i et i utgangspunktet ubelastet symmetrisk nett er 3,4 % av kortslutningsytelsen. Vanlig kortslutningsytelse i distribusjonsnett (11 kV) synes å være 50–150 MVA, i 22 kV eller regionalnett sannsynligvis ennå større. Det gir en tillatt skjevbelastning på 1,7 til 5,1 MVA som tilsvarer forventet belastning fra 17–51 elektriske motorvognsett jf. 3.2.3. Et hensettingsområde kan imidlertid ikke forvente å være eneste bidragsyter til usymmetri i trefasenettet.

Det er derfor mulig å fordele enfasebelastningen på de tre fasene og ved ta hensyn til sammenlagring i planleggingen av anlegget kan trefasenettet belastes mer symmetrisk.

Teknisk regelverk/Lavspenning og 22 kV/Prosjektering/Togvarme foreskriver to transformatorkoplinger:

1. Trefasetransformator med linjespenning 1 000 V og en fase koplet til returkretsen
2. Trefasetransformator med linjespenning 1 730 V med null koplet til returkretsen

I tillegg finnes en mulighet i

3. Tofasetransformator (Scott, Le Blanc eller Stenkvist-kopling)

For løsning 1 er det ikke mulig å fordele enfaselastene slik at sammenlagringen blir mest mulig symmetrisk fordi den ene fasen alltid vil ha last tilsvarende summen av de to andre. For løsning 2 og 3 kan sammenlagringen forbedres ved at sporbruken på hensettingsområdet og fordelingen av de ulike sporene/togvarmepostene på de tre fasene koordineres. Løsning 2 er en standard transformatorkopling med tre faser tilgjengelig for belastning. Løsning 3 er spesialkoplinger med to faser tilgjengelig for belastning.

Konsekvens: *Ubetydelig* økning av usymmetrien, i verste fall opp mot forskriftskravet.

Frekvens:

- System 2 (50 Hz): *Sannsynlig* for løsning 1 og *sporadisk* for løsning 2.
- System 3: *Usannsynlig* pga. relevante regler for god praksis [61]

Risiko: I verste fall *uønsket* til *tolererbar.*

Tiltak:

- Bruk løsning 2 for store anlegg.
- Koordiner sporbruk og fordeling av togvarmeposter på de tre fasene.
- Det finnes noen tekniske tiltak, men de er ikke vurdert i denne rapporten.

3.2.7 Fare 9 Strømavtaker siger fra kontaktledningen

Farebeskrivelse: Strømavtaker siger fra kontakttråden og danner lysbue.

Vurdering: LOC&PAS TSI stiller i 4.2.8.2.9.5 krav om minimum innstillbar statisk trykk fra strømavtaker til kontakttråd og i 4.2.8.2.9.10 stiller krav om max tid for senking av strømavtaker etter enten initiering fra fører eller togets kontrollsystem. Før senking skal høyspenningsbryter åpnes automatisk. Det er usikkert hvorvidt denne funksjonen dekker faren.

Konsekvens: *Marginal* til *betydelig kritisk* – skadet kontakttråd, i verste fall avbrent kontakttråd

Frekvens: *Sjelden* – har skjedd tidligere

Risiko: *Tolererbar* til *uønsket*

Tiltak:

- Krav om at kjøretøy skal åpne høyspentbryter før strømavtaker senkes uansett årsak (også ved feil) (trykkvokter synes som en standard løsning, men eksplisitte internasjonale krav er ikke funnet).
- Alternativt angi i vilkår for tjenesteleveransen at jernbaneforetak er ansvarlig ved eventuell skade pga. strømavtaker som siger.

3.2.8 Fare 10 Sammenkopling av strømsystemer

Farebeskrivelse: Ved betjening av togvarmepost eller kjøretøy kan strømforsyning fra kontaktledning og togvarmepost sammenkoples via kjøretøyet. Betjeningen foregår på togvarmepost eller i førerrom på kjøretøyet og ikke på sammenkoplingsstedet (for eksempel tilkoplingspunktet for togvarmestikk i kjøretøyet)

Vurdering: En forrigling mellom de to strømsystemene i infrastrukturen synes omfattende. Det vil kreve at spenning fra togvarmepost ikke kan leveres før kontaktledningen over kjøretøyet er frakoblet. Det synes mer nærliggende å løse problemstillingen i kjøretøyet der sammenkoblingen eventuelt gjennomføres.

Konsekvens: *Ubetydelig* til *marginal* – kortslutning mellom strømforsyningssystemene med vernutløsning. Kan føre til vernutkopling og kanskje noen skader.

Frekvens: *Sporadisk* til *sannsynlig* – uten forrigling eller rutiner fordi situasjonen for lokfører er uoversiktlig med store avstander.

Risiko: *Uønsket*

Tiltak:

- Krav om forrigling i kjøretøy mot å sammenkople spenning fra kontaktledning og togvarmepost. På eksisterende kjøretøy uten forriglingsmulighet er det tilstrekkelig med manuelle rutiner for å senke strømavtaker før tilkopling til togvarmepost og frakopling av togvarmepost før heving av strømavtaker.

3.3 Økonomi og marked

Tabell 14 Momenter knyttet til økonomi

ID	Beskrivelse	Type fare	Tilhørende system
11	Kostnader for tilbudt produkt	Økonomi	1, 2 og 3
12	Energiavregningsmetode	Økonomi	1, 2 og 3

3.3.1 Fare 11 Kostnader ved valgt og tilbudt produkt

Farebeskrivelse: Bane NOR tilbyr en produktportefølje som er økonomisk ufordelaktig for jernbanesektoren totalt sett.

Vurdering: Se detaljer under om:

- Kostnadssammenligning produkter
- Hvilke strømforsyningssystemer kan eksisterende kjøretøy håndtere?
- Hvilke strømforsyningssystemer kan fremtidens kjøretøy håndtere?
- Hva er jernbaneforetakenes preferanser?

Det er utført en grov sammenligning av investerings- og driftskostnader for de tre systemene som vist i Vedlegg 9 Kostnadssammenligning basert på dagens prisstruktur og forutsetninger som er følgende:

- Ett togsett tp74 hensettes 8 timer per dag på Kongsvinger stasjon hvor lokomotivfører bruker 6 minutter hver dag for å kople til og fra togvarmepost
- Investeringskostnader for kjøretøy iht. 1.1.3. For tp74 er investeringskostnadene i praksis allerede tatt ettersom togsettene er levert med tilkoplingsmulighet for system 2, men det er ikke hensyntatt i utregningen.
- Investeringskostnader for infrastruktur iht. Vedlegg 9. Togvarmepostkostnad på 2 MNOK per post er lagt til grunn basert på billigste erfaringsprosjekt. Det er knyttet stor usikkerhet til disse tallene. De fremstår for Teknologi og regelverk som høye.
- Eksterne nett og kraftkostnader basert på erfaringstall siste år[25]
- Analyseperiode og levetid på kjøretøy og infrastruktur på 40 år med kalkulasjonsrente 4 %
- Ingen kostnad for skade ved klatring på kjøretøy på grunn av tilstrekkelig område- og kjøretøysikring, se 3.1.1.
- Ingen kostnad for ulemper forsyning på 16 2/3 Hz påfører banestrømforsyningen og jernbanesystemet (minstepakken), se 3.2.1, 3.2.3 og 3.2.4. Ei heller er det inkludert eventuelt anleggsbidrag for forsterkning av 50 Hz iht. 3.2.3.
- Det er ikke differensiert på kostnader for øvrig for hensettingsområdet/-sporet, for eksempel ulikt arealbehov.
- Det er ikke skilt på kostnader for jernbaneforetak og infrastrukturforvalter ettersom det er totalkostnadene som teller. For tilleggstjenester vil infrastrukturforvalter søke å få dekket alle sine kostnader gjennom avgifter til jernbaneforetakene. Det er ikke beregnet fortjeneste.

Resultatene er vist i Tabell 15. Totalkostnadene over 40 år for system 1 er i dag halvparten av kostnadene for system 2 og 3. Det skyldes stor forskjell i investeringskostnader. De årlige kostnadene er i størrelsesorden like (innenfor usikkerheten).

Tabell 15 Enkel sammenligning av investeringskostnader, årlige driftskostnader og nåverdi totalkostnader for de ulike systemene for ett togsett og ett hensettingsspor med en togvarmepost. Alle tall i 1000 kr.

	System 1	System 2 (50 Hz)	System 2 (16 2/3 Hz)	System 3
Investeringskostnader	0	2 500	2 500	2 200
Årlige kostnader	128	132	141	132
Nåverdi kostnader	2 543	5 121	5 287	4 821

Det er identifisert tre mangler ved denne sammenligningen som vesentlig reduserer påliteligheten:

- Ulempekostnadene som system 1 eventuelt påfører banestrømforsyningen og jernbanesystemet for å utnytte strømforsyningsutstyret i minstepakken er

[25] Blant annet basert på erfaringstall fra Energi Marked 2018-08-28

svært vanskelig å estimere og ikke medregnet, se 3.2.1, 3.2.3 og 3.2.4. Det er en vesentlig usikkerhet, og den svært forenklede vurderingen av forsyning til hensettingsområder i vedlegg 10 indikerer at problemstillingen for noen områder kan være reell. Eventuelle kostnader for økt strømforsyningskapasitet eller tilgjengelighet 16 2/3 Hz må inkluderes i budsjettet for det enkelte hensettingsområdeprosjekt og dekkes inn enten ved kontrakt med Jernbanedirektoratet eller ved brukerbetaling.

- System 1 forutsetter bruk av strømforsyningsutstyr som er nødvendig for levering av den minste pakken av tjenester. Den interne nettleien for bruk av 16 2/3 Hz kontaktledningsanlegg og matestasjonsanlegg er kunstig lav i dag. I følge Bane NORs tjenestekatalog [55] prises kun den mekaniske slitasjen på kontaktledningsanlegget og bruk av matestasjoner prises ikke i dag i det hele tatt som en del av avgiften for minstepakken. Jernbaneforskriften §6-2 angir at avgiftene for bruk «skal fastsettes til kostnaden som oppstår som direkte følge av den enkelte togtjenesten». Det er altså grunn til å tro at den interne nettleien skal øke i fremtiden for å reflektere de reelle kostnadene, og det må forventes at hensatte kjøretøy som gjør bruk av strømforsyningsutstyr beregnet for minstepakken også må betale for dette. Denne kostnaden synliggjøres både som et anleggsbidrag som hensettingsanlegget skal betale eller som en årlig kostnad.
- Eventuelle anleggsbidrag for tilstrekkelig strømforsyningskapasitet i trefasenettet er heller ikke medregnet. I følge 3.2.3 kan disse bli betydelige. For system 2 (50 Hz) og 3 er noe anleggsbidrag inkludert i tallene for togvarmeanlegg.
- Kostnaden for system 2 er usikker:
    - Togvarmetilkobling for system 2 på eksisterende kjøretøy er allerede tatt ved at de har utrustningen som skal til for å motta strømforsyning fra det systemet. Det reduserer kostnaden med 0,5 MNOK.
    - 2 MNOK per togvarmepost synes høy.
    - Antall togvarmeposter kan reduseres dersom flere togsett som likevel er sammenkoblet (dobbeltsett) kan forsynes fra samme post
    - Tidskostnaden for lokomotivfører for til- og frakobling av togvarmepost er svært avhengig av situasjonen (om tiden kommer i tillegg til ordinær tjeneste eller om fører uansett har tilsyn med kjøretøyet) og kjøretøyet (krever svak kjøretøysikringen og områdesikringen at kontaktledningen over kjøretøyene frakobles?)

Det er derfor mulig at kostnadene knyttet til system 1 på sikt øker. For at kostnadene for system 1 skal tilsvare kostnadene for system 2 trenges enten investeringskostnad (i år 0) på 2,7 MNOK eller en årlig kostnad på 0,135 MNOK per togsett/hensettingsplass. Når investeringskostnadene nødvendig for system 2 allerede er tatt (slik som for Tp73/74/75 og 78 i dag), kan det tenkes at ulempekostnadene ved system 1 gjør at system 2 er økonomisk fordelaktig. For å få et inntrykk av tilsynelatende kostnadsdifferanse på system 1 og 2 er ulike størrelser hensettingsanlegg sammenlignet med kostnader for forsterkningstiltak i banestrømforsyningen Tabell 16.

Tabell 16 Differansekostnad mellom forsyning system 1 og 2 (50 Hz) angitt som ren investeringskostnad og ren årlig kostnad. Alle tall i 1000 kr

Antall togsett	Diff. Investeringskostnad.	Diff. Årlig kostnad	Sammenlignbar investeringskostnad
1	2 700	135	
5	13 500	675	10–20 km autotransformatorsystem
20	54 000	2 700	> 50 autotransformatorsystem
50	135 000	6 750	Liten omformerstasjon (eks. Gjøvik)
423[26]	1 142 000	57 000	

Konseptet beskrevet i 1.3 legger til grunn at valg av strømforsyningssystem må bestemmes av hva markedet (jernbaneforetakene) etterspør innenfor akseptabel risiko for infrastrukturforvalter. I den forbindelse er det kartlagt følgende:

Hvilke strømforsyningssystemr kan eksisterende kjøretøy håndtere? (se Vedlegg 1 Oversikt over kjøretøy)

- Alle eksisterende elektriske trekkraftkjøretøy kan motta strømforsyning via strømavtaker til kontaktledning (system 1)
- Alle eksisterende persontogkjøretøy kan motta strømforsyning via togvarmekabel fra 1000 V togvarmeanlegg (system 2), men unntak av tp69 som kun kan motta nødstrømforsyning
- Eksisterende personvogner kan kun motta strømforsyning via togvarmekabel 1000 V fra togvarmeanlegg (system 2) med mindre de er tilkoplet lokomotiv
- Eksisterende godslokomotiver har begrenset behov for strømforsyning og rigges normalt ned (det kan være ønske om strømforsyning når det er svært kaldt for å forbedre påliteligheten til kjøretøyet)
- Få kjøretøy (enkelte lokomotiver og dieselmotorvogner) kan motta strømforsyning fra 400 V togvarmeanlegg (system 3)
- Flere godslokomotiver hensettes til en stor grad nedrigget uten strømforsyning (system 4)

Hvilke strømforsyningssystemr kan fremtidens kjøretøy håndtere?

- Fremtidens kjøretøy som har behov for strømforsyning når de er hensatt må tilpasses tilbudte serviceanlegg og tilleggstjenester [65].
- Elektriske motorvognsett i Europa produseres normalt uten mulighet for strømforsyning fra togvarmepost 1000 V (system 2) ettersom de kan motta strømforsyning fra kontaktledningen via strømavtaker (system 1)
- Det kan hende at flere motorvognsett og personvogner i fremtiden kan motta strømforsyning fra togvarmepost 400 V (system 3) ettersom dette ser ut til å etablere seg som en intern distribusjonsmetode i kjøretøyene, baserer seg på industrielle standardkomponenter og standardiseres for økte ytelser.

Hva er jernbaneforetakenes preferanser? (jernbaneforetak i Norge i dag er forespurt)

- Flytoget ønsker forsyning fra kontaktledning via strømavtaker
- Ingen andre jernbaneforetak har svart[27]

[26] Antall nye kjøretøy som skal hensettes på Østlandet, 2.2.2.
[27] NSB har slik rapportskriver oppfatter det tidligere oppgitt divergerende preferanser.

- Uavhengig av svar fra jernbaneforetakene er det identifisert en nytte av strømforsyning til lokomotiver når det er kaldt for frostsikring/reduksjon av driftsfeil. System 3 (400 V) kan være hensiktsmessig å vurdere)

Konsekvens: *Ubetydelig* til *marginal* til *betydelig/kritisk*: Avhengig av

- Forholdene ved det enkelt hensettingsområde, se 3.2.1, 3.2.3 og 3.2.4. Konsekvensen varierer fra bedre utnyttelse av eksisterende banestrømforsyningsanlegg til store anleggsbidrag eller ulempekostnader.
- Hvorvidt det er ønskelig med tilbud av et likt produktspekter på alle Bane NORs hensettingsområder eller om det kan være stedlige tilpasninger som stiller ulike krav til kjøretøy. Dvs. system 1 på noen anlegg og system 2/3 på andre anlegg.

Frekvens: *Usannsynlig* til *sjelden*: Hender muligens en gang i levetiden for hvert enkelt hensettingsområde

Risiko: *Uønsket* til *neglisjerbar*: For å ha kontroll på utviklingen av risikoen anbefales tiltak som gjør at den kan aksepteres av infrastrukturforvalter.

Tiltak:

- Utrede og avklare nærmere fremtidig kostnadsregime for minstepakken (bruk av strømforsyningsutstyr) og tilleggstjenester (forvarming av passasjertog) før endelig kostnadsammenligning utføres (Restrisiko: *Akseptabel*)
- Avklare produktporteføljе strategisk i organisasjonen, gjerne også med kontakt med kunder (jernbaneforetakene) og Jernbanedirektoratet som til slutt vil være den part som uansett vil måtte bære mesteparten av kostnadene. (Restrisiko: *Akseptabel*)
- Inkludere strømforsyning til hensetting i kraftsystemplanleggingen. (Restrisiko: *Akseptabel*)

3.3.2 Fare 12 Energiavregningsmetode

Farebeskrivelse: Vanskelig å avregne energi levert til hensatte kjøretøy

Konsekvens:

- System 1: *Marginal* – Energi til system 1 avregnes i dag etter samme etter samme måte som bruk av strømforsyningsutstyr i minstepakka og tilleggstjenesten kjørestrøm. Det vil si som et rent energiledd og i hovedsak ved hjelp av elektrisitetsmåler med tidsoppløsning og lokaliseringsfunksjon. Underlaget [53] for avregningsvilkårene med tanke på elektriske tap skal nå revideres og effektledd ligger til vurdering. I så tilfelle bør hensetting vurderes med tanke på en egen tariff, for eksempel ved bruk av lokaliseringsfunksjonen. Det vil si at det må gjøres endringer i energiavregningssystemet ERESS for å kunne skille mellom hensetting og trafikk forøvrig. Det er ikke vurdert i detalj hvordan et slikt skille skal eller kan etableres og hvor mye arbeid det er å endre på ERESS.
- System 2 og 3: *Marginal* – For system 2 og 3 utføres energiavregningen i dag manuelt. Det er håndterbart i dag fordi mesteparten av forsyning fra togvarmeanlegg er forutsigbar gitt av ruteplan. Dersom bruk av togvarmeposter og antall jernbaneforetak i fremtiden øker kan det hende at situasjonen ikke lenger er håndterbar med dagens avregningssystem. Det har

vært vurdert automatiske system for fordeling av energikostnad til de ulike jernbaneforetakene etter bruk av togvarmeposten, men det er ikke fullført.

Frekvens:

- System 1: *Sjelden* – Forventet å hende en gang i systemets levetid
- System 2 og 3: *Sjelden* – Forventet å hende en gang i systemets levetid

Risiko:

- System 1: *Tolererbar*
- System 2 og 3: *Tolererbar*

Tiltak:

- Ingen

3.4 Oppsummering

Tabell 17 oppsummerer vurdering av risiko for hver fare før tiltak og restrisiko etter at tiltak er gjennomført. For flere av farene er risikoen angitt som et spenn der den faktiske risikoen vil vurderes ulikt for hvert hensettingsområde, avhengig av blant annet konkret plassering, antall hensatte tog, utformingen av strømforsyning til hensettingsområdet, og hvor tidlig i planleggingen de aktuelle farene håndteres.

For noen av farene er det angitt opp til «Uønsket» risiko også etter gjennomførte tiltak. Dette er et resultat av at tiltak som kan redusere risikoen til «Tolererbar» eller «Akseptabel» i alle tilfeller forutsetter at disse forholdene tidlig blir del av planleggingen av et hensettingsområde. Jo tidligere slike forhold tas inn i planleggingen av et hensettingsområde, jo større sannsynlighet er det for at det er mulig å gjennomføre nødvendige tiltak til en akseptabel kostnad.

Tabell 17 Oppsummering av risiko før og etter tiltak (restrisiko)

ID	Beskrivelse	Risiko						Restrisiko				
		Neglisjerbar	Akseptabel	Tolererbar	Uønsket	Uakseptabel		Neglisjerbar	Akseptabel	Tolererbar	Uønsket	Uakseptabel
1	Klatring på kjøretøy under spenningssatt kontaktledning				X				X			
2	Flere ulike typer togvarmeanlegg	Akseptert basert på regler for god praksis										
3	Redusert mulighet for vedlikhold av banen	X		X	X	X		X	X		X	
4	Midlertidig bortfall av forsyningsspenning			X	X			X		X		
5	Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
6	Depot problem (overspenninger)	X	X	X	X			X	X	X		
7	Overkjøring inn på frakoblet og jordet seksjon	X	X	X	X			X				
8	Usymmetri i trefasenettet			X	X			X		X		
9	Strømavtaker siger fra kontaktledningen			X				X				
10	Sammenkopling av strømsystemer				X			X	X	X		
11	Kostnader ved valgt og tilbudt produkt	X	X	X	X			X	X	X	X	
12	Energiavregningsmetode			X						X		

4 SYSTEMKRAV

Spesifisere de overordnete RAMS kravene til jernbanesystemet

4.1 Kjøretøy

Kravene i dette avsnittet vil gjelde som vilkår for å benytte serviceanlegg eller tilleggstjenesten forvarming av passasjertog.

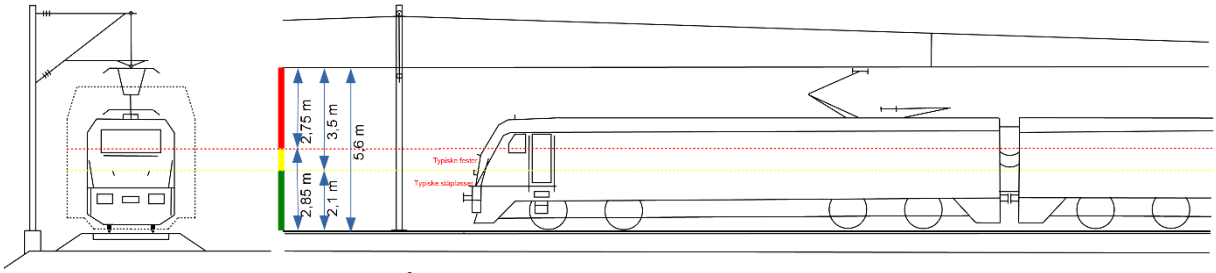
4.1.1 Kjøretøysikring

For kjøretøy som hensettes under spenningssatt kontaktledning gjelder følgende krav uavhengig av strømforsyning:

Avstand kjøretøy: Det skal fra kjøretøyets utside være vanskelig å komme innenfor den elektriske avstanden til spenningssatt del i kontaktledningsanlegget og på kjøretøyet selv. (tiltak 1.3.1)

1. Utførelse: Det skal være 3,5 m fra ståplass på kjøretøyet til spenningssatt del (til tross for at kjøretøyets utside ikke er publikumsområde)
2. Utførelse: Det skal være minimum 2,75 m fra «fotfeste» på kjøretøyets utside til spenningssatt del målt i rett linje og ved knekk mellom 1,65 og 0,85 m (som en arm ut fra en skulder)
3. Unntak: Tilgang til ståplasser eller fotfester nærmere enn 2,75 m (for eksempel kjøretøytak) skal hindres, se krav adgangshinder kjøretøy.

Figur 6 viser avstand fra normal kontakttrådhøyde til typisk ståplass og «fotfeste» på kjøretøy.



Figur 6 Typisk avstand fra ståplass og fester til spenningssatt del i kontaktledningsanlegget ved normal kontakttrådhøyde på 5,6 m. Typisk ståplass er bl.a. buffer, kobbel og førerdør. Typisk fotfeste er håndtak, lykter, speil, kabler etc.

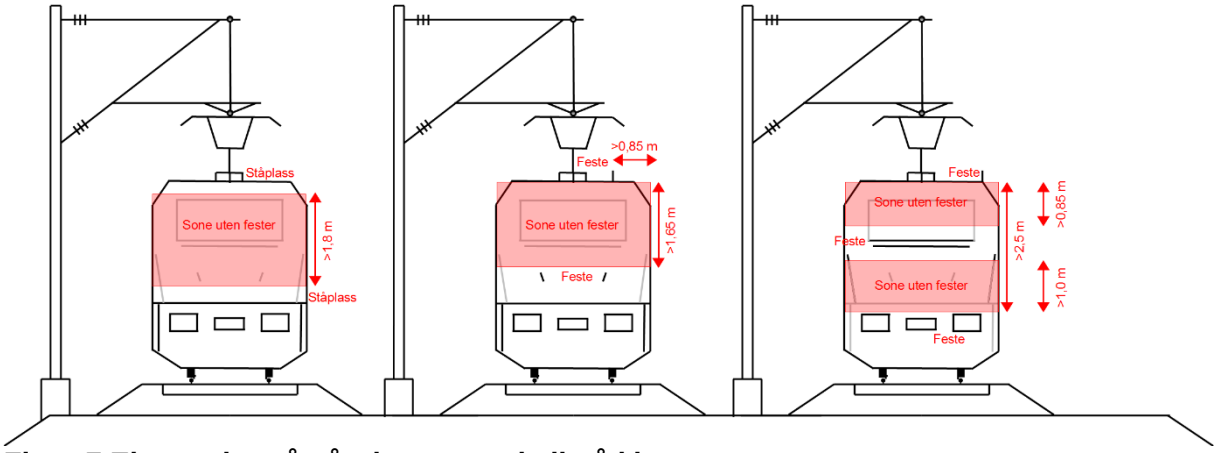
Adgangshinder kjøretøy: Det skal være vanskelig (for allmennheten) å klatre til ståplass (inklusive kjøretøytak) og «fotfeste» på kjøretøy som er nærmere spenningssatt del på kontaktledningsanlegg eller kjøretøyet selv enn 2,75 m. (tiltak 1.3.2)

1. Utførelse: Kjøretøyet skal ikke ha en sammenhengende klatrerute av «fester» som holder menneskets vekt og er plassert slik at det ikke krever koordinert bevegelse av armer og bein eller spesiell styrke for å komme seg innenfor 0,25 m fra spenningssatt del
2. Utførelse: Håndtak, lykter, speil, kabler etc. bør utformes slik at de ikke kan fungere som «fester» for klatring, for eksempel ved skjult, innebygd eller skrå/hellende topp. (tiltak 1.3.20)
3. Vurdering: Det er vanskelig å klatre når det er hovedsakelig loddrett avstand mer enn

- 1,8 m mellom to ståplasser uten mellomliggende elementer som åpenbart forenkler klatring («håndfester» og «fotfester»)
- 1,65 m mellom «fotfeste» og ståplass (eks. kjøretøytak) med minimum 0,85 m inn til eventuelt «håndfeste» på ståplassen (slik at en kan svinge seg opp) eller andre forhold som vanskeliggjør «full sats»
- 1,0 m hovedsakelig loddrett mellom «fotfester» og det mangler «håndfeste» mellom 1,65 og 2,5 m fra opprinnelig «fotfeste»

4. Vurdering: Det er totalvurderingen av klatringens vanskelighetsgrad som er viktig, og avstandene over bør tilpasses dersom de kombineres eller andre forhold spiller inn, både på kjøretøyet selv (høyde, rekkverk, helning, friksjon, kjøretøy som koples sammen etc.) eller umiddelbare omgivelser (plattform, kurve, rampe, aktivitet etc.).

Figur 7 viser eksempler på når det er vanskelig å klatre jf. vurderingskriteriene i underkrav 2.



Figur 7 Eksempler på når det er vanskelig å klatre

Advarselskilt kjøretøy: Adkomst til forhøyede ståplasser fra hvor det er mulig (inklusive vanskelig) å nå spenningssatt del i kontaktledningsanlegget eller på kjøretøyet selv skal merkes med advarselskilt. (tiltak 1.3.3, 1.3.4)

1. Utførelse: Advarselskilt skal utføres iht. EN 50153
2. Utførelse: Advarselskilt skal også plasseres på steder der det er tvil om avsperringskravet er oppfylt.

Følgende avstander er lagt til grunn

- 1,80 m foreskreven gjerdehøyde (NEK 440)
- 1,65 m skulderhøyde (ISO 13857)
- 0,85 m armlengde (ISO 13857)
- 1,00 m benlengde (?)
- 2,50 m skulderhøyde og armlengde
- 0,25 m elektrisk klaring (EN 50122-1, rundet opp fra 0,23 m i EN 50124)
- 2,75 m minimum avstand mellom ståplass og spenningsatt del på adgangsbegrenset område (EN50122-1)
- 3,5 m minimum avstand mellom ståplass og spenningsatt del på publikumsområde (EN50122-1)

Følgende definisjoner er lagt til grunn

Ståplass: Ethvert punkt på en overflate hvor personer kan stå eller gå omkring uten særlig besvær (iht. EN 50122-1:2011)

Feste (klatretak):

- Fotfeste (fottak): Element for en fot som åpenbart forenkler klatring og som kan holde en kroppsvekt på 75 kg.
- Håndfeste (håndtak): Element (utspring) som åpenbart forenkler klatring ved å kunne gripes rundt og som kan holde en kroppsvekt på 75 kg

Utilstrekkelig kjøretøysikring: Kjøretøy som ikke oppfyller krav til avstand, adgangshinder og advarselskilt over skal ikke hensettes under spenningssatt kontaktledning uten tilstrekkelig områdesikring. (tiltak 1.3.5)

1. Unntak: Kontinuerlig tilsyn rundt kjøretøyet kan benyttes som barriere dersom andre barrierer ikke er mulige. (tiltak 1.3.8)
2. Vurdering: Kjøretøy som ikke har fått vurdert sin kjøretøysikring skal behandles som om sikringen er utilstrekkelig.
3. Utførelse: Advarselskilting av kjøretøy skal uansett være iht. EN 50153.

4.1.2 Tekniske krav

For kjøretøy som forsynes fra kontaktledning via strømavtaker eller togvarmepost gjelder følgende krav:

Automatisk gjeninnkopling: Ettersom kortvarige og langvarige (opptil flere minutter og nærmere en time) spenningsbortfall i strømforsyningen er påregnelig på grunn av omkoplinger, feil og feilsøking skal kjøretøy automatisk motta forsyning igjen når spenningen kommer tilbake. (tiltak 3.2.2, 3.2.3)

Forrigling sammenkobling strømsystemer: Kjøretøy som kan tilkoples både kontaktledning og togvarmepost skal ha forrigling som hindre at spenning fra de to forsyningene sammenkoples. (tiltak 10.2.1)

1. Unntak: Eksisterende kjøretøy som ikke har forrigling skal ha manuelle rutiner for senking av strømavtaker før tilkopling av togvarmepost og frakopling fra togvarmepost før heving av strømavtaker.

For kjøretøy som forsynes fra kontaktledning via strømavtaker gjelder følgende krav:

Diodelikeretting: Kjøretøy som benytter nettstrømretterne under hensetting forsynt via strømavtaker fra kontaktledning bør benytte diodelikeretting om effektforbruket er mindre enn 15 % av maksimal installert ytelse på hjul for å redusere sannsynligheten for overharmoniske og dynamiske fenomener. (tiltak 5.1.1)

Utkopling før strømavtakersenking: Kjøretøys høyspenningsbryter bør koples ut før strømavtaker senkes (både ved hensikt og feil) for å hindre lysbue og skade på kontakttråden. (tiltak 9.1)

1. Utførelse: Funksjonen kan realiseres med trykkvokter som automatisk kopler ut høyspenningsbryter når lufttrykket i strømavtaker blir for lavt til å holde strømavtaker opptil kontakttråden med tilstrekkelig kraft.

4.2 Hensettingsspor

Kravene i dette avsnittet er de spesielle krav for hensetting som er identifisert i denne rapporten og er ikke en uttømmende kravsamling. Krav i Teknisk regelverk for øvrig gjelder fremdeles.

4.2.1 Områdesikring

Kravene under gjelder for hensetting under spenningssatt kontaktledning, dvs. minimum system 1, men også eventuelt system 2, 3 og 4.

Avstand: For å redusere kjøretøyenes tiltrekning på uvedkommede bør hensetting nær ved publikumsområder unngås basert på ALARP. (tiltak 1.3.9)

1. Utførelse: Se også krav om adgangshinder 1 og 2

Adgangshinder alminnelig: Spor som brukes til hensetting skal generelt vernes mot alminnelig ferdsel (spesielt fra publikumsområder) ved hjelp av gjerde med høyde på minimum 1,8 m (tiltak 1.3.10)

1. Utførelse: Gjerde kan utformes som angitt i Teknisk regelverk/Underbygning/Prosjektering og bygging/Gjerder#Utforming av gjerde/Flettverksgjerde, men ved fare for oppklipping eller overklatring som ødelegger gjerdets funksjon bør klippsikker eller klatresikker utførelse benyttes.
2. Utførelse: Gjerdehøyden bør være 2,5 m for å hensynta 0,7 m snø.
3. Utførelse: Kryssing av flere jernbanespor kan til en viss grad utgjøre et tillegg til, eventuelt erstatte, adgangshinder.

Adgangshinder omsluttende: Spor som brukes til hensetting for kjøretøy uten tilfredsstillende eller nesten tilfredsstillende kjøretøysikring skal vernes mot alminnelig ferdsel ved hjelp av omsluttende gjerde på minimum 2,5 m (1,8 m + 0,7 m snø) og adgangsregulert port. (tiltak 1.3.5, 1.3.11, 1.3.12)

1. Utførelse: Gjerde kan utformes som angitt i Teknisk regelverk/Underbygning/Prosjektering og bygging/Gjerder#Utforming av gjerde/Flettverksgjerdem, men ved fare for oppklipping eller overklatring som ødelegger gjerdets funksjon bør klippsikker eller klatresikker utførelse benyttes.
2. Utførelse: Gang- og vegadkomster skal ha normal stengt port med adgangskontroll, men som kan stå åpen i åpningstider for 2. part når det er aktivitet på området.
3. Unntak: Det er ikke krav om port over jernbanespor som brukes til normal driftsadkomst.

Advarselskilt: Hensettingsområder med adgangshinder skal skiltes iht. Teknisk regelverk/Skilt/Plassering av skilt langs sporet/Skiltoversikt#Skilt for tredjeperson:

- «For gjerder til områder med adgang forbudt for uvedkommende»
- «For porter til områder med adgang forbudt for uvedkommende»
- «For stasjoner, driftsbanegårder og hensettingsområder» (både på tilsiktede og utilsiktede adkomstveger, eks. der det er erfart at 3.part ofte kommer seg inn på området)

Omgivelser rundt hensettingssporet: Det skal ikke være elementer nær hensettingssporet som gjør det lettere å klatre på kjøretøy, for eksempel at områdesikringen eller kjøretøysikringen reduseres ved spenningssatt kontaktledning. (tiltak 1.3.21)

1. Unntak: Nødvendige installasjoner som må forventes ved hensettingssporet kan være akseptabelt (for eksempel kontaktledningsmast med klatrevern, plattform etc.)

Langtidshensetting: Langtidshensatte kjøretøy som ikke har behov for strømforsyning bør ikke hensettes under spenningssatt kontaktledning som ALARP-tiltak. (tiltak 1.3.24)

4.2.2 Kontaktledningsanlegg

Kravene under gjelder for hensetting under spenningssatt kontaktledning, dvs. minimum system 1, men også eventuelt system 2, 3 og 4.

Frakoplingsmulighet: Stasjonsområder og hensettingsområder skal ha tilstrekkelig antall (minst ett) spor med kontaktledning som kan frakoples for hensetting av kjøretøy som ikke har tilstrekkelig kjøretøysikring i forhold til områdesikringen eller langtidshensatte kjøretøy som ikke trenger strømforsyning. (tiltak 1.1.1, 1.3.5, 1.3.6, 1.3.24)

1. Utførelse: Spor beregnet for fast hensetting av kjøretøy med utilstrekkelig kjøretøysikring (eks. lastetraktorer, diesellokomotiver med gangbane og motorblokker etc.) bør ut fra en ALARP-tilnærming være frakoblet eller uten kontaktledning selv ved forsterket områdesikring (omsluttende adgangshinder). (tiltak 1.3.23)
2. Utførelse: Sporet skal frakoples ved hjelp av skillebryter, alternativt lastskillebryter, uten jordingsposisjon. (6.2.1)
3. Utførelse: Normalstilling for skillebryteren bør være «lukket» for å forenkle bruk av sporet og redusere fare for overkjøring. Bryteren bør kun åpnes ved hensetting av kjøretøy som ikke oppfyller kjøretøysikringskravene. (tiltak 6.2.2)
4. Utførelse: Frakoblingsbare hensettingsspor bør ha spenningsindikering i togleders, alternativt togekspeditørs, betjeningsanlegg. (tiltak 6.2.4)

Kontakttrådhøyde: Kontaktledning på hensettingsspor skal være minimum 2,75 m og bør være minimum 3,5 m over påregnelig ståplass på kjøretøy som skal hensettes under spenningssatt kontaktledning. (tiltak 1.3.14, 1.3.15, 1.3.16)

1. Utførelse: Kontakttrådhøyden på hensettingsspor skal være minimum 5,6 m og bør være så høy som mulig (opp til 6,2 m) (tiltak 1.3.16)

Følgende høyder er lagt til grunn:

- 2,75 m avstand for adgangsbegrensede områder (EN 50122-1)
- 3,5 m avstand for publikumsområder (EN 50122-1)
- 1,5 m normal høyde påregnelig ståplass (buffer og kobbel utledet fra TSI LOC&PAS)
- 5,6 m normal kontakttrådhøyde

4.2.3 Strømforsyning

Forsyningssikkerhet (system 1): For mest mulig avbruddsfri strømforsyning og minst mulig påvirkning på vedlikehold av banestrekningen skal hensettingsområder kunne mates via minimum to uavhengige tilførselsforbindelser fra matestasjon(er), hver med tilstrekkelig strømføringsevne. (tiltak 2.1.2, 2.2.2, 2.1.3, 2.2.3, 2.1.6, 2.2.6, 4.1.1, 4.1.2, 5.1.x)

1. Utførelse: Store hensettingsområder bør om mulig normalt forsynes fra egen stasjonsavgang fra koplingsanlegg for best mulig verndekning og -selektivitet (tiltak 3.2.1, 5.1.6)
2. Vurdering: Behov for antall uavhengige tilførselsforbindelser er avhengig av hensettingsområdets størrelse, tilførselsforbindelsenes elektriske utforming, avstand til matestasjon, avgang fra koplingsanlegg.
3. Dokumentasjon: Vurdering av forsyningssikkerheten skal dokumenteres.

Påregnelig belastning (system 1, 2 og 3): Påregnelig effektbelastning fra kjøretøy kan være:

- Installert effekt: –50–60 kW/personvogn
- Typisk forbruk
    1. styring og kontroll av kjøretøyet (kommunikasjon, fremføring (regulering, lys, bremser, etc.), overvåking, dører etc.): Neglisjerbar
    2. nødvendige driftsfunksjoner og servicefunksjoner for kjøretøyet (trykkluftkompressorer, minimum kupelys, frostsikring, toaletter, stikkontakter, kjøling av matvarer, batterilading etc.): 5–15 kW/personvogn
    3. passasjerkomfort (oppvarming, ventilasjon og kjøling): 10–15–25 kW/personvogn
    4. tap hovedtransformator mm. for trekkraftkjøretøy: 2–10 kW/transformator
    - Sum typisk forbruk hensetting avhengig av utetemperatur (store kortvarige variasjoner observert): 15–25–40 kW/passasjervogn (Høyeste verdi ved ca -15 °C utetemperatur og komforttemperatur inne)
- Etablering av 3. passasjerkomfort fra 2. nødvendige drifts og servicefunksjoner: 10–20 minutter ved installert effekt (maks opp til 1 time).
- Effektfaktor avhengig av måten effekten mottas på og effektforbruk (høyere forbruk høyere effektfaktor):
    - Diodelikeretting: < 0,8
    - PWM nettstrømretter: < 0,95
    - Varmemotstand (ohmsk): 1,0
    - 1000 V togvarmestikk: > 0,85

Kompatibilitetsstudie (system 1): Kompatibilitetsstudie iht. Teknisk regelverk/Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Kraftsystem#Overharmoniske og dynamiske fenoméner skal utføres for hensettingsområder forsynt via kontaktledning til kjøretøyenes strømavtaker med tanke på: (tiltak 5.1.2)

- Overspenninger pga. overharmoniske når sum maksimal effekt på hjul for hensatte kjøretøy overstiger fire ganger mateytelsen til hensettingsområdet.
- Elektrisk resonansustabilitet når laveste resonansfrekvens for banestrømforsyningen i området er lavere enn høyeste frekvens hensatte

kjøretøy er aktive (minimum 87 Hz), dvs. er i stand til å eksitere resonansene til ustabilitet.

- Lavfrekvent ustabilitet når produktet av kildeimpedans (matestasjon og overføringsimpedans, eks. 1,5 Ohm) og sum maksimal effekt på hjul for hensatte kjøretøy (eks. 90 MW) overstiger 135–189 MW·Ohm (=1,5·90).
    1. Vurdering: Svakeste påregnelige strømforsyning skal legges til grunn, det vil si frakopling av forsyningslinjer på grunn av vedlikehold av banestrekningen.
    2. Unntak: Studien kan avbrytes etter steg 1 dersom de hensatte kjøretøyene diodelikeretter
    3. Dokumentasjon: Studien skal minimum dokumenteres med en skriftlig rapport som vurderer aktuelle kjøretøy som skal hensettes (antall, overharmoniske og dynamiske karakteristikker) og aktuell infrastruktur (matekapasitet og elektriske resonansfrekvenser) og beregner kontaktledningsspenningens toppverdi basert på dette.

Togvarmepost (system 2 og 3): Hensettingsområde skal ha tilstrekkelig togvarmeposter til å kunne forsyne etterspørsel fra kjøretøy som ikke har egen strømavtaker, ikke kan hensettes under spenningssatt kontaktledning eller av andre grunner ønsker det.

Automatisk gjeninnkobling togvarmepost (system 2 og 3) Togvarmepost skal automatisk spenningssettes når forsyningsspenningen kommer tilbake etter bortfall dersom posten var spenningssatt før bortfallet og vilkårene for spenningssetting fremdeles er oppfylt. Dersom vilkårene ikke lenger er oppfylt skal den ikke spenningssettes. (tiltak 4.2.4)

Overvåking av togvarmeanlegg (system 2 og 3) Togvarmeanlegg skal kunne styres og overvåkes fra for å kunne gi beskjed til brukerne ved manglende forsyning. (tiltak 4.2.5)

1. Utførelse: Styringen og overvåkingen bør kunne utføres med fjernbetjening.

5 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

I 0.2 ble det introdusert tre spørsmål som denne rapporten har til hensikt å besvare. Hvert av dem er oppsummert og konkludert i eget avsnitt under. På grunn av kort tidsfrist for arbeidet er forslag til videre arbeid oppsummert under eget punkt til slutt.

5.1 Forsyningssystem

1. *Hvordan skal hensatte kjøretøy forsynes med elektrisk energi, det vil si via togvarmepost eller strømavtaker fra kontaktledningen?*

Når tilleggstjenesten forvarming av persontog tilbys angir INF TSI at dette skal skje på en, eller flere av følgende forsyningssystemer

1. via strømavtaker fra kontaktledningen,
2. via 1000 V togvarmepost eller
3. via 400 V standard industrikontakt.

Ifølge jernbaneforskriften kan tilbyder selv velge system. Det er imidlertid hensiktsmessig at systemene som tilbys også er etterspurt av jernbaneforetakene. For størst mulig fleksibilitet i kjøretøyturnering er det også hensiktsmessig å standardisere tilbudet.

Alle tre forsyningssystemene er vurdert i denne rapporten:

1. Forsyning via strømavtaker er under dagens betingelser den tilsynelatende mest kostnadseffektive systemet for kjøretøy som har egen strømavtaker og «hyllevare» europeiske elektriske motorvognsett kan bare motta forsyning fra dette systemet i dag. Forsyning fra kontaktledningen gir en sterk knytning til banestrømforsyningen på banestrekningen og kan påvirke muligheten for vedlikehold. Forsyning via kontaktledning er ikke gratis. En må forvente at kostnadene ved denne systemet øker i fremtiden for å reflektere de reelle kostnadene. Eventuelle ulempekostnader for banestrømforsyningen må inkluderes for det enkelte hensettingsområde. Elsikkerhetsrisikoen ved hensetting under spenningsatt kontaktledning er funnet akseptabel for det meste av dagens kjøretøy.
2. Forsyning via 1000 V togvarmepost er i dag eneste forsyning til eksisterende personvogner uten egen strømavtaker. Hoveddelen av norske persontogkjøretøy i dag med egen strømavtaker kan også motta forsyning ved hjelp av denne systemet. Det kan imidlertid være vanskelig å finne tilkoplingspunkt i trefasenettet som dekker effektbehovet et stor hensettingsområde har. Fordelen er imidlertid at forsyningen til togvarmeanlegget kan gjøres helt uavhengig av banestrekningen for øvrig.
3. Forsyning via 400 V industrikontakt har i Norge i dag begrenset utbredelse på grunn av lav ytelse. Det er imidlertid mulig at systemet vil få større utbredelse i fremtiden på grunn av internasjonal standardisering, både av togvarmepost og kjøretøy. Fordelen er imidlertid at forsyningen til togvarmeanlegget kan gjøres helt uavhengig av banestrekningen for øvrig.

Tilbudt system for strømforsyning til hensatte kjøretøy bør tilpasses etterspørselen, men følgende produkter synes både mulig og hensiktsmessig basert på denne rapporten:

1. Forsyning via strømavtaker fra kontaktledning som standard for kjøretøy med egen strømavtaker på vilkår av kjøretøysikring for tilstrekkelig elsikkerhet, tekniske krav for redusert risiko og tydelig angivelse av at frakopling av forsyningsspenning er påregnelig som følge av drift av jernbanenettet for øvrig. På hensettingsspor med områdesikring kan strømforsyningssystemet også tilbys til kjøretøy som ikke har tilfredsstillende kjøretøysikring.
2. Forsyning via 1000 V togvarmepost som standard til kjøretøy som ikke har egen strømavtaker og til kjøretøy med strømavtaker som ikke er vanskelig å klatre på eller som ellers måtte ønske det på vilkår av tekniske krav.
3. Forsyning via 400 V industrikontakt ved konkret forespørsel eller etter en ny vurdering av systemet for fremtiden.
4. Hensetting uten strømforsyning, eventuelt under spenningssatt kontaktledning på vilkår av kjøretøysikring for tilstrekkelig elsikkerhet

Alle produktene er funnet sikkerhetsmessig og teknisk akseptable, men er knyttet en uønsket risiko til kostnadene ved strømforsyning til store hensettingsområder og hva kundene (jernbaneforetakene) ønsker. For å redusere den økonomiske usikkerheten anbefales følgende videre arbeid:

- Undersøke nærmere kostnad for strømforsyning til hensettingsområder for både system 1, 2 og 3. Det er sannsynlig at kostnadene for enkelte hensettingsanlegg kan bli så betydelige at det lokalt påvirker hvilket system som er økonomisk best.
- Utrede og avklare nærmere fremtidig kostnadsregime for minstepakken (bruk av strømforsyningsutstyr) og tilleggstjenester (forvarming av passasjertog) før endelig kostnadsammenligning utføres
- Avklare produktporteføljе strategisk i organisasjonen, gjerne med kontakt med kunde (jernbaneforetak) og Jernbanedirektoratet som til slutt vil være den part som uansett vil måtte bære mesteparten av kostnadene.

Det er usikkerheter ved flere kostnader i den utførte forenklede kostnadssammenligningen. Likevel indikerer den at system 1 sannsynligvis vil være den generelt mest konstnadseffektive løsningen. Det er også den foretrukne løsningen til det ene jernbaneforetaket og den ene kjøretøyprodusenten som har gitt tilbakemelding. Det kan imidlertid være hensettingsområder/-spor der konsekvensen ved system 1 for resten av infrastrukturen er så høy at det må gjøres tiltak. Disse stedene bør identifiseres og håndteres. Innledende identifisering er gjort i rapportens Vedlegg 10 Svært forenklet vurdering av forsyning til hensettingsområder. Eventuelle kostnader knyttet tiltak bør bæres helt eller delvis av hensettingsområdet.

Alle strømforsyningssystemene må tilbys på like vilkår til jernbaneforetakene som ønsker det. Tilbyder har mulighet til å prise tilleggstjenesten for alle tre systemet til selvkost med tillegg av en rimelig fortjeneste. For produkt 1 er det viktig å angi i vilkårene at forsyningsspenningens pålitelighet er gitt av normale driftsforhold i jernbanenettet for øvrig. Eventuell (ulempe-) kostnad for jernbanenettet ved krav eller ønske om økt pålitelighet bør reflekteres i prisen for tjenesten. For flere hensettingsanlegg kan 2 forsyningslinjer være begrensende på enten tjenestekvaliteten eller tilgang for vedlikehold av banen. Da kan det være økonomisk fordelaktig å benytte de investeringer som allerede er gjort i togvarmeutrusning på kjøretøy og hensettingsområder fremfor kostbar forsterkning av

banestrømforsyningen. Eventuelle forsterkningstiltak i banestrømforsyningen initiert av hensettingsområdet må også dekkes over dette prosjektets budsjett ettersom strømleveranse via kontaktledning ikke er gratis.

Utledede krav til hensettingsspor i denne rapporten er gitt i kapittel 4.2.

5.2 Kjøretøy hensatt under spenningssatt kontaktledning

2. *Hvilke kjøretøy er tillatt å hensette under spenningssatt kontaktledning, uavhengig av om det er forsynt fra denne*?

Kjøretøy og hensettingsspor skal vurderes med tanke på sikring for tilstrekkelig elsikkerhet før eventuell hensetting under spenningssatt kontaktledning:

- Kjøretøysikring skal vurderes etter kategoriene angitt i Figur 8. Det er utviklet et eget vurderingskjema basert på objektive og gjennomsiktige kriterier, se Vedlegg 11 Vurderingsskjema høyspenningsbarrierer kjøretøy. Utført vurdering av eksisterende kjøretøy er vist i Tabell 18. Kjøretøy som ikke er vurdert skal behandles som «Utilstrekkelig» kjøretøysikring.
- Hensettingsporene skal vurderes etter kategoriene for områdesikring angitt i Figur 8. Vurdering av eksisterende hensettingsspor gjenstår. Hvert enkelt spor på et hensettingsområde må vurderes spesielt siden det kan være ulike forhold som påvirker områdesikringen og kjøretøysikringen. Vær også oppmerksom på at spor kan ha ulik områdesikring på ulike tider av døgnet avhengig av forholdene for området (for eksempel om en stasjon med plattformspor avlåses om natten). For hensettingspor med kontakttrådhøyde under 5,6 m må risiko vurderes spesielt.

Risikovurderingen i 3.1.1 og tiltakene under er godkjent av driftsleder jf. FSE.

Figur 8 angir kombinasjon av kategorier for kjøretøysikring og områdesikring som tillater hensetting under spenningssatt kontaktledning.

	Områdesikring:			Minimal	Normal	Forsterket	Frakobling
Kjøretøysikring:	Avstand						
		Adgangshinder			1,8m gjerde (alternativt flere jernbanespor) mot publikumsområde	2,5m omsluttende gjerde utenom jernbanespor i drift, kontroll på andre porter	
			Advarselskilt		På gjerder, porter og adkomstveger	På gjerder, porter og adkomstveger	
Tilfredsstillende	>3,5m fra ståplass >2,75m fra fotfeste	Vanskelig å klatre, dvs ikke sammenhengende rute av fester som ikke krever koordinert bevegelse av armer og bein (teknikk) eller spesiell styrke.	Iht EN 50153	OK, barrierer som tilsvarer EN50122-1 og FEF for publikums-områder sant EN50153	OK	OK	OK, ALARP for langtidshensetting
Nesten tilfredsstillende	>2,75m fra ståplass >2,75m fra fotfeste	Kan være mulig å klatre i sammenhengende rute av fester som ikke er beregnet til klatring/adkomst men som krever tydelig fysisk innsats og planlegging.	Iht EN 50153	Ikke OK	OK, iht. EN50122-1 for adgangs-begrensede områder og EN50153 pluss JBL§9	OK	OK, ALARP for langtidshensetting
Utilstrekkelig			Iht EN 50153	Ikke OK	Ikke OK	OK, barrierer som EN50153 og FEF for stasjonsanlegg pluss JBL§9	OK, ALARP for langtidshensetting
Ingen				Ikke OK	Ikke OK	Ikke OK	OK, fare fjernet

Figur 8 Kategorisering av kjøretøysikring og områdesikring med tilhørende vurdering av om kombinasjonen frembyr fare (rød bakgrunn) eller ikke (grønn bakgrunn).

Tabell 18 Utført vurdering av kjøretøysikring for eksisterende kjøretøy. X' betyr at bedre kategori kan oppnås med enkle tiltak.

Kjøretøy	Tilfredsstillende	Nesten tilfredsstillende	Utilstrekkelig
El14			X'
El16	X		
El18	X		
Traxx versjon 2 (BR185 og tilsvarende)	X		
Traxx versjon 3 (BR187 og tilsvarende)	X		
Tp69			X
Tp70			
Tp71	X		
Tp72			
Tp73	X		
Tp74/75	X		
Di8			X
Tp3			
Tp5			
Tp7			X'
WLAB2			X'
Godsvogner			

5.3 Dimensjonering (effektbehov)

3. *Hvilket effektbehov skal forsyningen til hensatte kjøretøy dimensjoneres for?*

Påregnelig effektbelastning fra kjøretøy kan være:

- Installert effekt: –50–60 kW/personvogn
- Typisk forbruk:
    1. styring og kontroll av kjøretøyet (kommunikasjon, fremføring (regulering, lys, bremser, etc.), overvåking, dører etc.): Neglisjerbar
    2. nødvendige driftsfunksjoner og servicefunksjoner for kjøretøyet (trykkluftkompressorer, minimum kupelys, frostsikring, toaletter, stikkontakter, kjøling av matvarer, batterilading etc.): 5–15 kW/personvogn
    3. passasjerkomfort (oppvarming, ventilasjon og kjøling): 10–15–25 kW/personvogn
    4. tap hovedtransformator mm. for trekkraftkjøretøy: 2–10 kW/transformator
    - Sum typisk forbruk hensetting avhengig av utetemperatur (store kortvarige variasjoner observert): 15–25–40 kW/passasjervogn (Høyeste verdi ved ca -15 °C utetemperatur og komforttemperatur inne)
- Etablering av 3. passasjerkomfort fra 2. nødvendige drifts og servicefunksjoner: 10–20 minutter ved installert effekt (maks opp til 1 time).
- Effektfaktor avhengig av måten effekten mottas på og effektforbruk (høyere forbruk høyere effektfaktor):
    - Diodelikeretting: < 0,8
    - PWM nettstrømretter: < 0,95
    - Varmemotstand (ohmsk): 1,0
    - 1000 V togvarmestikk: > 0,85

Mange kjøretøy (bl.a. Tp74/75) lar nettstrømretterne diodelikerette strømmen fra kontaktledningen ved stillstand for å redusere elektriske tap og faren for overharmoniske og dynamiske effekter. Dersom hensatte kjøretøy ikke diodelikeretter må strømforsyningen til hensettingsområdet dimensjoneres vesentlig høyere enn effektforbruket over.

5.4 Hva betyr denne rapporten for Bane NOR?

- Objektive og gjennomsiktige kriterier for hvilke kjøretøy som kan hensettes under spenning på hvilke hensettingsspor
- Hensettingsspor frigis fordi parkering under spenningssatt kontaktledning nå tillates for flere nyere typer kjøretøy
- Færre overkjøringer til jordet hensettingsspor fordi kontaktledningen kun trenger å frakobles.
- Færre områdesikringstiltak for hensettingsområder
- Input til hva som bør undersøkes for å kunne ta strategisk beslutning

5.5 Videre arbeid

Nødvendige undersøkelser

- Undersøke nærmere kostnad for strømforsyning til hensettingsområder for både system 1, 2 og 3. Det er sannsynlig at kostnadene for enkelte

hensettingsanlegg kan bli så betydelig at det påvirker hvilket system som er økonomisk best.

- Vurdere nærmere overføringskapasitet til flere hensettingsområder i samme område rundt Oslo for å sikre at forsyningen er tilstrekkelig. Vedlegg 10 Svært forenklet vurdering av forsyning til hensettingsområder har kun vurdert områdene hver for seg. (tiltak 4.1.1, 5.2.4)
- Utrede og avklare nærmere fremtidig kostnadsregime for minstepakken (bruk av strømforsyningsutstyr) og tilleggstjenester (forvarming av passasjertog) før endelig kostnadsammenligning utføres (intern nettleie)
- Avklare produktporteføljе strategisk i organisasjonen, gjerne med kontakt med kunde (jernbaneforetak) og Jernbanedirektoratet som til slutt vil være den part som uansett vil måtte bære mesteparten av kostnadene.
- Gjennomgå måten en bygger togvarmeanlegg på og se om det er mulig å etablere dette til lavere kostnad enn dagens erfaringstall.
- Vurdere eksisterende hensettingsspor mtp. områdesikring.
- Vurdere gjenstående kjøretøy mtp. kjøretøysikring.

Implementering i regelverk

- Presentere alle produktene som tilleggstjenesten «forvarming av passasjertog» i Bane NORs nettveiledning (Network Statement) og tjenestekatalog og utvikle tilhørende avgifter og avtaler med vilkår. I dag presenteres ikke produkt 1 som tilleggstjeneste.
- Fjerne krav i Teknisk regelverk/Kontaktledning/Prosjektering og bygging/Seksjonering om at frakoplet hensettingsspor også skal jordes ved hjelp av kontaktledningsbryterens jordingsposisjon.
- Oppdatere operativt regelverk basert på konklusjonene av dette arbeidet med tanke på hensetting under spenningssatt kontaktledning
- Aktiviteten «parkering» synes uavklart. Det kan være hensiktsmessig å avklare og definere denne aktiviteten nærmere Vi mener at samme elsikkerhetsforhold gjelder som for hensetting slik vi forstår parkering.
- Ta inn krav til kjøretøy (4.1) i Teknisk regelverk/Rolling stock/Supplementary information and regulations
- Vurdere å etablere et teknisk regelverk for forsyningsmetode 3 400V 50 Hz avhengig av forventet fremtidig utbredelse.

Forbedre rutiner

- Ved vurdering av lokalisering for store hensettingsområder bør også strømforsyning være et moment som inkluderes.
- Nødvendige forsterkningstiltak i banestrømforsyningen (både omforming og overføring) må initieres og dekkes av respektive hensettingsprosjekt.
- Det er i dag i stor grad manuelle prosesser for avregning av togvarme og disse kan med fordel forbedres. Dette gjelder hele kjeden fra identifisering av hvem som bruker togvarme til fakturering av tjenesten samt nøkkeltall for forbruk.

Internasjonalt arbeid

- Fortsette å jobbe for at EU skal håndtere elsikkerhetsfaren ved klatring. Det synes som om samtrafikkdirektivets grunnleggende krav om sikkerhet ikke er fulgt opp i TSI-ene for denne faren, eventuelt utover krav om advarselskilting. Kjøretøysikringskravene er satt ut fra forståelse av eksisterende forskrifter og

internasjonale standarder. Tidsfristene for dette arbeidet har ikke tillatt å utvikle omforente krav til bruk i Europa/med andre forvaltninger. (tiltak 1.3.19)

- Teknologi Elkraft har gjennom EIM foreslått at krav til anlegg for forsyning av hensatte kjøretøy overføres fra INF TSI til ENE TSI slik at det er enklere å følge opp kravene på en god måte av riktig kompetanse. Det må jobbes videre for å få gjennomført endringen.

Andre vurderinger:

- Gjennomgå vurderingene av togvarmepost 1000 V 16 2/3 Hz og revurdere om slikt anlegg kanskje kan være hensiktsmessig etter at forsyning fra kontaktledningen uansett er anbefalt som standard. Per i dag er det forsyningssystemet ikke tillatt etter Teknisk regelverk/Lavspenning og 22 kV/Prosjektering/Togvarme
- Vurdere nærmere videre utvikling av 400 V trefase (system 3) .

6 REFERANSER

[1] Statens Jernbanetilsyn, *Forskrift om kjøretøy på jernbanenettet (kjøretøyforskriften)*, FOR-2016-12-19-1846, ikrafttredelse 2017-01-01, rettet 2017-05-02.

[2] Statens Jernbanetilsyn, *Forskrift om togframføring på det nasjonale jernbanenettet (togframføringsforskriften)*, FOR-2008-02-29-240, ikrafttredelse 2009-12-13.

[3] Bane NOR, *Trafikkregler for jernbanenettet (TJN) – Definisjoner* (http://orv.jbv.no/orv/doku.php?id=tjn:kap_1:definisjoner#definisjoner_vedrorende_kjoretoy_1-8) sist endret: 2018-02-19 02.18.

[4] Bane NOR, *Network Statement 2018 Vedlegg 3.6.3.2 Driftsbanegårder og hensetting* (http://orv.jbv.no/ns/doku.php?id=vedlegg:driftsbanegarder_hensetting_verksteder) sist endret 2017-12-21 10.43.

[5] Bane NOR, *Teknisk regelverk*, (https://trv.banenor.no) avlest 2018-08-02

[6] NSB Utvikling og teknikk, *Energiøkonomisering i banestrømforsyningen og rullende materiell*, rapport 1 datert mai 1994.

[7] NSB, NSB Trykk 413.3

[8] Informasjon om elektriske motorvognsett oppgitt av togprodusenter til Jernbaneverket Teknologi Elkraft i forbindelse med tidligere godkjenning av kjøretøy.

[9] Statens Jernbanetilsyn: *Forskrift om gjennomføring av TSI-rullende materiell – lokomotiver og rullende materiell for passasjertrafikk*, FOR FOR-2015-07-23-913, ikrafttredelse 2015-07-23

[10] Norsk elektroteknisk komite, *Jernbaneapplikasjoner – Matespenninger for jernbanenettet*, NEK EN 50163:2004

[11] Norsk elektroteknisk komite, *Jernbaneapplikasjoner - Strømforsyning og rullende materiell - Tekniske kriterier for koordinering mellom strømforsyning (understasjon) og rullende materiell for å oppnå samtrafikkevne*, NEK EN 50388:2012

[12] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, *Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF)*, FOR-2005-12-20-1626, ikrafttredelse 2006-01-01

[13] Statens jernbanetilsyn, *Forskrift om jernbanevirksomhet, serviceanlegg, avgifter og fordeling av infrastrukturkapasitet mv. (jernbaneforskriften)*, FOR-2016-12-20-1771, ikrafttredelse 2017-01-01

[14] Statens jernbanetilsyn, *Forskrift om gjennomføring av kommisjonsforordning (EU) nr. 1301/2014 av 18. november 2014 om de tekniske spesifikasjonene for samtrafikkevne som gjelder for delsystemet «energi» i den europeiske unions jernbanesystem (TSI-ENE)*, FOR-2015-06-19-720, ikrafttredelse 2015-06-19

[15] Norsk elektroteknisk komite, *Railway applications - Fixed installations - Process, protective measures and demonstration of safety for electric traction systems*, NEK EN 50562:2018

[16] Nordisk elkraftteknisk samarbeid, *Requirements on rolling stock in Norway and Sweden regarding EMC with the electrical infrastructure and coordination with the power supply and other vehicles*, NES TS 02 datert 2009-07-01

[17] Bane NOR, *Trafikkregler for jernbanettet – Utfyllende bestemmelser om hensetting av skift* (http://orv.jbv.no/orv/doku.php?id=tjn:kap_3%3Aiii._utforelse_av_skifting#utfyllende_bestemmelser_om_hensetting_av_skift), sist endret 2018-02-09 02.18

[18] Bane NOR, *Strekningsbeskrivelse – Hensetting/parkering under spenningsførende kontaktledningsanlegg* (http://orv.jbv.no/sjn/doku.php?id=strekningsbeskrivelse:tillegg&s#hensetting_parkering_under_spenningsforende_kontaktledningsanlegg), sist endret 2018-07-26 05.38
[19] Trafikverket, *BVF 922 Elsäkerhetsföreskrifter för trafikplatser*, TDOK 2014-*0415 datert 2015-03-02*
[20] Norconsult på oppdrag fra Jernbaneverket: Østlandet – Hensetting Østlandet, delrapport fase 3 (https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/16fe0560a24c4732b1f863fa852130c6/1-hensetting-ostlandet-delrapport-3-utf-00-a-20067_00_ho.pdf) dokument nummer UTF-00-A-20067 revisjon 02A datert 2015-10-06
[21] Statens jernbanetilsyn, *Lov om anlegg og drift av jernbane, herunder sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m. (jernbaneloven)*, LOV-1993-06-11-100 ikrafttredelse 1993-07-01
[22] Statens jernbanetilsyn, *Forskrift om en felles sikkerhetsmetode for risikoevaluering og -vurdering*, FOR-2014-10-27-1344 ikrafttredelse 2015-05-21
[23] Statens jernbanetilsyn, *Forskrift om gjennomføring av kommisjonsforordning (EU) nr. 1299/2014 om de tekniske spesifikasjonene for samtrafikkevne for delsystemet infrastruktur i den europeiske unions jernbanesystem (TSI-infrastruktur),* FOR-2015-10-05-1163
[24] Bane NOR, *Veileder for Driftsbanegårder og hensettingsområder* (https://prosjekteringsveileder.jbv.no/wiki/veiledninger/driftbanegard), sist endret 2017-12-12 13.39
[25] Bane NOR, *Teknisk regelverk* (https://trv.banenor.no/wiki/Forside), sist endret 2018-07-11 10.14
[26] Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, *Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg*, FOR-2006-04-28-458, ikrafttredelse 2006-07-01, rettet 2016-06-01
[27] Statens jernbanetilsyn, *Forskrift om sikkerhetsstyring for jernbanevirksomheter på det nasjonale jernbanenettet (sikkerhetsstyringsforskriften),* FOR-2011-04-11-389, ikrafttredelse 2011-07-01
[28] Jernbaneverket, *Risikoanalyse el-sikkerhet ved hensetting av materiell*, RA-2010-0092 datert 2010-05-24
[29] Trafikverket, *Klättringsrisker vid uppställda fordon*, rapport datert 2017-11-27
[30] Oslo Tingrett, *Erstatningsansvar etter ulykke med strømførende ledninger*, saksnr. 12-028072TVI-OTIR/05 avsagt 2012-11-26
[31] Norsk Elektroteknisk Komite, *Jernbaneanvendelser – Faste installasjoner. Elektrisk sikkerhet, jording og returkrets. Del 1: Beskyttende tiltak mot elektrisk sjokk,* NEK EN 50122-1:2011
[32] Norsk Elektroteknisk Komite, *Jernbaneapplikasjoner – Rullende materiell. Beskyttelsesforskrifter i forbindelse med elektrisk fare*, NEK EN 50153:2014
[33] Statens Jernbanetilsyn: *Forskrift om gjennomføring av TSI-rullende materiell – godsvogner på det nasjonale jernbanenettet*, FOR-2014-02-17-188, ikrafttredelse 2014-02-17, sist endret 2015-01-29
[34] Bane NOR, *Risikostyring - Konsernprosedyre*, STY-604892 revisjon 001 utgitt 2018-10-31

[35] Erik Magni Vinberg, *Energy use in the operational cycle of passenger rail vehicles*, Master of science thesis KTH Royal institute of technology, Stockholm, Sweden 2018
[36] Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, *Elsikkerhetsprosjektet – Sluttrapport – helhetlig gjennomgang av DSBs arbeid med elsikkerhet*, rapport utgitt 2017
[37] Bane NOR, *Hensetting under spenningssatt KL – Generisk fareidentifisering ferdig anlegg*, dokument nr. IUP-00-A-01150 rev. 00A datert 2017-01-11
[38] Bane NOR, *Hensetting og bruk av togvarmepost – Fareidentifisering*, dokument nr. IUP-00Q-02135 rev. 02A datert 2017-02-21
[39] Bane NOR, *Hensetting under spenningssatt KL – Generisk risikovurdering*, dokument nr. UTF-00-Q-00024 rev. 00A datert 2013-09-06
[40] Norges vassdrags- og energidirektorat, *Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet*, FOR-2004-11-30-1557, ikrafttredelse 2005-01-01, sist endret 2010-01-26
[41] Norsk Elektroteknisk komite, *Jernbaneanvendelser – Spesifikasjon og demonstrasjon av pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet (RAMS) – Del 1: Generisk RAMS prosess*, NEK EN 50126-1:2017
[42] Jernbaneverket, *Grov risikoanalyse – Elsikkerhet ved arbeid og aktivitet i forbindelse med trafikkutøvelse*, ikkenummerert rapport revisjon 01A datert 2006-11.09
[43] Statens havarikommisjon for transport, *Rapport om personulykke ved Skarpsno på Dovrebanen, 8. mai2016*, rapport JB 2017/02 datert mai 2017.
[44] Steinar Danielsen, *Transformator for nettilkopling av togvarmeanlegg 1000 V / 50 Hz*, hovedprosjekt ved Høgskolen i Agder for Jernbaneverket datert 2000-06-20
[45] Norsk Elektroteknisk Komite, *Railway applications - Rolling stock - 3-phase shore (external) supply system for rail vehicles, NEK CLC/TS 50546:2013*
[46] Norsk Elektroteknisk Komite, *Maskinsikkerhet - Sikre avstander til faresoner for øvre og nedre kroppsdeler,* ISO 13857:2008
[47] Direktoratet for brann og elsikkerhet, *Elsikkerhet 63*, utgave 1/03 juni 2003.
[48] Norsk Elektroteknisk Komite, *Stasjonsanlegg med nominell spenning over 1 kV AC*, NEK EN 61936-1:2010 (NEK 440-2011)
[49] Stadler, *Energy consumption – NSB Flirt*, Dokument nr. BU_ 2009489 datert 2013-07-19
[50] Markus Meyer, *JBV Vestfoldbanen and Sørlandsbanen: Calculation of harmonic voltages and stability update*, Emkamatik document 16-0969 versjon 1 på oppdrag fra Jernbaneverket datert 2016-12-20
[51] Bane NOR, *Skilting av spor med togvarmeanlegg når sporene normalt er spenningsatt*, risikovurdering RA-2018-0317 datert 2018-04-09
[52] Bane NOR, *Bane NORs standardvilkår for avregning av 16 2/3 Hz energi,* (https://trv.banenor.no/energiavregning)
[53] Nordisk elkraftteknisk samarbeid, *Energy loss equation and its components and definitions*, dokument nummer EB.800114-000 (NIM NES R06) versjon 002 datert 2017-03-15
[54] Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, *Power electronics – Converters, Applications and Design*, 2. Utgave 1995 fra John Wiley & Sons
[55] Bane NOR, *Tjenestekatalog*, datert 2017-03-17 (https://www.banenor.no/globalassets/kundeportal/dokumenter/tjenestekatalog/tjenestekatalog_endelig.pdf sist besøkt 2018-10-26)

[56] Norges vassdrags- og energidirektorat, *Forskrift om endring i forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer (kontrollforskriften)*, FOR-2018-06-27-1092, ikrafttredelse 2019-01-01
[57] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, *Lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr (el-tilsynsloven)*, LOV-1929-05-24-4 ikrafttredelse 1929-05-24
[58] International Union of Railways, *Power supply installations for passenger rolling stock*, UIC code 550 versjon 11 datert 2005-04
[59] Bane NOR, *Trafikkregler for jernbanenettet (TJN) – Kapittel 6. Kjøring av tog – III. Under kjøring*, (http://orv.jbv.no/orv/doku.php?id=tjn:kap_6:iii._under_kjoring) sist endret 2018-02-19 kl. 02:18
[60] Bane NOR, *RAMS - introduksjon og oversikt EN 50126, med RAMS-begrepsordbok*, dokument nr. STY-603102 revisjon 05 datert 2017-11-29
[61] Norsk Elektroteknisk Komite, *Railway applications - Rolling stock - Three-phase train line voltage characteristics, NEK EN50533:2011*
[62] Norsk Elektroteknisk Komite, *Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks*, NEK EN 50160:2010
[63] Statens jernbanetilsyn, *Forskrift om samtrafikkevnen i jernbanesystemet (samtrafikkforskriften),* FOR-2010-06-16-820, ikraftredelse 2010-07-19, sist endret 2017-01-01
[64] Bane NOR Infrastruktur Teknisk avdeling, *Referat fra oppstartsmøte – Strømforsyning til hensatte kjøretøy,* dokumentnummer 201902513-1, møtedato 2018-06-18
[65] Bane NOR Juridisk seksjon, *Internt notat – Strøm til hensatte tog – vurdering*, dokumentnummer 201902513-2 datert 2018-10-12
[66] Jernbaneverket Administrasjonsavdelingen Juridisk seksjon, *Vurdering av rettskraftig dom etter ulykke i Lodalen*, dokumentnummer 201202336-47 datert 2015-06-26
[67] Bane NOR, *Rapport strømulykke Filipstad 24.02.2019*, Unummerert rapport versjon 003 datert 2019-05-03
[68] Jernbaneverket, *Grov risikoanalyse – Hensetting av skinnegående materiell*, dokumentnummer 200302045-6 udatert versjon 00
[69] Bane NOR, *Gjennomgang av elsikkerheten i område Oslokorridoren (fase 2)*, dokumentnummer 201719953-19 versjon 002 datert 2018-01-15
[70] Bane NOR, *Risikovurdering – Regelverk for «parkering» av kjøretøy under strømførende kontaktledning ved opphold i arbeider i og ved spor*, dokumentnummer RA-2017-0094 versjon 000 datert 2017-06-30
[71] Jernbaneverket, *Elsikkerhet ved arbeid og aktiviteter i forbindelse med trafikkutøvelse*, sikkerhetssirkulære 113-2006 utgitt av Trafikkdivisjonen
[72] Jernbaneverket

7 VEDLEGGSLISTE

Vedlegg 1 Oversikt over kjøretøy
Vedlegg 2 Oversikt over klatring på hensatte kjøretøy
Vedlegg 3 Tidligere risikovurderinger
Vedlegg 4 Bane NORs risikoakseptkriterier
Vedlegg 5 Risikovurdering
Vedlegg 6 Kategorier for konsekvens, frekvens og risiko
Vedlegg 7 Effektbehov Tp74/75
Vedlegg 8 Vurderinger rundt kapasitiv reaktiv effekt
Vedlegg 9 Kostnadssammenligning
Vedlegg 10 Svært forenklet vurdering av forsyning til hensettingsområder
Vedlegg 11 Vurderingsskjema høyspenningsbarrierer kjøretøy

VEDLEGG 1 OVERSIKT OVER KJØRETØY

Jernbaneforetak (inklusive Norske tog) som har kjøretøy i Norge er blitt forespurt om diverse teknisk informasjon om kjøretøyene relevant til hensetting, se liste over egenskaper i 2.4.5.1. En del av egenskapene har vært vanskelig for foretakene å svare på. Innsamlet informasjon er presentert i dette vedlegget.

0) Informasjon om kjøretøy							1) Behov for strømforsyning	2) Strømforsyningsgrensesnitt	Elektrisk sikkerhet					Elektrisk sikkerhet
Litra	Eier	Jernbane	Type kjøretøy	Antall kjøret	Levert	Antall kjøretøy per sel			11) Elektrisk sikker	12) Høyspenningsanlegg på ta	13) Forrigling mellom 15000V 16,7 Hzog 1000	14) Eventuell klatreulykker høyspennin	Kommentar	Kjøretøysikring
TSI			**Elektrisk lokomotiv**					**15000V 16,7Hz + eventuelt 1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz og 400V 50Hz**						
BR161	HR	HR	Elektrisk lokomotiv	6	1967	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz						
El11	BN	BN	Elektrisk lokomotiv	2	1955	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz						
El14	**CN**	CN	Elektrisk lokomotiv	18	1973	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, (200V 50Hz)	Ikke vurdert	Sjekkes	Sjekkes	2017 (Bergen)		Utilstrekkelig*
El16	**CN**	CN	Elektrisk lokomotiv	15	1984	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, (1000V 16,7 Hz serie 2)	Ikke vurdert	Sjekkes	Sjekkes	Ikke kjent		Tilfredsstillende
El18	**VY/NT**	VY	Elektrisk lokomotiv	22	1997	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz			Teknisk forrigling		+ 200 V 16 2/3 Hz 16 A prøvestrøm	Tilfredsstillende
IORE	**LKAB**	LKAB	Elektrisk lokomotiv	17	2013	2	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz, 400V 50Hz		Nei	-			
Ma		TGOJ	Elektrisk lokomotiv	2	1954	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz						
BR143 (RC)	**HR**	HR	Elektrisk lokomotiv	8	1973	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz						
Rc2	**TÅGAB**	TÅGAB	Elektrisk lokomotiv	8	1973	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz						
Rc3	**HR**	HR	Elektrisk lokomotiv	8	1970	1	Styring/kontroll	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz						
BR187	**GC**	GC	Elektrisk lokomotiv			1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz						Tilfredsstillende
Rc4	**GC**	GC	Elektrisk lokomotiv	127 godkjent	1982	1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 400V 50Hz						
Rc6	**SJ**	SJ	Elektrisk lokomotiv	39 godkjent	1986	1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz		C Tak kan ikke spenningsettes fr	Teknisk forrigling		Vurdert som ikke klatrebar av SJ	
Re	**GC**	GC	Elektrisk lokomotiv	16	2010	1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz						Tilfredsstillende
CE119/TRAXX F140	**CN**	CN	Elektrisk lokomotiv	15	2012	1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz, (200V 50Hz)		Sjekkes	Sjekkes	Ikke kjent		Tilfredsstillende
BR241/TRAXX F140	**HR**	HR	Elektrisk lokomotiv	15	2012	1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz, (200V 50Hz)		Sjekkes	Sjekkes	Ikke kjent		Tilfredsstillende
TRAXX F160 AC3			Elektrisk lokomotiv	5	2017	1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz						Tilfredsstillende
BR243/Vectron		HR	Elektrisk lokomotiv			1	Styring/kontroll							
941		HR	Diesellokomotiv	2	2005	1	Ingen	Ingen			-			
CD312/T68		CN	Diesellokomotiv	8	2010	1	Ingen	Ingen			-			
Di3		BN	Diesellokomotiv	2		1	Ingen	Ingen			-			
Di4	NT	VY	Diesellokomotiv	5	1980	1	Ingen	Ingen			-			
Di8	NSB/NT	VY BB	Diesellokomotiv	7	1997	1	Ingen	Ingen			-			Utilstrekkelig
Gravita		BS, CN	Diesellokomotiv	2	2011	1	Ingen	Ingen			-			
NS6400		NRC, GR, NJ(	Diesellokomotiv	4	2017	1	Ingen	Ingen			-			
Skd 220c		Div	Skiftetraktor diesel	10	1973	1	Ingen	Ingen			-			
Ska 223		Mantena	Skiftetraktor akkumulator	2	1980	1	Styring/kontroll, driftsfunksjoner	15000V 16,7Hz			-			Under vurdering
Skd 224		BN, CN	Skiftetraktor diesel	6	1979	1	Ingen	Ingen			-			
Skd 226		CN, GR, BS	Skiftetraktor diesel	15	1973	1	Ingen	Ingen			-			
Skd 228		GR	Skiftetraktor diesel	2	1981	1	Ingen	Ingen			-			
Skd 229		GR	Skiftetraktor diesel	1	1963	1	Ingen	Ingen			-			
T44		LKAB	Diesellokomotiv	2	1980	1	Driftsfunksjoner	400V 50Hz		-	-			
T46		LKAB	Diesellokomotiv	2	1980	1	Driftsfunksjoner	400V 50Hz		-	-			
T44		GC	Diesellokomotiv	-52	1980	1	Driftsfunksjoner	400V 50Hz			-			
T66			Diesellokomotiv	2	2003	1	Ingen	Ingen			-			
TMY		TÅGAB	Diesellokomotiv	5	1957	1	Ingen	Ingen			-			
TMZ/MZ		Div	Diesellokomotiv	20	1978	1	Ingen	Ingen			-			
V4		GR	Diesellokomotiv	4	1973	1	Ingen	Ingen			-			
Vossloh G 1000 BB		SVG	Diesellokomotiv	1	2009	1	Ingen	Ingen			-			
Tp69B	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	6	1975	2	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, (1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz)				2002 (Filipstad)	+ 110 V 16,7 Hz max 350 A til prøv	Under vurdering
TP69CII	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	13	1976	3	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, (1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz)					+ 110 V 16,7 Hz max 350 A til prøv	Under vurdering
T69D	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	16	1994	3	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, (1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz)					+ 220 V 16,7 Hz og 3x220 V 16,7 Hz	Utilstrekkelig
TP69G	NT	VYG	Elektrisk motorvognsett	9	1988	3	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, (1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz)					+ 220 V 16,7 Hz og 3x220 V 16,7 Hz	Utilstrekkelig
TP69H	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	10	1988	3	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, (1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz)					+ 220 V 16,7 Hz og 3x220 V 16,7 Hz	Utilstrekkelig
TP70	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	16	1996	4	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz						Under vurdering
TP71	FT	FT	Elektrisk motorvognsett	16	1998	4	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz	Ikke vurdert	Høyspenningsanlegg som spenn	Teknisk forrigling	Ikke kjent	Vurdert som ikke klatrebar av FT	Tilfredsstillende
TP72	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	36	2006	4	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz			Teknisk forrigling	2007 (Stavanger)		
TP73A	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	14	2001	4	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz			Teknisk forrigling			Tilfredsstillende
TP73B	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	6	2001	4	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz			Teknisk forrigling			Tilfredsstillende
TP74	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	41	2019	5	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz		Høyspenningsanlegg som spenn	Teknisk forrigling			Tilfredsstillende
TP75	NT	VY	Elektrisk motorvognsett	85	2019	5	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz		Høyspenningsanlegg som spenn	Teknisk forrigling			Tilfredsstillende
TP76	NT	VY	Elektrisk/diesel motorvogns	2	2020	6	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, 1000V 50Hz		Høyspenningsanlegg som spenn	Teknisk forrigling			
TP78	FT	FT	Elektrisk motorvognsett	8	2019	4	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, (1000V 50Hz), 400V 50Hz	Oppfyller EN 50153	Høyspenningsanlegg som spenn	Teknisk forrigling	Nei		Oppfyller EN 50153
TP92	NT	VY	Diesel motorvognsett	14	1985	2	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-			
Tp93	NT	VY	Diesel motorvognsett	15	2002	2	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	400V 50Hz		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-			
X2/X2K/X2Upgrade	SJ	SJ	Elektrisk motorvognsett	36	1996	7	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz, 1000V 16,7 Hz, (1000V 50Hz)		Høyspenningsanlegg som spenn	Delvis teknisk forrigling (togvarmekontakt går ikke inn om det er spenning i togvarmekrets		Vurdert som ikke klatrebar av SJ	Under vurdering
X52/53 -2		VTAB	Elektrisk motorvognsett	5	2005	2	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz			-			
X52/53 -3		VTAB	Elektrisk motorvognsett	3	2013	3	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz			-			
X55		SJ	Elektrisk motorvognsett	20	2012	4	Styring/kontroll, driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	15000V 16,7Hz	Oppfyller EN50153	C Tak kan ikke spenningsettes fr	Teknisk forrigling	SJ: Ingen kjente	Vurdert som ikke klatrebar av SJ	
Y1	VY	VY BB	Diesel motorvognsett			1					-			Under vurdering
Tp3	VY	VY (FB)	Passasjervogn	14	1972	1	Driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-			
Tp5	NT	VY	Passasjervogn	56	1981	1	Driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-	2009 (Lodalen)		
Tp7	NT	VY	Passasjervogn	59	1989	1	Driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-			Under vurdering
A4	VY	VY	Passasjervogn	1	1993	1	Driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-			
Fde	NT	VY	Passasjervogn	3	1991	1	Ingen	Ingen		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-			
WLAB-2	NT	VY	Sovevogn	20	1987	1	Driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz		Ikke høyspenningsanlegg på tak	-			Under vurdering
FR5	NT	VY	Bistrovogn	9	1979	1	Driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz						
FR7	NT	VY	Bistrovogn	8	1982	1	Driftsfunksjoner, servicefunksjoner, passasjerkomfort	1000V 16,7Hz, 1000V 50Hz						
Div	SJ	SJ	Diverse passasjervogner											

0) Informasjon om	Metode 1: Strømforsyning fra strømavtaker									
Litra	I bruk?	3) Automatisk gjeninnkobling ved spenningsavbrudd:	4) Max effektbeh	4) Typisk effektbeh	5) Batteritid	6) Elektrisk lastkarakteristikk	7) Effektfakt	8) Elektriske tap	9) Løser høyspenning	Kommentar
TSI	Ja	Automatisk				Nettstrømretter, diodelikeretter, passivt filter	EN50388			
BR161	Ja					Varmemotstand?				
El11	Ja									
El14	Ja, men rigges normalt ned	Automatisk (kobler ikke ut)				Diverse fra 200 V uttak på hovedtransformator		Hovedtransformator, støttesystemer	Trykkvokter	
El16	Ja, men rigges normalt ned	Automatisk (kobler ikke ut)				Hjelpestrømretter, passivt filter		Hovedtransformator, støttesystemer	Trykkvokter	
El18	Ja	Automatisk i "hensatt oppkoblet"		48			0,5 ind		Trykkvokter	
IORE	Ja, om vinteren, nedrigget o	Kobler automatisk inn om spenningen er tilbake innen 30 min		60		Hjelpstrømretter	0,85 ind	Hovedtransformator, støttesystemer		Normalt opprigget om vinteren, nedrigget om sommeren
Ma	Ja									
BR143 (RC)	Ja, men rigges normalt ned					Passivt filter				
Rc2	Ja, men rigges normalt ned					Passivt filter				
Rc3	Ja, men rigges normalt ned					Passivt filter				
BR187	Ja								Trykkvokter	
Rc4	Ja					Passivt filter			Trykkvokter	
Rc6	Ja	Nei, fortsetter på batteri			> 3 timer ved aktiverin	Passivt filter		Hovedtransformator, støttesystemer	Trykkvokter	
Re	Ja								Trykkvokter	
CE119/TRAXX F140	Ja, men rigges normalt ned	Manuell innkobling		36	Varierer mest med ten	Hjelpestrømretter, passivt filter	0,95 ind	Hovedtransformator (3,5 kW), støttesystemer	Trykkvokter	
BR241/TRAXX F140	Ja, men rigges normalt ned	Manuell innkobling		36	Varierer mest med ten	Hjelpestrømretter, passivt filter	0,95 ind	Hovedtransformator (3,5 kW), støttesystemer		
TRAXX F160 AC3	Ja, men rigges normalt ned			60		Diodelikeretter (sannsynligvis)				
BR243/Vectron						Diodelikeretter fra og med versjon D	0,78 ind			
941	N/A	-	-	-		-	-	-		
CD312/T68	N/A	-	-	-		-	-	-	-	
Di3	N/A	-	-	-		-	-	-		
Di4	N/A	-	-	-		-	-	-		
Di8	N/A	-	-	-		-	-	-		
Gravita	N/A	-	-	-		-	-	-	-	
NS6400	N/A	-	-	-		-	-	-		
Skd 220c	N/A	-	-	-		-	-	-		
Ska 223	Ja									Batterilading
Skd 224	N/A	-	-	-		-	-	-	-	
Skd 226	N/A	-	-	-		-	-	-	-	
Skd 228	N/A	-	-	-		-	-	-		
Skd 229	N/A	-	-	-		-	-	-		
T44	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T46	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T44	N/A	-	-	-		-	-	-	-	
T66	N/A	-	-	-		-	-	-		
TMY	N/A	-	-	-		-	-	-		
TMZ/MZ	N/A	-	-	-		-	-	-		
V4	N/A	-	-	-		-	-	-		
Vossloh G 1000 BB	N/A	-	-	-		-	-	-		
Tp69B	Ja	Automatisk (kobler ikke ut)		50					Ja	Utrangert
TP69CII	Ja	Automatisk (kobler ikke ut)		50					Ja	
T69D	Ja	Automatisk (kobler ikke ut)		50					Ja	
TP69G	Ja	Automatisk (kobler ikke ut)		50					Ja	
TP69H	Ja	Automatisk (kobler ikke ut)							Ja	
TP70	Ja	Automatisk		72					Ja	
TP71	Ja	Automatisk	200	120-150-180	Par timer	Nettstrømretter		Hovedtransformator, nettstrømretter, støttesystemer		Trenger trykk og ventilasjon i underrede for å hindre vanninntregning
TP72	Ja	Manuell		102					Ja	
TP73A	Ja	Automatisk		129-131-180		Nettstrømretter	0,67 ind		Ja	
TP73B	Ja	Automatisk		129-131-180		Nettstrømretter	0,67 ind		Ja	
TP74	Ja	Automatisk ved "hensatt oppkoblet"	250	57-100	Rimelig tid	Diodelikeretter	0,85 ind	Hovedtransformator, nettstrømretter 16 kW per sett	Ja	
TP75	Ja	Automatisk ved "hensatt oppkoblet"	250	59-100	Rimelig tid	Diodelikeretter	0,85 ind	Hovedtransformator, nettstrømretter 16 kW per sett	Ja	
TP76	Ja	Automatisk ved "hensatt oppkoblet"	250	100					Ja	Inkl. lading av traksjonsbatteri
TP78	Ja	Automatisk			Par-tre timer	Nettstrømretter				
TP92	Nei	-	-	-		-	-		-	
Tp93	Nei	-	-	-		-	-		-	
X2/X2K/X2Upgrade	Ja	Automatisk dersom avbruddet er < 90 sr, ellers fortsetter på bat	300/360		55 2 timer	X2Upgrade: Nettstrømretter. X2/X2K nettstrømr	0,7 ind		Ja	
X52/53 -2	Ja		130							
X52/53 -3	Ja									
X55	Ja	Automatisk dersom avbruddet er < 30 s i 0-läge og 4 min i P-läge	200/275	50/75/100	< 1 time	Nettstrømretter			Ja	
Y1										
Tp3	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tp5	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tp7	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
A4	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fde	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
WLAB-2	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
FR5	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
FR7	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	
Div	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	

0) Informasjon om	Metode 2: Strømforsyning fra togvarmepost 1000 V												
Litra	I bruk?	16,7 Hz?	50 Hz?	3) Automatisk gjeninnkobling ved spenningsavbrudd:	4) Max effektbeh	4) Typisk effektbeh	5) Batteritid	6) Elektrisk lastkarakteristikk	7) Effektfakt	8) Elektriske tap	10) Plassering tilkobl	Kommentar
TSI												
BR161												
El11	Ja											
El14	Nei	Nei	Nei									
El16	Nei	Kun serie 2	800 V									
El18	Ja	Ja	Ja		250							Hjelpestrøm inkl. oppvarming og batterilading
IORE	Nei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ma	Ja											
BR143 (RC)	Ja, men ikke i bruk som godslok											
Rc2	Ja, men ikke i bruk som godslok											
Rc3	Ja, men ikke i bruk som godslok											
BR187	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rc4	(Nei)											-
Rc6	Ja	Ja	Nei	Automatisk	4			Varmemotstand (sidekaminer i førerhytterne)			Vognende	
Re	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CE119/TRAXX F140	Ja, men ikke i bruk som godslok											
BR241/TRAXX F140	Ja, men ikke i bruk som godslok											
TRAXX F160 AC3	Ja, men ikke i bruk som godslok											
BR243/Vectron												
941	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
CD312/T68	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Di3	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Di4	Nei	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Di8	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Gravita	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
NS6400	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Skd 220c	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Ska 223	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Skd 224	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Skd 226	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Skd 228	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Skd 229	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
T44	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T46	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T44	N/A	-	-	-	-	-		-	-	-		-
T66	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
TMY	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
TMZ/MZ	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
V4	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Vossloh G 1000 BB	(Nei)	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Tp69B	Begrenset	Ja	Ja		70			Varmemotstand og batterilader				Kun batterilading og nødvarme, ettersom ventilasjon er avhengig av hjelpestrømrette
TP69CII	Begrenset	Ja	Ja		130			Varmemotstand og batterilader				Kun batterilading og nødvarme, ettersom ventilasjon er avhengig av hjelpestrømrette
T69D	Begrenset	Ja	Ja		130			Varmemotstand og batterilader				Kun batterilading og nødvarme, ettersom ventilasjon er avhengig av hjelpestrømrette
TP69G	Begrenset	Ja	Ja		130			Varmemotstand og batterilader				Kun batterilading og nødvarme, ettersom ventilasjon er avhengig av hjelpestrømrette
TP69H	Begrenset	Ja	Ja		130			Varmemotstand og batterilader				Kun batterilading og nødvarme, ettersom ventilasjon er avhengig av hjelpestrømrette
TP70	Ja	Ja	Ja	Automatisk	314/450		1-2 timer					Hjelpestrøm inkl. oppvarming og batterilading
TP71	Ja	Ja	Ja	(Manuelt)	Sjekker	Sjekker		Nettstrømretter	Sjekker	Hovedtransformator, nettstrømretter	Hver ende	Vann, ventilasjon, trykkluft fra en hjelpestrømretter og noe direkte til oppvarming
TP72	Ja	Ja	Ja	Automatisk - blir liggend	185/250					Hovedtransformator	Hver ende	Oppvarming osv.
TP73A	Ja	Ja	Ja	Automatisk - blir liggend	90/193	100				Hovedtransformator, nettstrømretter	Hver ende	
TP73B	Ja	Ja	Ja	Automatisk - blir liggend	90/193	100				Hovedtransformator, nettstrømretter	Hver ende	
TP74	Ja	Ja	Ja	Automatisk - blir liggend	260	15-20				Nei, egen depottransformator	Hver ende	
TP75	Ja	Ja	Ja	Automatisk - blir liggend	260	15-20				Nei, egen depottransformator	Hver ende	
TP76	Ja	Ja	Ja	Automatisk - blir liggend	260	15-20				Hovedtransformator		Inkl. lading av traksjonsbatteri
TP78	Ja	Ja	(Ja)	(Automatisk)	Sjekker			Hjelpestrømretter		Hovedtransformator	Hver ende	
TP92	Ja	Ja	Ja		76/100					-		Direkte oppvarming, transformatortilkobling for å levere 220 V til hjelpestrøm (batter
Tp93	Nei	-	-	-	-	-		-	-	-		-
X2/X2K/X2Upgrade	Ja	Ja	Ja, litra K	Automatisk	370-450		2 timer (1-4 avhengig av forhold)				Vognside hver vogn	
X52/53 -2										-		
X52/53 -3										-		
X55	Ja	Ja	Nei	Automatisk	95	70	< 1 time	Varmemotstand og batterilader			Hver ende og på side	av endevognene
Y1	Nei									-		
Tp3	Ja	Ja	Ja	Ja, om vognen er i drift	46			(Kraftelektronikk og motstand)		-		
Tp5	Ja	Ja	Ja	Ja, om vognen er i drift	43			(Kraftelektronikk og motstand)		-		
Tp7	Ja	Ja	Ja	Ja, om vognen er i drift	50			(Kraftelektronikk og motstand)		-		
A4	Ja	Ja	Ja	Ja, om vognen er i drift	33			(Kraftelektronikk og motstand)		-		
Fde	Nei	-	-	-	-	-		-	-	-		-
WLAB-2	Ja	Ja	Ja	Ja, om vognen er i drift	56			(Kraftelektronikk og motstand)		-		
FR5	Ja	Ja	Ja		80			(Kraftelektronikk og motstand)				
FR7	Ja	Ja	Ja		70			(Kraftelektronikk og motstand)				
Div	Ja	Ja		Ja	35	7						

0) Informasjon om	Metode 3: Strømforsyning fra togvarmepost 400 V									
Litra	I bruk?	3) Automatisk gjeninnkobling ved spenningsavbrud	4) Max effektbehov	4) Typisk (	5) Batteri	6) Elektrisk lastkarakteristik	7) Effektfakt	8) Elektriske t	9) Plassering tilkoblir	Kommentar
TSI										
BR161	(Nei)	-	-	-		-	-			
El11	(Nei)	-	-	-		-	-			
El14	(Nei)	-	-	-		-	-			
El16	(Nei)	-	-	-		-	-			
El18	(Nei)	-	-	-		-	-			
IORE	Ja, ved parke	-	63 A							Hovedsakelig batterilading og oppvarming/kjøling, men kompressor kan også gå
Ma	(Nei)	-	-	-		-	-			
BR143 (RC)	(Nei)	-	-	-		-	-			
Rc2	(Nei)	-	-	-		-	-			
Rc3	(Nei)	-	-	-		-	-			
BR187										
Rc4	(Nei)	-	-	-		-	-			
Rc6	(Nei)	-	-	-		-	-			
Re	(Nei)	-	-	-		-	-			
CE119/TRAXX F140	(Nei)	-	-	-		-	-			
BR241/TRAXX F140	(Nei)	-	-	-		-	-			
TRAXX F160 AC3	(Nei)	-	-	-		-	-			
BR243/Vectron	(Nei)	-	-	-		-	-			
941	(Nei)	-	-	-		-	-			
CD312/T68	(Nei)	-	-	-		-	-			
Di3	(Nei)	-	-	-		-	-			
Di4	(Nei)	-	-	-		-	-			
Di8	(Nei)	-	-	-		-	-			
Gravita	(Nei)	-	-	-		-	-			
NS6400	(Nei)	-	-	-		-	-			
Skd 220c	(Nei)	-	-	-		-	-			
Ska 223	(Nei)	-	-	-		-	-			
Skd 224	(Nei)	-	-	-		-	-			
Skd 226	(Nei)	-	-	-		-	-			
Skd 228	(Nei)	-	-	-		-	-			
Skd 229	(Nei)	-	-	-		-	-			
T44	Ja		63 A							Til oppvarming og batterilading
T46	Ja		63 A							Til oppvarming og batterilading
T44	(Nei)	-	-	-		-	-			
T66	(Nei)	-	-	-		-	-			
TMY	(Nei)	-	-	-		-	-			
TMZ/MZ	(Nei)	-	-	-		-	-			
V4	(Nei)	-	-	-		-	-			
Vossloh G 1000 BB	(Nei)	-	-	-		-	-			
Tp69B	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP69CII	(Nei)	-	-	-		-	-			
T69D	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP69G	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP69H	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP70	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP71	(Nei)	-	-	-		-	-	-	-	
TP72	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP73A	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP73B	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP74	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP75	(Nei)	-	-	-		-	-			
TP76	(Nei)	-	-	-		-	-			Inkl. lading av traksjonsbatteri
TP78	Ja	(Automatisk)	64A/400V (halv kapasitet) 128 A full kapasitet	-		Hjelpestrømretter		Ingen	Midt på	2 inntak a 64 A
TP92	(Nei)	-	-	-		-	-			+ 3 x 220 V 50 Hz max 3x63 A trefasestikk for direkte forsyning (utenom vekselrette
Tp93	Ja		63 A			Batterilader				
X2/X2K/X2Upgrade	Test	-	-	-		-	-			Kun testspenning 3*380 V
X52/53 -2	(Nei)	-	-	-		-	-			
X52/53 -3	(Nei)	-	-	-		-	-			
X55	Ja	Automatisk	20	<20	<1 time	Batterilader			På ene siden av endevognene og en mellomvogn	
Y1										
Tp3	Nei	-	-	-		-	-			
Tp5	Nei	-	-	-		-	-			
Tp7	Nei	-	-	-		-	-			
A4	Nei	-	-	-		-	-			
Fde	Nei	-	-	-		-	-			
WLAB-2	Nei	-	-	-		-	-			
FR5										
FR7										
Div										

VEDLEGG 2 OVERSIKT OVER KLATRING PÅ HENSATTE KJØRETØY

Registreringer i Synergi for både skade og tilløp til skade ved klatring på hensatte kjøretøy (kode 10.01 Personskade i høyspenningsanlegg) mellom 1999-01-01 og 2018-12-31 med unntak av ulykken 2019-02-24.

Synergi ID	År	Uønsket hendelse type	Part	Sted	Kjøretøy	Beskrivelse
(ikke funnet)	1998?	Skade (varige men)	3.part	(ukjent)	(Tp 69?)	Beruset mann (29) klatret på taket til kjøretøy og fikk strømgjennomgang
14349	1999	Skade (død)	1.part	Oslo S	Beredskapstoget	Mann (40) kom i kontakt med KL under arbeid på toget
16762	2002	Skade (behandlingsskade)	3.part	Loenga	Sannsynligvis gammel godsvogn	Person funnet med strømgjennomgang mellom spor 6 og 7
18019	2002	Skade (død)	3.part	Filipstad	Tp69	Ungdom (17) funnet død på kjøretøytaket etter brann
6334	2005	Tilløp	3.part	Haven Oslo S stasjon	(Tp 69?)	Lokfører melder om ungdommer i ferd med å klatre opp på kjøretøytak. Spenning utkoplet øyeblikkelig.
57286	2006	Skade (sykehusinnleggelse)	2. evnt. 3.part	Bergen spor 8	Containervogn/ Trailervogn	Lastebilsjåfør klatret på vogn for å sjekke kjølecontainer. Spenningsgjennomgang og fall.
107046	2007	Skade (alvorlig personskade)	2.part	Stavanger stasjon	Tp72	Beruset mann (28) klatret på taket og fikk strømgjennomgang
205564	2009	Skade (alvorlig personskade)	3.part	Lodalen K1 K2	(Mellom passasjervogner tp 5?)	Psykotisk (33) mann funnet i brann etter meldt smell, lysglimt og bryterfall. Klatret på tog, fikk strømgjennomgang og falt på bakken.

Synergi ID	År	Uønsket hendelse type	Part	Sted	Kjøretøy	Beskrivelse
216346	2010	Tilløp	3.part	Stavanger stasjon	Tp73	Person klatret, spenning utkoplet, ikke fare for å komme på tak.
221867	2010	Tilstand		Kongsberg		Porten inn til servicesporene står åpen
239584	2011	Tilløp	3.part	Gjøvik stasjon spor 3	Tp69	Forvirret jente klatret på kjøretøy, TXP fikk henne ned
233894	2011	Tilstand		Voss	Arbeidsmaskiner (Huddig og stormobil)	Arbeidsmaskiner hensatt under spenningssatt KL
235458	2011	Tilstand		Moss	Tp72	Manglende tilsyn av kjøretøy hensatt under spenningssatt KL
241721	2011	Tilstand		Sandvika arbeidsområde	Diesellok (MZ)?	Lokomotiv hensatt under spenningssatt KL
252886	2012	Tilstand		Alnabru		Lokomotiv hensatt under spenningssatt KL
261172	2012	Tilstand		Moss		Arbeidsmaskiner hensatt under spenningssatt KL
274090	2012	Tilstand/tilløp		Halden	Vannvogn	Rapportert om farlig stige, brannvesen klatret opp
251373	2012	Tilstand		Nodeland arbeidsområde	Stormobil	Arbeidsmaskin hensatt under spenningssatt KL
268111	2012	Tilstand		Nelaug	Ballastfordeler og pakkmaskin	Arbeidsmaskiner hensatt under spenningssatt KL
306548	2013	Tilstand		Voss	Stormobil?	Arbeidsmaskiner hensatt under spenningssatt KL
305685	2013	Tilstand		Stavanger	Revisjonsvogn	Arbeidsmaskin hensatt under spenningssatt KL
353092	2014	Tilstand		Sarpsborg	Lokomotiv og revisjonsvogn	Arbeidsmaskiner hensatt under spenningssatt KL

Synergi ID	År	Uønsket hendelse type	Part	Sted	Kjøretøy	Beskrivelse
Elsikkerhet nr 88	2018	Tilløp	1.part	Transportterminal	Skiftetraktor	Skifter sto på toppen av traktoren for å etterfylle drivstoff
409189	2016	Skade (død)	3.part	Skarpsno på linjen Rudshøgda-Moelv	Ballastrenseverk	Ungdom (20) som hadde inntatt alkohol klatret, kom nær KL og fikk strømgjennomgang
4251235	2016	Tilstand		Narvik	Traxx	Kjøretøy hensatt under spenningssatt KL
463637	2017	Tilløp	3.part	Ideal sidespor	Godsvogn	Melding om ungdommer på vogntaket, borte ved inspeksjon
454617	2017	Tilløp	3.part	Bryn	Ukjent	Melding om gutter som klatrer på kjøretøy, borte ved inspeksjon
445284	2017	Skade (personskade)	3.part	Bergen stasjon spor 93	El14	Beruset mann (20) klatret på lokomotiv, kom nær KL og fikk strømgjennomgang.
456100	2017	Tilstand		Roa	Pakkmaskin	Arbeidsmaskin hensatt under spenningssatt KL
459579	2017	Tilstand		Asker	Boretoget	Arbeidsmaskin hensatt under spenningssatt KL
	2019	Skade	3.part	Filipstad	Tp69	Tre ungdommer klatret på kjøretøy og fikk strømgjennomgang

Kort omtale av skader hentet fra «Elsikkerhet» utgitt av DSB om ikke annet er angitt.

Ukjent (1998?)
Mann alvorlig skadet av strømgjennomgang fra kontaktledningsanlegg
I april klatret en beruset 29 år gammel mann opp på taket av et hensatt togsett. I enden av togsettet var det en stige som førte opp til en gjennomføring på togtaket. Gjennomføringen var forbundet til togsettets pantograf som sto under spenning.

Til tross for at stigen hadde låst klatrevern og at det var satt opp advarselskilt, tok mannen seg opp på taket og kom der i berøring med spenningssatte deler. Han ble utsatt for strømgjennomgang og falt ned på marken hvor han senere ble funnet hardt skadet.

Under befaring ble det funnet brannsår mellom gjennomføringen (isolator) og høyspenningsbryter på taket av motorvognen. Det var synlige brannmerker i ca. 10 cm lengde på strømskinnen og i nærheten av toppen av isolatoren. Det ble også funnet brannsår på det øverste trinnet i stigen til taket. Hendelsesforløpet synes dermed rimelig klart.

Everket som strømforsyner anlegget, kunne opplyse at de hadde hatt utkobling på ledningen kl 0253 og det antas at ulykken skjedde da. Mannen ble funnet ca. kl 0500 og politi og ambulanse ble tilkalt. Han ble kjørt til sykehus og siden fraktet til brannskadeavdelingen ved Haukeland Sykehus.

Mannen hadde 65 % utvendige brannskader samt innvendige skader som følge av strømgjennomgangen og i tillegg fallskader. Han fikk et lengre sykehusopphold og vil få varige men.

Oslo S (1999)
I oktober ble en 40 År gammel mann drept da han klatret opp på en container på en jernbanevogn og kom i berøring med kontaktledningsanlegget. Han ble drept på stedet.

Mannen var ansatt ved en virksomhet som skulle sluttføre arbeidene på en container. Containeren var plassert på en jernbanevogn som var en del av et beredskapstog. Toget inngår i beredskapen ved eventuelle ulykker i Romeriksporten. Arbeidene besto i sveisearbeider inne i containeren. Sveisingen medførte imidlertid lakkskader på containerens tak. Mannen klatret via en stige opp på taket for Å utbedre lakkskadene. Etter at malerarbeidet var utført reiste han seg opp og kom i berøring med kontaktledningen med hodet og ble drept av strømgjennomgang.

Loenga (2002) (onsdag 2002-07-31 kl 19.55)
Kun tilgjengelig kort synergimelding og muntlig fortelling: Ansatt hos riksantikvaren klatrer på hensatt vogn, sannsynligvis lokomotiv eller gammel godsvogn, for å få høyde og oversikt for fotografering av middelalderparken. Personen ble funnet skadet på bakken med strømgjennomgang. Loenga var et område der mange gamle godsvogner sto langtidshensatt. Området var inngjerdet, men porten sto åpen.

Filipstad (2002) (lørdag 2001-11-23 kl 16.48)

23. november omkom en 17 år gammel ungdom av strømgjennomgang da han under tagging av et togsett kom i berøring med Jernbaneverkets kontaktledningsanlegg. Togsettet sto på avsperret område under spenningssatt kontaktledning (15 kV).

I følge vitneavhør har tre ungdommer ulovlig tatt seg inn på området i den hensikt å tagge togsett. Den omkomne har klatret opp på togtaket og kommet i berøring med kontaktledningsanlegget. Han ble funnet omkommet på togtaket sterkt forbrent. Det var satt opp advarselskilt på området og på toget. Ulykken skyldes at uvedkommende mot bedre vitende ulovlig har tatt seg inn på området og opp på togsettet.

Bergen (2006)
Den 23. juni ble en 38 år gammel sjåfør ansatt i et transportfirma alvorlig skadet da han falt ned fra taket på en container etter å ha kommet i kontakt med jernbanens kjøreledning.

Den dagen ulykken skjedde, oppstod det en feil på en kjølecontainer under transport på et godstog. Kjøleaggregatet hadde stanset, og transportfirmaet fikk melding om dette via fjernovervåkning. Da containeren kom fram til godsterminalen på bestemmelsesstedet om kvelden, ville firmaet forsøke å få startet kjøleaggregatet igjen. De tok da kontakt med en sjåfør ansatt i et annet firma, som kjørte på kontrakt og kjente til gjeldende containertype. Han sa seg da villig til å være behjelpelig i saken, til tross for at hans firma ikke hadde ansvaret for dette.

Sjåføren dro til godsterminalen, og prøvde først å starte aggregatet fra et betjeningspanel på containeren. Da dette ikke gikk, klatret han opp på nabovogna og tok seg over på taket på kjølecontaineren. Godstoget var denne kvelden, mot normalt, hensatt på et spor under spenningsførende kjøreledning i utkanten av terminalområdet. Da sjåføren skulle gå ned fra containeren, kom han nær kjøreledningen, ble utsatt for strømgjennomgang, og falt ned på bakken. Han fikk bruddskader i hoften av fallet, i tillegg til brannskader som følge av strømgjennomgangen. Brannskadene var så store at sjåføren måtte amputere den høyre foten under kneet. I tillegg fikk han nedsatt førlighet i venstre hånd.

Ulykken er etterforsket av politiet. Den skadede sjåføren skulle normalt ikke ha tilgang til containere før de er losset av togsettene, dette var hovedtransportfirmaets ansvar. Det kom imidlertid fram at det ikke var uvanlig at ansatte i andre firma som var involvert i transporten hadde befatning med containere før de var losset av. Etter det en har fått opplyst, blir rutinene for behandling av containere og forholdet mellom de ulike involverte firmaene nå gjennomgått på nytt.

Stavanger (2007) (lørdag 2007-05-12 kl 05.59)

Kun tilgjengelig kort synergimelding og muntlig fortelling: Beruset utenlandsk marinesoldat ankom stasjonen gjennom jernbanetunnel i spor 2 og skulle ta lokaltoget som sto i spor 1. Klatret over motorvognsett tp 72 som på den tiden hadde åpne kabelforbindelser mellom vognene som fungerte som stige. Togekspeditør sto på plattformen for vaktbytte.

Lodalen (2009) (onsdag 2009-06-10 kl 00.35)
10. juni ble en 33 år gammel mann alvorlig og livstruende skadet av lysbuekortslutning og strømgjennomgang i det han kom i berøring med en 15 kV kontaktledning på taket av et hensatt tog.

Selve ulykken som skjedde ca kl.00.35 om natten er dokumentert ved en videofilm fra overvåkingskamera. Togsettet sto på et inngjerdet og avsperret område. Det er funnet et oppklipt hull i gjerdet som tyder på at mannen har kommet inn på området gjennom dette. Han har så tatt seg fram mot togsettet og først krabbet under dette før han så har brutt seg inn i en vogn. Han har deretter tatt seg opp på taket av togsettet ved å klatre opp mellom to vogner. På taket av togsettet har han så kommet i berøring med 15 kV kontaktledning og lysbuekortslutning har oppstått.

Det er observert både smell og lysglimt fra togsettet og bryterfall kl. 00.35. Av videofilmen kan en se at mannen ligger brennende på taket av togsettet før han ruller ned og faller på bakken hvor han blir liggende og brenne. Brann/redning og ambulanse ble tilkalt og ankom ca en halvtime etter at ulykken skjedde.

Det fremgår at mannen er ble sendt til sykehus med alvorlige og livstruende brannskader. Han overlevde, men har fått amputert begge ben. Han er i skrivende stund på sykehus for rehabilitering. Det fremgår at det var høyspennings advarselskilt på gjerdet like ved det oppklipte hullet hvor en antar at mannen har tatt seg inn på området. Videofilmen viser også at mannen nærmet seg togsettet fra den kanten hullet i gjerdet var. Dessuten skal politihunder i etterkant ha markert for at han kan ha kommet gjennom gjerdet her. Årsaken til at mannen tok seg inn på området og opp på taket av togsettet er ikke kjent.

Skarpsno (2016) (søndag 2016-05-08 kl 03.30)
8. mai omkom en 20 år gammel mannlig elev ved en folkehøyskole da han kom i berøring med jernbanens kontaktledning under klatring på et hensatt arbeidstog. Kontaktledningsanleggets spenning er 16 kV (høyspenning), vekselstrøm.

Det fremgår at det helgen 7. – 8. mai skulle det foregå vedlikeholdsarbeid på en lengere jernbanestrekning. Arbeidet besto iblant annet ballastrensing, svillebytte og skinnenøytralisering i tillegg til en hel del andre arbeider i jernbanesporet. Disse vedlikeholdsarbeidene ble foretatt fra et 300 meter langt arbeidstog. Etter endt arbeidstid 7. mai ca. kl. 21.00 ble arbeidstoget

parkert i jernbanelinjen rett nedenfor en folkehøyskole. Denne helgen var det "togfri" på jernbanestrekningen det ble arbeidet på, slik at det var ingen togtrafikk.

Langs jernbanelinjen hvor arbeidstoget sto parkert gikk det en vei som ble benyttet både av biler og fotgjengere for å komme seg til nærmeste tettsted/sentrum. Veien er adskilt fra jernbanen med et gjerde og benyttes ofte også av elever ved folkehøyskolen. Normalsituasjonen er at kontaktledningsanlegget til enhver tid er spenningssatt og at det unntaksvis frakoples når det skjer arbeid på eller i nærheten av kontaktledningsanlegget. I dette tilfellet sto arbeidstoget parkert under spenningsførende kontaktledningsanlegg. Det fremgår av Jernbaneverkets regelverk at det stilles krav til vakthold dersom kjøretøy/tog hensettes/parkeres under spenningsførende kontaktledning på spor der det ikke foreligger bestemmelser som tillater dette. Med vakthold menes visuell kontroll av kjøretøyet/toget, minimum en gang pr. time. I dette tilfellet var det etablert vakt med en vaktmann som satt i en vaktbil og foretok streifinspeksjoner langs arbeidstoget.

Vaktmannen satt i bilen ved den ene enden av toget da han ca. kl.3.40 om natten så 10 – 15 ungdommer på veien langs jernbanelinjen i motsatt ende av toget. Disse ungdommene var på vei i retning av folkehøyskolen. Like etter så han et lysglimt i området hvor ungdommene befant seg. Han startet bilen umiddelbart og kjørte i retning hvorfra han så lysglimtet. Da han kom frem ble han kjent med hva som hadde skjedd og at en elev fra folkehøyskolen hadde klatret opp på arbeidstoget og kommet i berøring med spenningsførende kontaktledning og blitt alvorlig skadet. Politi, brannvesen og ambulanse ble umiddelbart tilkalt og det ble gitt livreddende førstehjelp til den forulykkede som dessverre viste seg å ha omkommet.

Det fremgår at ungdommene/elevene hadde vært på fest for å feire avslutningen av skoleåret ved folkehøyskolen og de var på tur tilbake til skole. Da de passerte det parkerte arbeidstoget fikk noen av de den innskytelsen at det skulle være "moro" å gå opp på toget. De hadde ingen tanker om at kontaktledningen over arbeidstoget kunne være farlig. Det er også uklart om de hadde observert ledningen. Tre av ungdommene klatret opp på toget. Det var en av disse tre som kom i berøring med kontaktledningen og omkom. De to andre som hadde vært oppe på toget ble senere brakt til legevakt. Det fremgår at mastene i kontaktledningsanlegget var merket med advarselsskilt. Som årsak til ulykken angis uaktsomhet/uhell. Ulykken er blitt etterforsket av politiet, men det endelige resultatet av denne etterforskningen er ikke kjent. Statens havarikommisjon for transport har avgitt rapport 2017/02: Rapport om personulykke ved Skarpsno på Dovrebanen 8. mai 2016. Den kan lastes ned og leses her: https://www.aibn.no/Jernbane/Avgitte-rapporter/2017-02

Bergen 2017 (søndag 2017-03-05 kl 04.00)

5. mars ble en 20 år gammel mann alvorlig skadet av strømgjennomgang med følgeskader da han klatret opp på et elektrisk lokomotiv som var hensatt på en godsterminal og kom i berøring med jernbanens kontaktledning. Type fordelingsspenning er ikke oppgitt, men jernbanens kontaktledning blir drevet med vekselstrøm med spenning på 16 kV AC (høyspenning). Det fremgår mannen av ukjent grunn hadde kommet seg innpå godsterminalområdet og klatret opp på et hensatt godslokomotiv og kommet i berøring med kontaktledningen og ble som følge av det alvorlig skadet. Det fremgår at mannen ble funnet av politiet som har rapportert at han var ved bevissthet, men hadde ikke følelse i en arm og en fot. Han luktet svidd. Mannen ble kjørt til sykehus i ambulanse. Det oppgis at ulykken førte til et skadefravær på 30 dager. Som antatt årsak til ulykken oppgis uvitenhet. Det fremgår at lokomotiv normalt skal være hensatt under spenningsløs kontaktledning og at lokomotivfører i den forbindelse skal legge ut spenningen før han forlater lokomotivet.

Nedenfor er en oppstilling av registrerte skader mtp. risikogruppe og barrierer.

Skade	**Risikogruppe**	**Brutt barriere**	**Manglende barriere**	**Status barriere**	**Kommentar**
Ukjent 1998?	Voksen 3.part	Kjøretøysikring (klatrevern og advarselskilt)	Ukjent		Sannynligvis tp69. Klatrevernet er ikke vurdert etter de nye kriteriene
Oslo S 1999	1.part	FSE (frakopling eller avsperring)	Elrisikoforståelse		Ukjent tidspunkt på døgnet, men området er belyst.
Loenga 2002	Voksen 3.part	Områdetsikring (gjerde, men porten var ikke låst)	Kjøretøysikring (gammel godsvogn?) / frakopling? Elrisikoforståelse	Gikk ut instruks om å fjerne gamle vogner.	Mulig gammel vogn på slutten av levetiden – out of scope. Dagslys.
Filipstad 2002	Voksen 3.part	Områdesikring	Kjøretøysikring (klatrebar tp69) Elrisikoforståelse	Revurdere tp69 mtp. klatrebarhet	Frakopling ikke mulig: Tp69 trenger forsyning via strømavtaker og tidspunktet var november. Området er belyst.

Skade	Risikogruppe	Brutt barriere	Manglende barriere	Status barriere	Kommentar
Bergen 2006	Voksen 3.part	Områdesikring (avstand over spor)	Rutiner for 2.part Elrisikoforståelse		Kjøretøyet var ikke kommet helt fremt til lastespor, men midlertidig hensatt/gjensatt på annet spor. Området er belyst.
Stavanger 2007	Voksen Beruset 3.part	Områdesikring (gikk i jernbanespor)	Kjøretøysikring (klatrebar tp72)	Tp72 er gjort mindre klatrevennlig	Kjøretøyet var ikke hensatt, men i trafikk. Området er belyst. Kjøretøyet var etter det en forstår betjent og med stasjonsbetjening på plattform
Lodalen 2009	Voksen Utilregnelig 3.part	Områdesikring (advarselskilt)	Områdesikring (hull i gjerde) Elrisikoforståelse Kjøretøysikring (klatrebar tp5 eller tp3?, advarsel)	Dokumentere vedlikehold av gjerder	Området er belyst.
Skarpsno 2016	Voksen Beruset 3.part	Frakopling	Elrisikoforståelse		Kjøretøyet var ikke hensatt på stasjon, men på linjen – out of scope
Bergen 2017	Voksen Beruset 3.part	Frakopling Områdesikring (klatret over gjerde)	Elrisikoforståelse Kjøretøysikring (advarsel)		Området er belyst.
Filipstad 2019	Voksen (ungdom) 3.part	Områdesikring (tar seg forbi gjerde)	Områdesikring (lavt gjerde med hull og manglende skilting)	Dokumentere vedlikehold av gjerder	Kjørtøyene var hensatt i en mørk kulvert. Kulverten var nær ungdomsklubb.

Skade	Risikogruppe	Brutt barriere	Manglende barriere	Status barriere	Kommentar
		Kjøretøysikring (klatrevern og advarselskilt)	Frakopling over langtidshensatte kjøretøy		Åpenbart at personer oppholder seg i området. Synergimelding om forholdene et år før ulykken.

VEDLEGG 3 TIDLIGERE RISIKOVURDERINGER

7.1 Grov risikoanalyse – Hensetting av skinnegående materiell (2005?) [68]

Vurderingen er tilsynelatende utført av Sikkerhet Virksomhetstyring, men statusen er ukjent ettersom rapporten kun er lagret i saksarkivet (200302045-6) i en utgave med spor endringer. (Redaksjonell kommentar: Det er derfor uklart ved gjennomføringen av dette arbeidet hva status på vurderingen faktisk er).

Vurderingen er motivert av delingen av NSB til NSB BA og Jernbaneverket som ga behov for en revisjon av bestemmelsene for å ivareta elsikkerheten ved hensetting av kjøretøy. Tidligere var hensetting under spenningssatt kontaktledning ved plattform tillatt på betjente stasjoner. Togekspeditør som betjener stasjonene har etter delingen imidlertid begrenset mulighet til å føre tilsyn med hensatte kjøretøy. De nye reglene for hensetting under spenningsatt kontaktledning ble av jernbaneforetakene vurdert som vanskelige og lite hensiktsmessige å etterleve fordi de måtte etablere tilsyn selv (økonomisk konsekvens).

Formålet med vurderingen var å vurdere risiko knyttet til hensetting under spenningssatt kontaktledning, identifisere risikoreduserende tiltak og danne underlag for nye bestemmelser for hensetting.

Rapporten angir at klatring på kjøretøy utgjør en liten del av risikoen knyttet til topphendelsen personer skader i og ved spor. Erfaringsmessig har det vært 3 dødsfall knyttet til klatring på 35 år, dvs. 0,086 dødsfall per år. Det kvalifiserer til middels risikonivå og at tiltak skal vurderes etter nytte/kost. Videre angir rapporten at det må skilles på bevisste (eks. tagging) og ubevisste (eks. barns lek) handlinger og at tiltakene for disse vil være forskjellige, men at tiltak mot ubevisste handlinger vil bli prioritert. Likevel identifiseres ikke risikoen knyttet til de to typene handlinger.

Rapporten angir i tillegg (2.1.1) at «til tross for at driftsbanegårder og vedlikeholdssentre er de områdene som er minst tilgjengelige ved å være relativt godt inngjerdet/beskyttet og med døgnkontinuerlig trafikk/betjening, er det på slike områder de fleste ulykkene har inntruffet». Likevel konkluderer rapporten med (4) at «Hensetting av materiell direkte ved platform er ikke akseptabelt».

Rapporten gjør en nytte/kost-vurdering og gir driftsleder en sjekkliste for å kunne redusere risikoen:

- Primært vurdere
    - Endring av togruter: Lite aktuelt tiltak, men tas inn som en del av ruteplanprosessen). Nytte/kost ikke beregnet
    - Personell (lokfører) i toget for kortere opphold: Kort opphold med betjent kjøretøy er ikke per definisjon hensetting og for lengre opphold ikke funnet nytte/kost-effektivt.
    - Seksjonering av kontaktledningsanlegget: Generelt ikke nytte/kost-effektivt, men anbefales likevel vurdert i sammenheng med togvarmepost.
    - Hensetting ved bruk av varmepost: 40 % av materiellparken den gang kunne ikke hensettes til togvarmepost av tekniske årsaker. For

fremtiden angis det at det ikke er hjemmel for å kreve tilkoblingsmulighet for togvarmepost på kjøretøy.
    - Bygging av varmepost: Se punkt over. Generelt ikke nytte/kost-effektivt og anbefales ikke implementert. Tilleggsytelse med økonomisk konsekvens for jernbaneforetakene.
    - Større grad av bortskifting av materiell (til spor hvor kontaktledningen kan frakobles og jordes): Følges opp der det er tilgjengelige spor
- Sekundært dersom punktene over ikke kan gjennomføres innefor nytte/kost-rammer:
    - Skilting: Følges opp på alle hensettingsområder med skilt med ny og forbedret tekst som er mer forklarende
    - Oppsetting av gjerde: Følges opp på alle hensttingsområder der driftsleder spesifiserer at det er behov. Kostnader ses i forhold til reduksjon av risiko knyttet til påkjørsel mm.
    - Overvåking:
    - Belysning: De fleste stasjoner/hensettingsområder er belyst. Kan vurderes benyttet entet ved at området er best beskyttet ved mørkelegging eller fullt opplyst.
    - Bevoktning: Generelt ikke nytte/kost-effektivt, men kan spesifiseres av driftsleder ved behov.

Rapporten angir også at bruk av ytterligere ressurser på sikring vil føre til at Jernbaneverket må nedprioritere andre aktiviteter som kan ha større nytte.

Nye bestemmelser som hjemles i Jernbaneverkets driftshåndbok:

- Alt materiell skal normalt hensettes under kontaktledning som er frakoblet og jordet.
- Materiell skal ikke hensettes til platform
- Områder for hensetting skal være/vurderes inngjerdet i den utstrekning det er mulig (spesielt mot områder åpne for alminnelig ferdsel med lukkede og låste porter som adkomstveier)
- Områdene må skiltes med advarselskilt med forklarende tekst
- Materiell flyttes i størst mulig grad til avskjermede områder, spesielt til områder hvor kontaktledningsanlegget kan frakobles og jordes.

Rapporten angir at stiger og lignende som gjør det enkelt å klatre i på kjøretøyet fjernes. Etter flere klatreulykker på 70 tallet ble stiger på norsk trekkraftmateriell utstyrt med klatrevern. Likevel gjenstår på stiger på godsvogner og andre muligheter (kabler og belger) for klatring på personvogner (motorvognsett). Dette oppgis å være utenfor Jernbaneverkets påvirkning.

Rapporten foreslår at det gjennomføres en kartlegging for å se nøyere på omfanget av hensettingen på hvert område og at utbedringer gjøres i forbindelse med annet arbeid.

7.2 Grov risikoanalyse – Elsikkerhet ved arbeid og aktivitet i forbindelse med trafikkutøvelse (2006) [42]

Vurderingen er en oppfølging av rapporten fra 2005? (forrige avsnitt) med tanke på kartlegging av hensettingsområder i Region Øst. Tilsvarende analyser kan ha blitt gjennomført i andre regioner også.

Selve risikovurderingen er lik som i 2005? med unntak av en enighet med Statens jernbanetilsyn om at hendelser med høy risiko ikke er akseptabelt. Analysen la til grunn worst case-betraktninger. Under befaring ble det funnet at det meste av hensettingen foregår under spenning da anleggene er lite hensiktsmessig utformet for hensetting.

For å kunne hensette under spenningssatt kontaktledning angir rapporten følgende relevant til elsikkerhet:

- Må være avsperret og skiltet med hensyn til tilfeldig adgang (ubevisste handlinger) (videreføring av tiltak fra 2005?)
- Materiell hensatt ved plattform må være ikke klatrevennlig. (opphevelse av tiltak fra 2005? uten forklaring eller begrunnelse.)

I gjennomgang av hensettingsområdene ble følgende tiltak vurdert:

- Gjerding
- Vedlikehold av eksisterende gjerder
- Skilting
- Bytte av skillebryter til jordingsbryter
- Utarbeidelse av instruks for bruk av spor
- Fjerning av gamle vogner som genererer uønsket ferdsel
- Fjerning av gamle bygninger som genererer uønsket ferdsel
- Etablere belysning.

Vedlagt rapporten er egen vurdering for hvert enkelt hensettingsområde i Region Øst (24 stk) med systembeskrivelse, fareidentifikasjon, risikovurdering og forslag til tiltak. Vurderingene ble utført av driftsleder, baneområdets elkraftfagpersoner og operativt personell under prosessledelse. Det er uklart om tiltakene virkelig ble utført ettersom identifiserte nødvendig vedlikehold av gjerde og skilting på Filipstad (vedlegg 4) også ble observert ved gjennomgang av elsikkerheten i 2017 ([69]) og ved undersøkelsen etter høyspenningsulykken i 2019 ([67]).

7.3 Risikoanalyse el-sikkerhet ved hensetting av materiell (2010) [28]

Risikoanalysen er et svar på DSBs forventning om risikovurdering fremkommet under et tilsyn i 2010. Tilsynet var rettet mot administrative forhold og rutiner som virksomheten har for drift og vedlikehold av sine elektriske anlegg. Analysen har som formål å identifisere farer som kan oppstå for tredjepart ved hensetting av kjøretøy under spenningssatt kontaktledning og vurdere risikoreduserende tiltak i henhold til Jernbaneverkets risikoakseptkriterier. Vurderingene er utført av sakkyndige driftsledere i alle tre regionene under prosessledelse basert på «worst-case».

Rapporten gjennomfører en fareidentifisering basert på en opplisting av 80 registrerte uønskede hendelser i synergi knyttet til personskader i forbindelse med

kontaktledningsanlegg. Uten dokumentasjon av selve analysen og evalueringen av risikoen konkluderer rapporten med at risikoen er middels.

Tidligere risikovurderinger (forrige avsnitt) er ikke referert til i rapporten. Men i vurdering opp mot akseptkriteriene angis det at risikonivået i utgangspunktet var akseptabelt. Ettersom ett av akseptkriteriene er tiltak etter ALARP og det er foreslått tiltak er vurderingen at etter de foreslåtte tiltakene er risikonivået redusert. Foreslåtte tiltak er:

- Adgangsbegrensning, belysning og skilting som tidligere (uten referense) er identifisert
- Tilsyn/vaktohold eller etablering av klatrehinder og advarselskilting på motorvognsett tp72 som er ansett å representere en betydlig risiko
- Krav om elrisikovurderinger tidlig i anskaffelsesprosessen av nye kjørøtøy som underlag for godkjenning av kjøretøyet i Norge
- Tilsyn hver time vurderes som tilstrekkelig.

Kommentar: Tp72 var åsted for en klatreulykke i Stavanger i 2007 etter først å ha blitt vurdert som umulig å klatre på. I dag er kablene mellom vognene i togsettet som tidligere fungerte som en stige til taket blendet av og det er satt opp advarselskilt. Et krav om risikovurdering ved nyanskaffelse ble ikke innført i Norge. Tp69 er derimot ikke nevnt, selv om det allerede hadde vært åsted for ett dødsfall og sannsynligvis en alvorlig ulykke på det tidspunktet analysen ble gjennomført.

7.4 Risikovurdering – Hensetting under spenningssatt KL – Generisk (2013) [39]

Risikovurderingen er utført i forbindelse med etablering av veileder for driftsbanegårder og hensetting ([24]) som en del av beslutningsunderlaget for om kjøretøy kan hensettes under spenningssatt kontaktledning. Analysen er gjennomført av veilederprosjektet med involvering av sakkyndige driftsledere og elkraftkompetanse for øvrig. Analysemetodikken legger til grunn at dersom det kan oppstå en fare som utgjør en reell risiko anbefales det å gjennomføre risikoreduserende tiltak.

Rapporten kombinerer lav sannsynlighet med høy konsekvens og anbefaler følgende risikoreduserende relevante tiltak:

- 2 m høyt gjerde med piggtråd i eiendomsgrense
- Kameraovervåking som i bynære eller andre eksponerte områder koples mot vaktsentral
- Etablering av barriereplan for hensettingsområdet med regelmessig kontroll av barrierene
- Adgangskontroll
- Fjerne krav om jording av frakoplet kontaktledningsseksjon på hensettingsspor.

Videre konkluderer rappporten med at hensettingsområdet skal godkjennes av sakkyndig driftsleder før det kan benyttes til hensetting under spenningssatt kontaktledning. Rapporten kommenterer at det vil være en restrisiko, men at denne vurderes som liten og innenfor akseptkriteriene. Kvantitative akseptkriterier er vurdert kvalitativt.

Krav om høyt gjerde, kameraovervåking og adgangskontroll ble innført i hensettingsveilederen. Kravet om jording ble ikke fjernet. Det er ikke funnet ut hvordan tiltaket knyttet til barriereplan ble fulgt opp. I rapporten angis det at de fleste kjøretøy er vurdert som lite klatrevennlige, uten nærmere forklaring.

7.5 Fareidentifisering – Generisk – Hensetting under spenningssatt KL (2017) [37]

Rapporten er utført som en del av arbeidet veileder for hensetting og driftsbanegårder. Hensikten er å samle relevante farer og tiltak fra eksisterende rapporter, dvs. de som er oppsummert i foregående avsnitt. Rapporten angir at den ikke vurderer opp mot Bane NORs risikoakseptkriterier. Likevel identifiseres ytterligere tiltak for å redusere risiko knyttet faren for 3.part ved hensetting under spenningssatt kontaktledning:

- Advarselskilt iht. NS 4210 minimum hver 15. m
- Port over jernbanespor i bynære områder skal vurderes
- Advarselskilt «Høyspenning livsfare» på kjøretøy etter behov identifisert av jernbaneforetakene
- Stålgjerde vurderes der det er sannsynlig at hensettingsområdet benyttes som snarvei for tredjepart

Hensettingsveilederen innfører kravet om advarselskilting, men ikke kravet om stålgjerde. Videre angir den at port over jernbanespor skal unngås, stikk i strid med anbefalingen i risikovurderingen.

Rapporten vurderer også tidligere identifiserte tiltak og fjerner blant annet følgende:

- Krav om barriereplan med argumentasjon om at driftsorganisasjonen benytter tiltaksplaner og generiske arbeidsrutiner (avgjort i møte)
- Fjerning av krav til jording av frakoplet kontaktledningsseksjon over hensettingsspor uten begrunnlse.
- Krav om elsikkerhetsvurdering av nye kjøretøy ettersom Bane NOR kun har mandat til å vurdere egne kjøretøy. Jernbaneforetak må derfor selv vurdere sine kjøretøy.

7.6 Alle baner – Generisk faridentifisering – Hensetting og bruk av togvarmepost (2017) [38]

Rapporten er utført som en del av revisjon av hensettingsveilederen og har til formål å identifisere farer og uønskede hendelser som kan oppstå i forbindelse med hensetting og bruk av togvarmepost, for så å eventuelt foreslår risikoreduserende/korrektive tiltak. Dette gjøres ved hjelp av en feilmodi- og feileffektanalyse og en SWIFT[28]-analyse. Rapporten ser på effekter/konsekvenser av ulike hendelser og foreslår tiltak uten en evaluering av risikoen. Oppsummeringen konkluderer med at de fleste farene og tiltakene er dekket gjennom eksisterende dokumenter med unntak av:

- Indikeringslampe på togvarmepost som feilaktig lyser når posten er spenningssatt. Tiltak: Pære med lang levetid

[28] Engelsek: Structured what-if technique

- Kjøretøy forlater hensettingsspor uten at fleksibel kabel tilknyttet togvarmeposten er frakoplet. Tiltak: Hvis plass, plassere togvarmeposten nær kjøretøyets førerrom som benyttes ved utkjøring.

Anbefalingen om plassering av togvarmeposten finnes ikke i veilederen.

7.7 Risikovurdering – Regelverk for «parkering» av kjøretøy under strømførende kontaktledning ved opphold i arbeider i og ved spor (2017) [70]

Etter klatreulykken på Skarpsno i 2016 fremmet Statens havarikommisjon for transport ([43]) en sikkerhetstilrådening der Bane NOR bes om å vurdere regelverk og praksis mtp. inn- og utkobpling av spenning over kjøretøy parkert på linjen. Hensikten med risikovurderingen var å se om dagens regelverk er egnet for å begrense risikoen forbundet med anleggsområder eller andre områder som ikke er tilrettelagt for parkering.

Rapporten angir at Bane NORs risikoakseptkriterier ikke er relevant og gjennomfører heller ikke noen vurdering av risiko basert på andre kriterier. Rapporten angir at Bane NOR ikke har dekkende bestemmelser for opphold i arbeid i og ved spor med tanke på frakopling over kjøretøy på linjen. Videre anbefales justeringer av noen styrende dokumenter og at de oppdateres med informasjon og bestemmelser for elsikkerhet. Det er i dette arbeidet ikke undersøkt hvorvidt anbefalingene er fulgt opp.

Det fremkommer av rapporten at flere personer i analysegruppen ikke var kjent med at regelverket for hensetting ikke gjelder for linjen. Risikoanalysen i rapporten oppgir at frakoplet kontaktledning som ikke er overvåket av leder for sikkerhet kunne eliminert faren som førte til ulykken, men at det kan skape falsk trygghet og nye farer ved spenningssetting igjen. Frakopling (og eventuell jording) uten tilsyn fra leder for sikkerhet er derfor ikke tillatt.

Kommentar: Det er svært vanskelig å forstå ut fra rapporten om Bane NOR faktisk endret praksis og tillot frakopling (og eventuell jording) uten tilsyn eller om praksisen med å spenningssette kontaktledningen som havarikommisjonen kritiserer vil holde frem. Det fremgår ikke eksplisitt av risikovurderingen.

VEDLEGG 4 BANE NORS RISIKOAKSEPTKRITERIER

Bane NORs risikoakseptkriterier er gitt i STY-604892 [34]. I dette vedlegget er akseptkriteriene gjengitt og deretter er restrisikoen ved fare 1 Klatring på kjøretøy under spenningssatt kontaktledning vurdert opp mot kriteriene.

7.8 Risikoakseptkriterier

Bane NORs risikoakseptkriterier for mennesker, miljø og verdier er som følger:

a) *Samfunnsrisikoen skal gjennom bygging av ny infrastruktur og endringer av varig art reduseres i forhold til eksisterende risikonivå, målt mot aktivitetsnivå.*

b) *Et hvert mulig risikoreduserende tiltak skal gjennomføres med mindre tiltaket vil medføre urimelige store forsinkelser, komplikasjoner, gjennomføringsvansker og/eller kostnader sammenlignet med potensiell risikoreduksjon (ALARP-prinsippet). For miljøskader er det kostnaden ved å reparere skaden (tilbakeføre miljøet til slik det var før skaden) som skal sammenlignes med kostnaden ved tiltaket.*

c) *For egne ansatte, ansatte i andre jernbaneselskaper samt leverandørers ansatte gjelder følgende risikoakseptkriterier, for utbygging så vel som for drift:*

1. *For enhver mulig hendelse som kan gi alvorlige skader skal det finnes to uavhengige forebyggende barrierer, eller*
2. *det skal finnes en beste praksis, ivaretatt ved sertifisering eller skriftlig prosedyre, for å sikre at risikoen ved aktiviteten er så lav som praktisk mulig, eller*
3. *det skal kunne demonstreres at risikoen for mest utsatte individ ikke overstiger en dødsrisiko på 1x10-3 pr år.*

d) *For eksisterende strekninger samt for nye skal risikoen for mest utsatte individ (passasjer eller tredje part) ikke overstige en dødsrisiko på 1x10-4 pr år.*

e) *Samfunnsrisikoen for nye strekninger skal ikke overstige 0,15 døde pr million togkilometer. Hvis det er stor usikkerhet om man er innenfor grensen, skal beslutning om risikoaksept tas av Bane NORs konsernsjef.*

f) *For ytre miljø gjelder følgende risikoakseptkriterier, for utbygging så vel som for drift:*

1. *Miljøtilstanden skal gjennom bygging av ny infrastruktur og endringer (av varig art) ikke reduseres i forhold til eksisterende tilstand, målt mot planlagt aktivitetsnivå.*
2. *For enhver mulig hendelse som kan gi alvorlige miljøskader skal det finnes to uavhengige forebyggende barrierer, eller*
3. *det skal finnes en beste praksis, ivaretatt ved sertifisering eller skriftlig prosedyre, for å sikre at risikoen ved aktiviteten er så lav som praktisk mulig.*

7.9 Vurdering fare 1

a) *Samfunnsrisikoen vurderes som uendret eller redusert:*
En sammenligning mellom eksisterende krav/praksis og foreslåtte nye krav er gitt i Tabell 19. Sammenligningen viser at eksisterende krav er uklare og udokumenterte, hvilket gir en svært varierende og tilfeldig praksis. Foreslått nye krav er tydelige og dokumenterte og tatt frem ved hjelp av felles sikkerhetsmetode. Dette gir en tydeligere sikkerhetsstyring, både i utførelse og oppfølging.

Tiltakene etablert gjennom krav til områdesikring og kjøretøysikring gjelder både eksiterende og nye hensettingsområder og kjøretøy. Som et minimum området eller kjøretøyet må være tilstrekkelig sikret, alternativt i en

kombinasjon. Flere av de erfarte ulykkene i Norge siste 20 år har skjedd der kombinasjonen av områdesikring og kjøretøysikring har vært mangelfull (Loenga 2002: Gammel vogn bak åpen port, Filipstad 2002: Tp69 bak gjerde med hull, Lodalen 2009: Vogn bak gjerde med hull, Filipstad 2019: Tp69 bak gjerde med hull). Kun ved ett tilfelle ble tilstrekkelig områdesikring brutt (Bergen 2017: Klatret over 2,5 m gjerde).

Det er viktig å merke seg at det ikke er tilstrekkelig å ha krav om barrierer og etablere dem. Barrierene må også vedlikeholdes. Se for eksempel [66] og [67]. Det ligger utenfor mandatet til dette arbeidet å vurdere vedlikeholdsregimet. En av forutsetningene for et tilstrekkelig vedlikehold og sikkerhetsstyring er imidertid tydelige krav med begrunnelse. Resultatet av denne risikovurderingen er nettopp en slik tydelighet og begrunnelse.

Kriteriet anses derfor som oppfyllt.

b) *ALARP:*
Flere tiltak er vurdert i 7.10.3. Det omfatter tiltak som er foreslått tidligere og nye forslag til tiltak. Vurderingen av nytte og kostnad har resultert i en anbefaling av de hensiktsmessige tiltakene. Det viktigste tiltaket for å fjerne risiko er frakopling av kontaktledningen. Det vil si at strøm til det hensatte kjøretøyet må forsynes ved hjelp av togvarmeanlegg. Basert på kostnadsanalysen i 3.3.1 synes dette tiltaket som ikke rimelig.

Kriteriet anses som oppfyllt.

c) *Risiko for ansatte*:
For 1.part som skal utføre arbeid i eller nær/ved høyspenningsanlegg gjelder FSE med krav om to barrierer. Alle andre 1. part som ikke skal utføre arbeid i eller nær/ved høyspenningsanlegg skal iht. arbeidsmiljøloven være gitt opplæring i og rutiner for sitt arbeid av sin arbeidgiver.

Kriteriet anses derfor som oppfylt gjennom punkt 1 og punkt 2.

d) *Risiko for mest utsatte individ*:
Det er uklart hvordan en for hensetting skal forholde seg til krav som stilles til en strekning, spesielt kvantitativt. Kvalitativt kan en imidlertid kommentere følgende: Andrepart blir tredjepart når han beveger seg utenfor publikumsområde og inn på jernbanens område som er forbudt for publikum. For barn og andre med redusert risikoforståelse, som er den gruppen vi har et særlig ansvar for, kan vi kanskje tenke at fordelingen er stokastisk. Statistikken viser at det har vært en alvorlig skade (Lodalen 2009) i denne risikogruppen på 20 år under eksisterende krav til hensetting av kjøretøy. For den risikogruppen voksen/ungdom som forventes å ha kjennskap til risikoforholdene i samfunnet, er det vanskelig å basere seg stokastisk en stokastisk fordeling. Aktiviteten ligger i et område mellom ubetenksomhet og kalkulert risiko, og det har vært flere ulykker, ca. hvert tredje år på landsbasis.

Kriteriet er vanskelig å vurdere, eventuelt ikke relevant.

e) *Samfunnsrisiko for nye strekninger*: Som punkt d) over

f) *Ytre miljø*: Ikke relevant

Tabell 19 Sammenligning av eksisterende krav og praksis for hensetting av kjøretøy under spenningssatt kontaktledning med foreslåtte nye krav

<table>
<tr><th></th><th>Dagens krav</th><th>Dagens praksis</th><th>Foreslåtte nye krav</th></tr>
<tr><td>Tilleggstjeneste</td><td>• NS 5.4.2.1: Togvarmepost
• NS 5.3.1.4: Kontaktledning kun implisitt for kjøretøy som ikke er tilpasset togvarmepost</td><td>• Kontaktledning for de fleste kjøretøy med strømavtaker når det ikke er planlagt avbrudd
• Togvarmepost i noen tilfeller i tillegg når det er planlagt</td><td>• Kontaktledning for kjøretøy med strømavtaker med togvarmepost som midlertidig reserve, med vilkår
• Togvarmepost kun for kjøretøy som behøver dette</td></tr>
<tr><td>Områdesikring</td><td>• TRV 520/13 2.2.a: Behov etter risikovurdering
• TRV 520/13 3.3.c: 1,8 m høyt flettverksgjerde uten piggtråd
• TRV 510/5 4.9: Advarselskilt
• Hensettingsveileder angir tilleggskrav</td><td>• Ca 1,8 m («tilfeldig») – vet ikke hvilke krav som gjelder og følges ikke opp systematisk (Fillipstadrapport linje 3)
• Omfattende manglende skilting (Elsikkerhetsrapport fase 2)</td><td>• Minimal: Ingen
• Normal: 1,8 m gjerde (alt. Flere jernbanespor) og advarselskilt mot publikumsområde
• Forsterket: 2,5 m omsluttende gjerde med piggtråd og advarselskilt (FEF veiledning, gjerdets funksjon tydeliggjort)</td></tr>
<tr><td>Kjøretøysikring</td><td>• SJN 2.9: Ikke klatrevennlig kjøretøy kan hensettes på angitte spor
• Kriteriene for ikke klatrevennlig kjøretøy er uspesifisert/udokumentert
• S-sirk 113-2006 tillot hensetting ved plattform av kjøretøy det normalt ikke går å klatre på uten hjelpemiddel. Sirkulæret ble repetert i 2008, men så ikke tatt inn i SJN.</td><td>• Ingen dokumentasjon av vurdering
• Tp72 ble først vurdert som vanskelig å klatre på og så etter en ulykke vurdert som ikke vanskelig
• Tp69 får hensettes på de angitte sporene og må forstås som vanskelig å klatre (obs har sannsynligvis vært tre dødsfall pga. klatring siste 20 år)
• El14 får hensettes overalt i Sarpsborg (en ulykke siste 5 år)
• Tilsynelatende ingen restriksjoner på Alnabru (Ballastrenseverk og godsvogner observert – umulig å frakople mtp. driften)
• Hvert jernbaneforetak påstår at deres kjøretøy er vanskelig å klatre på.</td><td>• Tilfredsstillende: EN50122-1 publikumsavstand fra ståplass (3,5 m), vanskelig å klatre på (som FEF om master) og EN50153 advarselskilt
• Nesten tilfredsstillende: EN50122-1 avstand (2,75 m) fra ståplass, klatring krever tydelig planlegging og innsats, og EN50153 advarselskilt
• Utilstrekkelig: Ikke tilfredsstillende eller nesten tilfredsstillende
• Tillatt kombinasjon av områdesikring og kjøretøysikring:
<table>
<tr><th>Område-/kjøretøy-sikring</th><th>Minimal</th><th>Normal</th><th>Forsterket</th></tr>
<tr><td>Tilfredsstillende</td><td>OK, men bør vurderes</td><td>OK</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>Nesten tilfredsstillende</td><td>Nei</td><td>OK, men diskuteres</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>Utilstrekkelig</td><td>Nei</td><td>Nei</td><td>OK, men bør unngås for langtidshensetting</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Vakthold</td><td>• Inspeksjon min. hver time uten frakopling for klatrevennlige kjøretøy</td><td>• Inspeksjon en gang i timen?</td><td>• Kontinuerlig uten frakopling for kjøretøy uten tilstrekkelig områdesikring og kjøretøysikring iht. tabell.</td></tr>
<tr><td>Sikkerhetsnivå</td><td>• Krever alltid særlig involvering av driftsleder
• Mengder av risikovurderinger</td><td>• Driftsleder gjør ad-hoc-vurderinger
• Sikkerhetsnivå tilsynelatende udefinert
• Tiltak etter risikovurderinger følges tilfeldig opp
• Usikkerhet om hva som er akseptabel risiko (Fillipstadrapport linje 3)</td><td>• Fulgt felles sikkerhetsmetode iht. sikkerhetsstyringsforskriften §6-1
• Akseptable risiko tydelig definert, med forutsigbare løsninger
• Vurderer risiko som akseptabel ut fra DSB om å ikke fremby fare (knyttet til allmenn forventning om trygghet). Bane NORs risikoakseptkriterier kunne ikke anvendes.</td></tr>
</table>

VEDLEGG 5 RISIKOVURDERING

Kategorier for konsekvens, frekvens og risiko i tydelig risikoestimering er forklart i Vedlegg 6 Kategorier for konsekvens, frekvens og risiko.

7.10 Fare 1 Klatring på kjøretøy under spenningsatt kontaktledning

7.10.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
1.1	1.3.2	System 1, 2, 3 og 4	1.part klatrer på hensatt kjøretøy under spenningssatt kontaktledning	Kommer for nær kontaktledningen	Person skadet i eller ved spor	*Regler for god praksis:* • FEF
1.2	1.3.2	System 1, 2, 3 og 4	2.person klatrer på hensatt kjøretøy under spenningssatt kontaktledning	Kommer for nær kontaktledningen	Person skadet i eller ved spor	*Regler for god praksis* • Jernbaneloven om at områder som ikke er beregnet på publikum er forbudt område • EN 50122-1 om avstand fra ståplass til spenningssatt del • EN 50153 om advarselskilt på kjøretøy Kjøretøyets utside utenom inngangsdørene er forbudt område og eventuell 2.part blir derfor 3.part
1.3	1.3.2	System 1, 2, 3 og 4	3.part klatrer på hensatt kjøretøy under spenningssatt kontaktledning	Kommer for nær kontaktledningen	Person skadet i eller ved spor	*Regler for god praksis* • Jernbaneloven om at områder som ikke er beregnet på publikum er forbudt område • EN 50122-1 om avstand fra ståplass til spenningssatt del • EN 50153 om advarselskilt på kjøretøy *Sammenligning med lignende systemer:*

						• FEF om at kontaktledningsmaster skal være vanskelig å klatre i for allmennheten *Tydelig risikoestimering:* • Se 7.10.2

7.10.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
1.3	*Marginal–betydelig/kritisk:* • Alvorlig personskade • Død	For det nasjonale jernbanenettet: *Sporadisk:* • Forventet å hende hvert til hvert 10.år. Driftserfaring fra hele det nasjonale jernbanenettet er 1 skade hvert 3. år. For ett hensettingsområde: *Usannsynlig:* • Hender muligens en gang i systemets levetid	For det nasjonale jernbanenettet: *Uønsket:* • Risikoen skal bare aksepteres dersom reduksjon er upraktisk og etter enighet med infrastrukturforvalter eller tilsyn Se 7.10.3 For ett hensettingsområde: *Tolererbar–Neglisjerbar*: • Ingen tiltak så lenge en har kontroll på utviklingen av risikoen på utviklingen og dette er akseptert av den ansvarlige infrastrukturforvalter • Kan likevel være krav eller ønske om tiltak etter ALARP som gjør risikoen *aksepterbar* • Se 7.10.3

7.10.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
1.1	1.1.1	Krav om seksjonering av kontaktledning på stasjons- og hensettingsområder som gjør det mulig å frakople iht. FEF	Legge til rette for at FEF kan følges uten at det får store konsekvenser.	Investeringskostnad for seksjonsisolator og håndbetjent skillebryter på minimum ett spor per område (under 100 000 kr). Drift- og vedlikeholdskostnad: Ikke vurdert Nytte: Ikke vurdert	Ses i sammenheng med tiltak 1.3.6.	Ja, sammen med tiltak 1.3.6
1.3	1.3.1	Krav om avstand iht. EN 50122-1 (adgangsbegrenset område) mellom ståplass på kjøretøy og spenningssatt del i kontaktledningsanlegg	Hindre at opphold på ståplasser på kjøretøys utside (buffer, kobbel, stigtrinn etc.) er innenfor risikoavstanden til spenningssatt del	Lav kostnad fordi kravet oppfylles normalt for nyere kjøretøy for persontrafikk og elektriske lokomotiver. Nytte: Ingen endring: Krav oppfylles normalt i dag	Svakhet: Ikke internasjonalt standardisert	Ja
1.3	1.3.2	Krav om at kjøretøy skal være vanskelig klatrebare fra ståplass og opp til spenningssatt del i kontaktledningsanlegg og på kjøretøyet selv	Hindre at person klatrer videre fra ståplass og kommer innenfor risikoavstanden til spenningssatt del	Lav kostnad fordi kravet oppfylles normalt for nyere kjøretøy for persontrafikk og elektriske lokomotiver. Ukjent kostnad for eksisterende elektriske	Ville hindret Stavanger (2007) Svakhet: Vanskelig å definere hva som er vanskelig klatrebart og det er ikke internasjonalt standardisert.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				kjøretøy som ikke oppfyller kravet Nytte: Restfrekvens: *Svært usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*	Nye kjøretøy er glattere med færre «håndtak og fotfester» enn eldre	
1.3	1.3.3	Krav om advarselskilt ved adkomst til alle forhøyede ståplasser hvor det er mulig (dvs. ikke vanskelig) å nå spenningssatte deler i kontaktledningsanlegget eller på kjøretøyet selv	Gjøre klatrende person oppmerksom på at videre klatring medfører elsikkerhetsfare	Lav kostnad for advarselskilt, kravet gjelder allerede for nye kjøretøy Nytte: Gi klatrende en siste advarsel om at aktiviteten medfører elsikkerhetsvare	Svakhet: Dårlig synlig i mørket.	Ja, iht. EN 50153
1.3	1.3.4	Krav om advarselskilt ved adkomst til alle forhøyede ståplasser hvor det er vanskelig men ikke umulig å nå spenningssatte deler i kontaktledningsanlegget eller på kjøretøyet selv	Gjøre klatrende person oppmerksom på at videre klatring medfører elsikkerhetsfare	Lav kostnad for advarselskilt, kravet gjelder allerede for nye kjøretøy Nytte: Gi klatrende en siste advarsel om at aktiviteten medfører elsikkerhetsvare	Svakhet: Dårlig synlig i mørket.	Ja
1.3	1.3.5	Krav om at kjøretøy som ikke tilfredsstiller krav om avstand, klatrebarhet og advarselskilt ikke skal hensettes under spenningssatt kontaktledning uten tilstrekkelig områdesikring	Hindre at klatring på kjøretøy medfører elsikkerhetsfare.	Kost: Kjøretøy må hensettes på annet spor (kan medføre skifting, posisjonskjøring etc.) og det må etableres spor der kontaktledning kan frakoples.	Noe annet er brudd på FEF.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Nytte: Restfrekvens: *Svært usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*		
1.3	1.3.6	Krav om tilstrekkelig (minst ett) hensettingsspor uten kontaktledning eller med kontaktledning som kan frakoples per stasjons- eller hensettingsområde.	Legge til rette for at kjøretøy som ikke er vanskelig å klatre på kan hensettes på en fleksibel måte	Kost: Investering Skillebryter (65 000 materiell og 11 500 arbeid Seksjonsisolator (30 000 matriell og 20 000 arbeid) Total 126 500 kr per spor Drift- og vedlikeholdskostnad per år: Skillebryter: 7 320 Seksjonsisolator: 2540 Total 9 860 kr/år Nytte: Kan hensette klatrebare kjøretøy med høy risiko (arbeidsmaskiner mv.) nær arbeidssted og redusere posisjonskjøring. Registrerte tilstander i Synergi antyder at det er behov for slikt spor.	Ses i sammenheng med tiltak 1.3.1	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Restfrekvens: *Svært usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*		
1.3	1.3.7	Krav om alle hensettingsspor med kontaktledning som skal kunne frakoples individuelt.	Full frihet i hvilke kjøretøy som hensettes på hvert spor og vedlikehold av spor uten frakopling av andre spor.	Kost: Investering Skillebryter (65 000 materiell og 11 500 arbeid Seksjonsisolator (30 000 matriell og 20 000 arbeid) Total 126 500 kr per spor Drift- og vedlikeholdskostnad per år: Skillebryter: 7 320 Seksjonsisolator: 2540 Total 9 860 kr/år Nytte: Fri hensetting av kjøretøy Restfrekvens: *Svært usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*	Marginal nytteøkning sammenlignet med krav om tilstrekkelig spor (1.3.6) med seksjonseringsmulighet, men stor kostnadsøkning. Investerings- og driftskostnadene overstiger nytten og risikoreduksjonen.	Nei
1.3	1.3.8	Krav om tilsyn av kjøretøy som ikke tilfredsstiller krav om avstand, klatrebarhet og advarselskilt og hensettes under spenningssatt kontaktledning	Hindre at klatring på kjøretøy medfører elsikkerhetsfare.	Nytte: Liten – To skader har oppstått siden 1999 ved tilsyn, Stavanger (2007) og Skarpsno (2016)	Svakhet: Lite forutsigbar, vanskelig å ha oversikt og følge med når en har annet arbeid. For at tilsynet skal være hensiktsmessig må det	Kun dersom det ikke er mulig med andre barrierer

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
					være kontinuerlig rundt kjøretøyet (ikke en gang per time)	
1.3	1.3.9	Krav om avstand mellom publikumsområde til hensettingsspor	Redusere kjøretøyets tiltrekning på 3.part	Høy kostnad ettersom det påvirker plassering av hensettingssporet. Alternativt må det bygges ekstra hensettingsspor. Nytte: Restfrekvens: *Sjelden* Restrisiko: *Tolererbar*	Svakhet: På noen jernbanestasjoner kan kjøretøy hensettes nær ved publikumsplattform. Jernbanespor kan også fungere som en avstandsbarriere	Kun som ALARP
1.3	1.3.10	Krav om adgangshinder (avsperring) (generell områdesikring) mellom publikumsområde og hensettingsspor	Hindre at 3. part får tilgang til hensettingsspor	Lav kostnad ved generell områdesikring. Høy nytte med gjerde mot publikumsområder med fri ferdsel. Nytte: Restfrekvens: *Usannsynlig* Restrisiko: *Tolererbar/akseptabel*	Svakhet: Ikke mulig å sperre av hensettingsområder fullstendig pga. jernbanetrafikken og annen trafikk. Gjerdet må vedlikeholdes. Kunne unngått Lodalen (2009) Anses som et viktig tiltak, spesielt for kjøretøy som selv har noe redusert adgangshinder (ikke vanskelige å klatre på), for eksempel Tp69 og El14. Anses som mindre viktig tiltak for kjøretøy som er vanskelig å klatre på.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
					Følger DSBs praksis om å ta hensyn til 0,7 m snø utover krav i TRV ettersom dette ikke er antatt å bringe særlig kostnad ekstrakostnad, men gjør gjerdet Se også 1.3.11	
1.3	1.3.11	Krav om adgangskontroll til hensettingsområde (omsluttende inngjerding, kontroll i port for gangveg og bilveg, men ikke port over jernbanespor)	Begrense tilgang til hensettingsområde og sannsynlighet for at personer kommer nær kjøretøy som ikke er vanskelige å klatre på.	Kost: Liten, de fleste hensettingsområder områdesikres slik uansett av allmennpreventive hensyn. For eksisterende hensettingsområder kan det være mer kostbart/vanskelig å ettersikre Nytte: Restfrekvens: *Usannsynlig* Restrisiko: *Tolererbar/akseptabel*	Svakhet: Vanskelig å sikre områder som ikke har en tydelig inngang for jernbanekjøretøy (for eksempel nær stasjonsområder) Porten må lukkes. Kunne ungått Loenga (2002). For effektiv drift av jernbanen, spesielt godsterminaler med mye trafikk kan det være hensiktsmessig med enkel tilgang for 2.part i åpningstiden. Den sammenfaller normalt med når det også er aktivitet på hensettingsområdet som kan virke avskrekkende.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
					Anses som et viktig tiltak, spesielt for kjøretøy som selv har ikke tilfredsstillende eller ikke nesten tilfredsstillende adgangshinder. Se vurdering av gjerdehøyde i 1.3.12. Anses som mindre viktig tiltak for kjøretøy som er vanskelig å klatre på. Svakthet: Erfaring med at gjerder ødelegges (klippes). Dersom reparasjon ikke nytter er det imidleritd bedre å bytte til klippsikkert gjerde. Hensikten må være å unngå at hull blir stående åpne og slippe inn tilfeldige personer med redusert risikoforståelse. De som uansett klipper hull i gjerder antas å ha kjennskap til risikoen.	
1.3	1.3.12	Krav om avsperring (høyspenningsgjerde) mellom publikumsområde og hensettingsspor	Hindre at 3. part får tilgang til hensettingsspor	Høy kostnad ved etablering av gjerde for sikring av høyspenningsanlegg siden slikt gjerde må være uten åpen adkomst.	Gjerde for sikring av høyspenningsanlegg iht FEF/NEK440. Ved hensetting av kjøretøy som ikke er vanskelig å klatre på begynner	Nei, men gjerdehøyden adopteres.

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Nytte: Ikke bedre enn tiltak 1.3.10	situasjonen å likne på et frilufts høyspenningsanlegg. Det er derfor naturlig å adoptere kravet til gjerdehøyde på 2,5 m Svakhet: Ikke mulig å sperre av hensettingsområder fullstendig pga. jernbanetrafikken og annen trafikk. Gjerdet må vedlikeholdes.	
1.3	1.3.13	Krav om forbudsskilt ved adkomst til hensettingsspor	Gjøre 3.part oppmerksom på at området er forbudt for uvedkommende, eventuelt med tillegg om informasjon om farene ved å bevege seg videre.	Lav kostnad. Nytte: Viktig å informere om farene ved jernbane og risikoen ved å bryte andre barrierer.	Svakhet: Dårlig synlig i mørket. Erfaring viser at etter skader blir det gjerne juridisk fokus på om det var advart mot faren ved skilting eller ikke.	Ja
1.3	1.3.14	Krav om minimumshøyde kontaktledning på hensettingsspor 2,75 m over påregnelig ståplass på kjøretøy (for adgangsbegrensede områder)	Sikre avstand fra påregnelig ståplass på kjøretøy til spenningssatt	Kost: Ingen, oppfylles ved TSI krav	Påregnelig ståplass er typisk 1,5 m over SOK. Minimum kontakttrådhøyde blir da 1,5+2,75 = 4,25 m og oppfylles allerede. 4,2 m er typisk høyde for kjøretøy	Ja
1.3	1.3.15	Krav om minimumshøyde kontaktledning på	Sikre avstand fra påregnelig ståplass	Kost: Lav. Kontakttrådhøyden er	Påregnelig ståplass er typisk 1,5 m over SOK.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
		hensettingsspor 3,5 m over påregnelig ståplass på kjøretøy (som for publikumsområder)	på kjøretøy til spenningssatt	normalt over 5 meter, spesielt ved plattform.	Minimum kontakttrådhøyde blir da 1,5+3,5 = 5 m og oppfylles allerede	
1.3	1.3.16	Krav om størst mulig kontakttrådhøyde på hensettingsspor (opp mot 5,6 m)	Øke avstand «håndtak» på kjøretøy til spenningssatt del for å redusere sannsynlighet for at klatrer utsettes for elsikkerhetsfare	Kost: Generelt lav, kontakttrådhøyden er normalt opp mot 5,6 meter, spesielt ved plattform for å få nok avstand mellom plattform og spenningssatt del. Ved lave hastigheter (under 50 km/t) kan kontakttrådhøyden heves 1 meter på 40 meter spor. Kan være et problem dersom det er overgangsbruer etc. over hensettingsspor.	Påregnelig ståplass er typisk 1,5 m over SOK. Minimum kontakttrådhøyde blir da 1,5+3,5 = 5 m og normalt ENE TSI tillater opp mot 6.2 m.	Ja
1.3	1.3.17	Automatisk frakopling av KL dersom sensorer oppdager mistenkelig bevegelsesmønster	Fjerne faren	Kost: Med dagens teknologi relativt rimelig, men må tilpasses (inklusive innlæres). Men hendelsen er så sjelden at den krever installasjon på mange hensettingsområder. Fare for falske frakoplinger før riktig innlært	Brukes på andre områder i samfunnet, men vurderes som et utviklingsprosjekt, vurderes som ALARP, for eksempel studentprosjekt. Utløsesignal kan gå direkte til FJEL og nødfrakopling.	Nei, eventuelt som utviklingsprosjekt

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Nytte: Restfrekvens: *Svært usannsynlig* dersom det virker Restrisiko: *Neglisjerbar*		
1.3	1.3.17	Sikre at informasjon om jernbane til skoler etc. også inneholder noe om farene ved høyspenningsanlegg	Generelt bedre elrisikoforståelse i befolkningen	Kost: Neglisjerbar siden informasjon om jernbanen gis uansett. Nytte: Er allerede inkludert i skriftlig informasjonsmateriell.	ALARP	Videreføres
1.3	1.3.18	Krav om at kjøretøy som er vanskelig å klatre på likevel ikke skal hensettes (parkeres) ved plattform	Ytterligere redusere sannsynlighet for klatring på kjøretøy ved å gjøre dem mindre tilgjengelige	Kost: Lav (i praksis skiftekostnad som er timekostnad for lokfører og beslagleggelse av skiftekapasitet) dersom det er andre spor tilgjengelig. Moderat dersom det er nødvendig med tomtogkjøring til hensettingsspor (50 kr/km hver vei jf. [20]) Høy dersom det ikke er andre spor tilgjengelig og nye spor må etableres. Det er generell mangel på hensettingsspor. Nytte:	Plattform gjør kjøretøy mer tilgjengelig på to måter. 1) Publikum kommer lovlig tettere på kjøretøyet siden plattform er publikumsområde, men det er ikke kjent hvordan det påvirker risikoen. 2) Platform er 76 cm høy og gir enklere tilgang til ståplasser og fester på kjøretøyet som kan brukes til klatring. TEØ 6.7.1 krever vakthold for all parkering under spenningssatt kontaktledning i togspor. Derfor er det lite underlag	Nei, men se tiltak 1.3.9

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Restfrekvens: Ingen endring for kjøretøy som er vurdert som vanskelige å klatre på Restrisiko: Ingen endring for kjøretøy som er vurdert som vanskelig å klatre på	for hvor stor risikoen er, ingen registrerte skader og maksimalt to registrerte tilløp (hvorav det ene var på kjøretøy med tilfredsstillende sikring) Konsekvensene av en praksisendring er derfor store, det vil si store besparelser for jernbaneforetakene og økt tilgjengelighet til kjøretøyene for publikum. Dette må vurderes nærmere. Kjøretøy som er vanskelig å klatre på oppfyller samme funksjonskrav som sikring av høyspenningsmaster på publikumsområde.	
1.3	1.3.19	Fortsette å jobbe for at EU skal håndtere faren med klatring på kjøretøy	Mindre trussel mot samtrafikkevnen	Kost: Liten, kun administrative kostnader (timer, reiser) Nytte: Like regler og praksis i EU	En del av samtrafikkevnen er å ha felles forståelse av risiko. EU har gjennom SRT TSI etablert det for sikkerhet i jernbanetunneler. Tilsvarende håndtering av elsikkerhetsfaren er ønskelig. Det kan være så	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
					enkelt som å oppfordre til at håndtak og fotfester ikke skal lette klatring til kjøretøytak.	
1.3	1.3.20	Formulere forslag til god utforming av kjøretøy som gjør klatring vanskelig i TRV Rolling stock	Redusere sannsynligheten for at kjøretøy utformes med fester som gjør det lett å klatre	Kostnaden for å justere på utformingen på elementer som stikker ut av vognkassen kan være svært liten dersom ønsket om utforming kommer tidlig nok i prosessen. Nytten er redusert mulighet for klatring.	Enkelt tiltak som på sikt kan fungere. Viktig å informere om ønsket slik at det kan bli hensyntatt.	Ja
1.3	1.3.21	Krav om at det ikke skal være elementer nær sporet som gjør det lett å klatre på kjøretøy	Redusere sannsynligheten for klatring på kjøretøyene og øke sannsynligheten for at kjøretøysikringen i seg selv er god nok.	Kostnad: Umiddelbar nærhet rundt hensettingssporet må prosjekteres med tanke på å redusere klatremuligheten Nytte: Bedre (ikke ødelagt) kjøretøysikring		Ja
1.3	1.3.22	Krav om belysning av hensettingsområder	Ønsket er en avskrekkende effekt ved at opplyst område ikke er så attraktivt for lyssky aktiviteter	Kostnad: Overkommelig Nytte: Usikker: • Primært skal vi hensynta barn og andre personer med redusert risikoforståelse.	Det er usikkert for arbeidsgruppen om belysning har en tiltrekkende effekt eller avskrekkende effekt, og det har heller ikke vært tid til litteraturstudier.	Nei

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Barn er i liten grad ute i mørket. • De ulykker vi har hatt har i de fleste tilfeller skjedd i dagslys eller på opplyst område (tomtebelysning) • Personer som utfører overlagte lyssky aktiviteter har risikoforståelse og bærer risikoen ved sine aktiviteter selv.	De fleste hensettingsområder (inklusive jernbanestasjoner og godsterminaler) er i utgangspunktet likevel opplyst av HMS hensyn for driftspersonell.	
1.3	1.3.23	Krav om videoovervåking av hensettingsområder	Oppdage personer inne på hensettingsområdet på et tidlig tidspunkt for så å kunne stoppe dem eller frakople	Kostnad: Begrenset ettersom det finnes kommersielle produkter tilgjengelig, både total tjenesteleveranse og utstyr. Nytte: Usikker. Erfaringene med eksisterende overvåking synes å være ymse. Ulykken i Lodalen 2009 skjedde til tross for personen ble fanget av kamera. Det er ikke kjent i hvilket omfang tilløp til klatring på kjøretøy er	Usikker nytte. For barn og andre uten forståelse av risiko kan det være nyttig å oppdage disse tidlig, både mtp. høyspenning og andre farer på jernbanens område. Det krever funksjonalitet som foreløpig ikke er brukt, se tiltak 1.3.17. I utgangspunktet er det vurdert at kombinasjon av områdesikring og kjøretøysikring som beskrevet i denne rapporten er tilstrekkelig i seg selv.	Nei, ikke nødvendig kun for elsikkerhet

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				oppdaget og skade er avverget pga. overvåking. Ingen av de registrerte tilløpene i Vedlegg 4 synes å være oppdaget av overvåking. Antall rapporter av ulovlig ferdsel i spor generelt er svært høyt (flere til dagen i hele landet) og gjennomgang av disse mtp. hensetting og overvåking er ikke utført.	Personer som ønsker å gjøre skadeverk på jernbanens eiendom ønsker også å unngå kameraene. Disse har risikoforståelse nok til å bære risikoen ved sin egen aktivitet selv. At det av hensyn til tagging mm. er ønskelig med videoovervåking, men da er det ikke begrunnet i elsikkerheten.	
1.3	1.3.23	Krav om frakobling av kontaktledning på spor som fast benyttes til hensetting av kjøretøy med utilstrekkelig kjøretøysikring på områder med forsterket områdesikring (omsluttende adgangshinder)	Ytterligere redusert risiko når en vet at selv forsterket områdesikring har «hull» og at det åpenbart ikke er god nok kjøretøysikring. Det gjelder for eksempel der lastetraktorer eller diesellokomotiver har sin faste plass. Et konkret eksempel er NSB Bergings Di8 på spor 28 i Lodalen som er rett innenfor gjerdet.	Kostnad: Overkommelig, eventuelt seksjonsisolator og om nødvendig håndstilt bryter. Nytte: Restrisiko: Ingen	Dette må ikke forstås slik at ikke tilstrekkelig sikrede kjøretøy ikke kan hensettes under spenning på område med forsterket sikring, men som et enkelt tiltak som fjerner all risiko uten at det går utover jernbanedriften.	Ja, anbefaling som som ALARP
1.3	1.3.24	Krav om å ikke langtidshensette kjøretøy	Fjerner all elsikkerhetsrisiko	Kostnad: Begrenset gjennom enten frakopling	Langtidshensatte kjøretøy plasseres ofte på spor der	Ja, anbefaling som ALARP

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
		som ikke trenger strømforsyning under spenningssatt kontaktledning.		av kontaktledningen på hensettingsssporet eller hensetting på ikke-elektrifisert spor (mer omfattende skifting). Nytte: Restrisiko: Ingen	de ikke står i veien for jernbanedriften og som derfor er lettere tilgjengelige for uvedkommede. Ettersom kjøretøyene ikke trenger strømforsyning er det unødvendig risiko å la dem stå under spenningssatt kontaktledning.	

7.11 Fare 2 Flere ulike typer togvarmeanlegg

7.11.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
2.1	1.3.2	System 2	Flere ulike typer togvarmeanlegg	Feilbetjening av lokomotivfører eller skifter	Person skadet i eller ved spor	*Regler for god praksis:* • Strekningsbeskrivelsen/ Togvarme med forrigling • Nye anlegg bygges og merkes med funksjoner angitt i Teknisk regelverk
2.2	1.3.2	System 2	Flere ulike typer togvarmeanlegg	Misforståelse ved vedlikehold	Person skadet i eller ved spor	*Regler for god praksis:* • Teknisk regelverk gir funksjonskrav til anleggene • Teknisk regelverk gir driftsmerkekrav for anleggene

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
						• FSE gir nødvendige tiltak for arbeid på anleggene
2.3.1	1.3.2	System 3	Flere ulike typer togvarmeanlegg	Misforståelse ved bruk eller vedlikehold av anlegget	Person skadet i eller ved spor	*Regler for god praksis:* • Mangler utover kommende EN 50546
2.3.2	1.3.2	System 3	Flere ulike typer togvarmeanlegg	Misforståelse ved prosjektering og bygging av anlegget	-	*Regler for god praksis:* • Teknisk regelverk for anlegget mangler

7.12 Fare 3 Redusert mulighet for vedlikehold av banen

7.12.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
3.1	1.3.2	1 og 2 (dersom forsynt fra kontaktledningen)	Forsyning til hensatte kjøretøy gjennom kontaktledningsanlegg som krever frakopling (pga. feil eller arbeid på eller nær ved)	Liten mulighet for å ta frakopling og dermed arbeide på eller nær ved kontaktledningsanlegget	-	*Tydelig risikoestimering:* • Se 7.12.2
3.2	1.3.2	1 og 2 (dersom forsynt fra kontaktledningen)	Forsyning til hensatte kjøretøy gjennom kontaktledningsanlegg som krever frakopling (pga. feil eller arbeid på eller nær ved)	Manglende strømforsyning til hensatte kjøretøy pga. frakopling av kontaktledningsanlegg som er tilførselsforbindelse	-	*Tydelig risikoestimering:* • Se 7.12.2
3.3	1.3.2	1 og 2 (dersom forsynt fra kontaktledningen)	Forsyning til hensatte kjøretøy gjennom kontaktledningsanlegg som krever frakopling	Kjøretøy kopler ikke inn automatisk etter midlertidig bortfall av forsyningsspenning	-	Se 3.2.2 og fare 3.1, 3.2 og 3.3

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
			(pga. feil eller arbeid på eller nær ved)			
3.3	1.3.2	1 og 2 (dersom forsynt fra kontaktledningen)	Forsyning til hensatte kjøretøy gjennom kontaktledningsanlegg som krever frakopling (pga. feil eller arbeid på eller nær ved)	Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet	-	Se 3.2.3
3.3	1.3.2	1 og 2 (dersom forsynt fra kontaktledningen)	Forsyning til hensatte kjøretøy gjennom kontaktledningsanlegg som krever frakopling (pga. feil eller arbeid på eller nær ved)	«Depotproblem» på grunn av svak mating.	-	Se 3.2.4

7.12.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
3.1	*Ubetydelig* • planlagt vedlikehold må utsettes *Marginal* • krever mer ressurser uten å endre rutiner/vedlikeholdsregime • medfører logistiske problem *Betydelig/kritisk*	*Sjelden* • For hensettingsområder matet nær matestasjon, fortrinnsvis med egen stasjonsavgang *Sporadisk* • For hensettingsområder med mating fra tre eller flere uavhengige sider via kontaktledningsanlegget (med eller uten koplingshus) *Sannsynlig*	*Neglisjerbar* • *Se 7.12.3* *Uønsket* • *Se 7.12.3* *Uakseptabel*

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
	• Vedlikeholdsregime må endres	• For hensettingsområder med mating via kontaktledning fra en side eller fra to sider over lang avstand (eks. Voss)	• *Se 7.12.3*
3.2	*Marginal*: • krever mer ressurser uten å endre på rutiner/vedlikeholdsregime dersom det er varslet • forsinkelse om det ikke er varslet	Som 2.1	*Tolererbar–Uønsket* • *Se 7.12.3*

7.12.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
3.1 3.2	3.1.1 3.2.1	Tillate arbeid under spenning (AUS) etter FSE.	Behov for færre frakoplinger av kontaktlednings-anlegget	Kost: Innføring av en ny arbeidsmetode AUS anses svært omfattende for å etablere tilstrekkelige sikkerhetsrutiner og tekniske barrierer.	AUS må eventuelt vurderes senere	Nei, ikke foreløpig
3.1 3.2	3.1.2 3.2.2	Elutforming E (autotransformatorsystem) med høye master for kontaktledningsanlegget (eventuelt med positivleder og negativleder i kabel i tunnel)	Behov for færre frakoplinger av kontaktlednings-anlegget (Bedre overføringskapasitet)	Kostnaden vesentlig avhengig av avstanden. 2.1: Nytte: Vesentlig avhengig av hensettingsområdets størrelse	Må vurderes i hvert enkelt tilfelle	Ja, vurderes

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Ny konsekvens: *Ubetydelig–marginal* Ny frekvens: *Sjelden–sporadisk* Restrisiko: *Neglisjerbar–uønsket*		
3.1 3.2	3.1.3 3.2.3	Mateledning fra matestasjon/koplingshus (egen avgang)	Behov for færre frakoplinger av kontaktledning-sanlegget	Kostnaden vesentlig avhengig av avstanden Nytte: Vesentlig avhengig av hensettingsområdets størrelse	Må vurderes i hvert enkelt tilfelle	Ja, vurderes
3.1 3.2	3.1.4 3.2.4	Sette redusert tilgjengelighet på system 1 og 2 (16 2/3 Hz) i vilkårene	Jernbaneforetak må forberede seg på lav tilgjengelighet på strømforsyningen	Kost: Jernbaneforetak må endre driftsrutiner for hensetting eller mer posisjonskjøring	Naturlig med varsling av togselskap. Anbefaler vesentlig kortere varslingstid enn 8 uker som praktisert i dag.	Ja, vurderes
3.1 3.2	3.1.5 3.2.5	Tilby togvarmepost 50 Hz (system 2) i tillegg	Tilbyr forsyning uavhengig av frakopling av kontaktledningen.	Kost: 2–3 MNOK per togvarmepost. Kost: 0,5 MNOK per togsett. Kost: Fremdeles redusert tilgjengelig tid for vedlikehold på grunn av behov for spenning på kontaktledningen for innsett og uttak av kontaktledningen.	Dersom dette er en reserveløsning sjelden i bruk øker sannsynligheten for at den ikke fungerer når det er behov for den (feil på anlegg eller manglende kompetanse).	Ja, for mindre hensettingsområder

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Kost: Lenger tid til innsett og uttak av kjøretøy for håndtering av togvarmtilkopling og eventuell kontaktledningsbryter i forrigling.		
3.1 3.2	3.1.6 3.2.6	Plassere hensettingsområde og matestasjon med egen stasjonsavgang nær hverandre	Økt tilgjengelighet på strømforsyningen til hensatte kjøretøy	Kost: Vesentlig avhengig av mulighetene (tilgjengelig areal, tilgjengelig trefasemating, behov for matestasjon) og konsekvensene (eks. posisjonskjøring).	Endret lokalisering blir en avveining med andre momenter	Ja, vurderes for større hensettingsområder
3.1 3.2	3.1.7 3.2.7	Endre vedlikeholdsregime til at planlagt vedlikehold med frakopling gjennomføres på sommeren når avhengigheten av strømforsyning til hensatte kjøretøy er lavere	Fremdeles vanskelig å få frakopling for vintervedlikehold (isstøting mv.) og feilretting på vinteren.	Kost: Mindre forebyggende vedlikehold om vinteren. Mer bruk av utsatt korrektivt vedlikehold Men ingen investeringsbehov		Nei

7.13 Fare 4 Midlertidig bortfall av forsyningsspenning

7.13.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
4.1	1.3.2	1	Midlertidig utkopling av strømforsyning til hensatte kjøretøy på grunn av feil eller omkopling	Kjøretøy kopler ikke inn igjen mot strømforsyning når denne er tilbake		Nye kjøretøy: *Regler for god praksis*: • EN 50163 Annex C angir at midlertidig spenningsbortfall er påregnelig • EN 50388 angir sekvens for koordinert automatisk gjeninnkopling av kjøretøy Eksisterende kjøretøy: *Tydelig risikoestimering*
4.2	1.3.2	2	Midlertidig utkopling av strømforsyning til hensatte kjøretøy på grunn av feil eller omkopling	Kjøretøy kopler ikke inn igjen mot strømforsyning når denne er tilbake		*Tydelig risikoestimering*
4.3	1.3.2	3	Midlertidig utkopling av strømforsyning til hensatte kjøretøy på grunn av feil eller omkopling	Kjøretøy kopler ikke inn igjen mot strømforsyning når denne er tilbake		*Ikke vurdert, men sannsynligvis identisk med 4.2*

7.13.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
4.1	*Ingen:* • El14, El16, El18, IORE, Tp69, Tp71, Tp74/75/76 og Tp 78 kopler automatisk inn innen rimelig tid avhengig av hensettingsmodus, se • Vedlegg 1 Oversikt over kjøretøy *Potensiell marginal:* • Tp72 og Tp73 kobler ikke automatisk inn (ubekreftet) • Forsinkelse • Krever mer ressurser uten å endre på rutiner/vedlikeholdsregime	*Ofte (både for linjeavgang og stasjonsavgang):* • Manuell (frakopling og gjeninnkolbing av kontaktledningsanlegget pga. arbeid skjer i hovedsak gjennom effektbryter i koplingsanlegg som er felles for større område. • Automatisk frakopling og gjeninnkopling av kontaktledningsanlegget gjennom felles effektbryter i koplingsanlegg på grunn av feil er påregnelig.	*Ingen* (*Potensielt uakseptabelt* for kjøretøy som ikke kopler inn automatisk. Siden midlertidig spenningsbortfall skjer ofte kan imidlertid ikke konsekvensen være marginal for eksisterende kjøretøy).
4.2	*Ingen–ubetydelig:* • NSBs motorvognsett og alle personvogner (tp3/5/7/WLAB2) kopler automatisk inn, se • Vedlegg 1 Oversikt over kjøretøy. Tp71 må koples inn manuelt • Fleste norske motorvognsett kopler inn igjen automatisk, se • Vedlegg 1 Oversikt over kjøretøy • De fleste norske elektriske kjøretøy har overvåking som gir beskjed til driftsoperativt senter om batterispenning, temperatur etc. blir for lav.	*Sjelden–sporadisk for 50 Hz anlegg* *Ofte for 16 2/3 Hz anlegg (både for linjeavgang og stasjonsavgang):* • Manuell (frakopling og gjeninnkolbing av kontaktledningsanlegget pga. arbeid skjer i hovedsak gjennom effektbryter i koplingsanlegg som er felles for større område. • Automatisk frakopling og gjeninnkopling av kontaktledningsanlegget gjennom felles effektbryter i	*Tolererbar–uønsket*

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
	• I verste fall forsinkelse	koplingsanlegg på grunn av feil er påregnelig.	

7.13.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
4.2	4.2.1	Forsyning av 16 2/3 Hz togvarmeanlegg fra egen avgang i koplingsanlegg	Bedrer selektiviteten og redusere vesentlig antall utkoplinger	Kost: Lav dersom det er koplingsanlegg i nærheten. Høy dersom det ikke er koplingsanlegg i nærheten. Nytte: Ny frekvens: *Sjelden–sporadisk* Restrisiko: *Tolererbar*		Ja, ved lav kostnad
4.2	4.2.2	Angi i vilkår for system 2 at kortvarig frakopling er påregnelig og at jernbaneforetak selv må treffe nødvendige tiltak for sikring av sine kjøretøy	Redusere konsekvensen av en kortvarig utkopling	Automatisk gjeninnkopling, se tiltak 3.2.3. Manuell innkopling: Kost: Sannsynligvis en person per hensettingsområde som har overvåking og manuell gjeninnkopling som oppgave (iallfall på 16 2/3 Hz).	Usikkert hvorvidt manuell gjeninnkopling er hensiktsmessig. Men det er likevel vurdert som viktig å angi i vilkårene at kortvarige utfall er påregnelig	Ja
4.2	4.2.3	Krav om automatisk gjeninnkopling for kjøretøy hensatt forsynt fra togvarmanlegg	Redusere konsekvensen av en kortvarig utkopling	Kost: For nye kjøretøy antatt å være lav (programvareendring, kanskje sensorer, arbeid)		Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Nytte: Ingen konsekvens av kortvarige utkoblinger. Ny konsekvens: *Ingen* Restrisiko: *Ingen*		
4.2	4.2.4	Krav om automatisk gjeninnkobling for togvarmeposter	Redusere konsekvensen av en kortvarig utkopling	Kost: For nye togvarmeposter antatt liten kostnad pga. at styringslogikk likevel implementeres i programvare med batteribackup. Nytte: Ingen konsekvens av kortvarige utkoblinger. Ny konsekvens: *Ingen* Restrisiko: *Ingen*		Ja
4.2	4.2.5	Krav om fjernovervåking og -styring av togvarmeanlegg	Redusere konsekvensene av langvarig manglende forsyningsspenning ved at tilkoblede kunder kan varsles og sette i verk tiltak	Kost: Antatt liten ettersom det er krav i TRV om at togvarmeanlegg skal forberedes for fjernoverføring av viktig signaler. Nytte: Redusert konsekvens av langvarige utkoblinger. Ny konsekvens: *Marginal* Ny risiko: *Tolererbar*		Ja

7.14 Fare 5 Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet

7.14.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
5.1	1.3.2	1	Stort effektbehov til hensatte kjøretøy	Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet	-	*Tydelig risikoestimering*
5.2	1.3.2	2	Stort effektbehov til hensatte kjøretøy	Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet	-	*Tydelig risikoestimering*
5.3.1	1.3.2	3	Stort effektbehov til hensatte kjøretøy	Ikke tilstrekkelig strømforsyningskapasitet	-	*Tydelig risikoestimering*
5.3.2		3	Stort effektbehov til hensatte kjøretøy	Ikke tilstrekkelig overføringskapasitet i togvarmestikkontakt	-	*Tydelig risikoestimering*

7.14.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
5.1	*Ingen–betydelig/kritisk:* • For store hensettingsområder er forventet effektbehov i størrelsesorden strømføringsevnen til kontaktledningsanlegget og legger beslag på omformerkapasitet/reduserer mulighet for vedlikehold • må rettes for at systemet skal kunne levere som spesifisert • med betydelig kritisk menes at kostnaden kan være avgjørende for hvilken forsyningssystem som er	*Sannsynlig* • Hver 6. uke til hvert år (avhenger av tilfeldigheter rundt sammenlagring)	*Ingen–Uakseptabel*

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
	økonomisk mest fordelaktig for hensettingsområdet		
5.2 5.3.1	*Ingen–betydelig/kritisk* • Forventet effektbehov for store hensettingsområder er vanskelig tilgjengelig i trefasenettet • med betydelig kritisk menes at kostnaden kan være avgjørende for hvilket forsyningssystem som er økonomisk mest fordelaktig for hensettingsområdet	*Sannsynlig* • Hver 6. uke til hvert år	*Ingen–Uakseptabel*
5.3.2	*Ingen–betydelig/kritisk* • Identifisert effektbehov for et typisk moderne femvogns motorvognsett er i størrelsesorden kapasiteten til en 125 A togvarmestikkontakt (86 KW). Det kan være at dette er tilstrekkelig og det kan være at dette er noe snaut når det er kaldt ute.	*Sannsynlig* • Vinter hvert år	*Ingen–Uakseptabel*

7.14.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
5.1	5.1.1	Vurdere og planlegge strømføringsevne fra matestasjon til stort hensettingsområde	Redusere sannsynligheten for overbelastning av kontaktledningen	Kost: Begrenset dersom planlagt i tide i kraftsystemplanleggingen. Nytte:	Kan løses med AT-system eller forsterkningsleder.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Ny konsekvens: *Ingen* Restrisiko: *Ingen*	Vedlegg 10 Svært forenklet vurdering av forsyning til hensettingsområder viser generelt begrenset belastning på kontaktledningen, men vurderer bare ett hensettingsområde om gangen. Det er viktig å vurdere flere områder samlet som forsynes via samme forsyningsveg i kraftsystemplanleggingen/ utredning av banestrømforsyningen.	
5.1	5.1.2	Plassere hensettingsområde og matestasjon med egen stasjonsavgang nær hverandre	Tilstrekkelig kapasitet på strømforsyningen til hensatte kjøretøy	Kost: Vesentlig avhengig av mulighetene (tilgjengelig areal, tilgjengelig trefasemating, behov for matestasjon) og konsekvensene (eks. posisjonskjøring).	Endret lokalisering blir en avveining med andre momenter	Ja, vurderes for større hensettingsområder
5.2	5.2.1	Plassere hensettingsområde i nærheten av transformatorstasjon i regionalnettet	Tilstrekkelig kapasitet på strømforsyningen til hensatte kjøretøy	Kost: Vesentlig avhengig av mulighetene (tilgjengelig areal, tilgjengelig trefasemating, anleggsbidrag) og konsekvensene (eks. posisjonskjøring).	Endret lokalisering blir en avveining med andre momenter	Ja, vurderes for større hensettingsområder
5.2	5.2.2	Overføre effekten i egen langsgående infrastrukturforsyning (22	Tilstrekkelig kapasitet på	Kost: Mulig nødvendig med økt dimensjonering	Det er ikke gitt at langsgående infrastrukturforsyning har	Ja, vurderes

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
		kV) fra passende tilkoplingssted til områdekonsesjonærens distribusjons- eller regionalnett	strømforsyningen til hensatte kjøretøy	av langsgående infrastrukturforsyning	kapasitet til så store effekter.	
5.2 5.3.1	5.2.3	Sekvensiell spenningsetting av togvarmeposter etter spenningsbortfall	Begrense effekttoppen ved å utsette spenningsetting av kjøretøy 5–10–20 minutter	Kost: Utvikling av styring av brytere. Noen kjøretøy må nødvendigvis være lenger uten spenning enn andre. Nytte: Redusert effekttopp kan gi redusert behov for dimensjonering og nettleie.	For store hensettingsanlegg kan nytte overstige kostnaden.	Ja, for store anlegg
5.1 5.2 5.3.1	5.2.4	Avklare nærmere anleggsbidrag for store hensettingsområder (både system 1, 2 og 3)	Få kontroll på risikoen knyttet til strømforsyning til store hensettingsområder	Kost: Ett par hundre interne timer og utsettelse av beslutning som kan påvirke hensettingsprosjekter Nytte: Bedre kontroll på risikoen og underlag for beslutning		Ja
5.3.2	5.3.1	Benytte 600 A togvarmestikkontakt	Tilstrekkelig forsyningskapasitet	Kost: Sannsynligvis liten dersom stikkontakten blir standard, men den kan være unødvendig stor. Nytte: Ny konsekvens: *Ingen* Restrisiko: *Ingen*		Ja, om nødvendig

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
5.3.2	5.3.2	Begrense forbruk om bord i kjøretøy til 125 A	Begrenset dimensjonering av togvarmepost og mulig redusert innetemperatur når det er kaldt ute	Kost: Nytte: Ny konsekvens: *Ingen – marginal* – Redusert innetemperatur når kjøretøyet står på togvarmepost, som kan kompenseres med mer intensiv oppvarming før trafikk via strømavtaker. Antatt at forsyningen uansett er nok til frostsikring. Restrisiko: *Ingen – tolererbar/akseptabel*	En slik drift må avtales med jernbaneforetakene	Ja

7.15 Fare 6 Depot problem (overspenninger)

7.15.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
6.1.1	1.3.2	System 1	Depot problem	Overspenninger pga. overharmoniske		*Tydelig risikoestimering*
6.1.2	1.3.2	System 1	Depot problem	Overspenninger pga. overharmoniske ved diodelikretting		*Tydelig risikoestimering*
6.1.3	1.3.2	System 1	Depot problem	Elektrisk resonansustabilitet		*Tydelig risikoestimering*
6.1.4	1.3.2	System 1	Depot problem	Lavfrekvent stabilitet		*Tydelig risikoestimering*
6.1.5	1.3.2	System 1	Depot problem	Spenningsstigning pga. kapasitiv reaktiv effekt		*Tydelig risikoestimering*

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
6.1.6	1.3.2	System 1	Depot problem	Høy innkoplingsstrøm fra transformatorer		*Tydelig risikoestimering*

7.15.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
6.1.1 6.1.3 6.1.4	*Marginal–betydelig/kritisk* • Overspenninger kan hindre togbevegelse, føre til forsinkelser og påvirke vedlikeholdsregime (mulighet for frakopling) og nødvendiggjøre forsterking av banestrømforsyningen	*Ukjent* • Det er ikke kjent hvor sannsynlig det er at konsekvensen oppstår	*Ikke vurdert*
6.1.2	*Ubetydelig:* • Diodelikeretting produserer lavere harmoniske, men begrenser overspenninger og virker dempende på elektrisk resonansustabilitet [50] • Diodelikeretting og lavt forbruk sammen med passive filter/høyspenningskabler på taket kan føre til kapasitiv reaktiv effekt.	*Usannsynlig–sjelden* • Konsekvensen er forventet å opptre sjelden	*Neglisjerbar* • Basert på den kunnskap som ligger i arbeidsgruppen for revisjon av EN 50388.
6.1.5	*Ubetydelig–betydelig/kritisk:* • Høy spenning kan gjøre det vanskelig for kjøretøy å mate tilbake ved elektrisk bremsing • Høy spenning kan i verste fall nødvendiggjøre forsterkninger i banestrømforsyningen eller	*Usannsynlig* • Foreslått grense på 60 kVAr kapasitiv per togsett i nåværende arbeidsversjon til revidert standard forventes å gi liten spenningsstigning, se	*Neglisjerbar–tolererbar* • Dersom foreslått grense økes til 3% av ytelsen tilsvarende 150 kVAr, slik som foreslått i høringsversjon av standarden i 2017, må risikoen vurderes på ny

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
	redusere frakopling for vedlikehold • Spole som koples inn i parallell med togene kan i prinsippet forbruke reaktiv effekt, men løsningen må utvikles.	Vedlegg 8 Vurderinger rundt kapasitiv reaktiv effekt	
6.1.6	*Ingen– marginal* • For store innkoplingsstrømmer kan føre til at det blir vanskelig å spenningsette utgående linjeavgang eller stasjonsavgang fra koplingsanlegg	*Usannsynlig–sannsynlig* • Avhengig av antall hensatte kjøretøy, hvorvidt de har koordinert eller tilfeldig automatisk gjeninnkopling og vernutrustning på linjeavgang	*Neglisjerbar–uønsket*

7.15.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
6.1.1 6.1.3 6.1.4	6.1.1	Krav eller anbefaling om diodelikeretting	Redusere overharmoniske og dynamiske fenomener	Kost: Liten, anbefalt som tiltak i forslag til revidert standard. Nytte: Se fare 5.1.2	Tiltaket inngår allerede i forslag til revidert standard som anbefaling. Diodelikeretting kan føre til dårligere effektfaktor enn PWM-drift at nettstrømretterne og dermed høyere belastning. Under 19% av kjøretøyets ytelse vurderer prEN50388-2 likevel diodelikeretting som fordelaktig.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
6.1.1 6.1.2	6.1.2	Krav kompatibilitetsstudie for store hensettingsområder der det hensettes kjøretøy som ikke diodelikeretter	Redusere risikoen for overharmoniske og dynamiske fenomener.	Kost: Kraftsystemplanlegging og prosjektering av nødvendige tiltak. Nytte: Restrisiko: *Akseptabel* etter prEN 50388-2	Presisering av generelt krav i teknisk regelverk basert på forslag til prEN 50388-2	Ja
6.1.6	6.1.6	Tilpasset vernutrustning på avgang i koplingsanlegg	Tillater høy innkoplingsstrøm	Kost: Begrenset. Nytte: Restfrekvens; *Sjelden* Restrisiko: Tolererbar	Fremgår av Teknisk regelverk i dag.	Ja
6.1.1 6.1.2 6.1.3 6.1.4 6.1.5 6.1.6	6.1.7	Plassere hensettingsområde og matestasjon med egen stasjonsavgang nær hverandre	Redusere sannsynligheten for overharmoniske og dynamiske fenomener, samt spenningsstigning pga. kapasitiv reaktiv effekt.	Kost: Vesentlig avhengig av mulighetene (tilgjengelig areal, tilgjengelig trefasemating, behov for matestasjon) og konsekvensene (eks. posisjonskjøring). Nytte: Restfrekvens: Usannsynlig Restrisiko: Tolererbar	Endret lokalisering blir en avveining med andre momenter	Ja

7.16 Fare 7 Overkjøring inn på frakoplet og jordet seksjon

7.16.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
7	1.3.2	System 2, 3 og 4	TXP gir signal for skift inn på frakoplet og jordet seksjon (gir overkjøring)	Kortslutning av kontaktledningsanlegget		*Tydelig risikoestimering*

7.16.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
7.2	*Ingen– betydelig/kritisk* • I de fleste tilfeller vil vern løse, frakople og automatisk gjeninnkople etter 5 sekunder • I noen tilfeller kan seksjonsisolator eller kontaktledning ødelegges av påkjenningene • I noen tilfeller kan strømavtaker ødelegges og i verstefall måtte byttes eller føre til nedriving av kontaktledningen senere.	*Sjelden–sporadisk* • Har skjedd flere ganger i landet de siste to årene	*Neglisjerbar–uønsket.*

7.16.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
7.2	7.2.1	Kun frakople og ikke jorde hensettingsspor	Unngår kortslutning	Kost: Ingen for nyanlegg ettersom jordingsposisjon ikke	Jording av kontaktledning på hensettingsspor vil ikke få praktisk betydning for 3.	Ja

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				etableres. Må eventuelt fjernes på eksisterende anlegg. Nytte: Restfrekvens: *Svært usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*	part som klatrer på kjøretøy ettersom kombinasjonen av klatring og overkjøring er usannsynlig. Videre er hensettingsspor ikke lange nok til å indusere spenning i ledningen, og skulle det være indusert spenning er det kun ved jording en får en sluttet strømkrets. 1. part som eventuelt jobber på hensettingssporet vil ikke bruke jordingsbryter men eget jordingsapparat for beskyttelse	
7.2	7.2.2	Normalstilling lukket for bryter til hensettingsspor. Kun stilling åpen når kjøretøy (som ikke er vanskelig å klatre på) er hensatt.	Hindre overkjøring ved at sporet sjelden er jordet.	Kost: Ingen (tegningsendring) Nytte: Restfrekvens: *Usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*	Allerede etablert på Bergensbanen	Ja
7.2	7.2.2	Bruk av signal 65 A «Jordet seksjon»	Hindrer i prinsippet innkjøring på jordet seksjon, men signalet vil miste sin betydning ettersom kjøretøyet må passere signalet for å komme til hensettingsporet og lokomotivfører ikke	Kost: Begrenset for opphengig av skilt. Nytte: Uendret		Nei

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
			enkelt kan sjekke om signalet gjelder			
7.2	7.2.3	Etablering av nytt signal 65A med hvitt lys i avhengighet til bryter som opphever signalet etter samme prinsipp som signal 65B og 65C om «utkopling foran dødseksjon»	Pålitelig signal til lokfører om seksjonen er jordet eller ikke	Kost: Skilt, lampe, strømforsyning og forrigling mot bryter, anslått til 30 000 kr per spor Nytte: Restfrekvens: *Usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*	Det er rimeligere og enklere å ikke jorde kontaktledningen, se 6.2.1	Nei
7.2	7.2.4	Angivelse av hvorvidt hensettingspor er spenningssatt på skjermbilde hos togekspeditør	Hindre at togekspeditør gir ordre om å skifte inn på jordet seksjon.	Kost: For nye skjermbilder antatt liten for løsningen finnes allerede implementert fra FJEL. Eldre systemer krever oppdatering. Nytte: Restfrekvens: *Usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*		Kun som ALARP når oppgradering foregår likevel.

7.17 Fare 8 Usymmetri i trefasenettet

7.17.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
8		System 2 (50 Hz)	Kjøretøyene er enkeltvise enfaselaster	Usymmetri i trefasenettet	(økonomi)	*Tydelig risikoestimering*
8		System 3	Kjøretøyene er enkeltvise enfaselaster	Usymmetri i trefasenettet		*Regler for god praksis:* • *EN50533 regulerer usymetrisk belastning på 400 V train line for å overholde EN 50160*

7.17.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
8	*Ubetydelig* • Ved stor enfaselast på kun en fase i svakt trefasenett kan usymmetrien bli for større enn forskriftskravet • ikke hindrer at systemet leverer som spesifisert og • ikke oppfyller kriteriet for betydelig eller større.	*Sannsynlig* • Ved bruk av linjespenning 1000 V og en fase koplet til returkretsen *Sporadisk* • Ved bruk av linjespenning 1730 V og nullpunkt koplet til returkretsen ved tilfeldig sporbruk	*Uønsket–Tolererbar*

7.17.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
8	8.1	Bruk av transformator med linjespenning 1730 V og nullpunkt koplet til returkretsen	Reduserer usymmetri i trefasenettet	Kost: Liten endring for selve anlegget sammenlignet med 1000 V linjespenning og en fase koplet til returkretsen. 1730 linjespenning gir høyspenningsanlegg med behov for tilsyn av høyspenningsmontør som Bane NOR dekker av kontaktledningsmontører. Nytte: Ny frekvens: *Sporadisk* Restrisiko: *Tolererbar*	Se ytterligere tiltak 8.2	Ja, for store anlegg på svak trefaseforsyning.
8	8.2	Koordinert sporbruk og fordeling av togvarmeposter på de tre fasene	Reduserer usymmetri i trefasenettet	Kost: Neglisjerbar, antas i stor grad å kunne løses med relevant prosjektering av anlegget. Nytte: Ny frekvens: *Sjelden* Restrisiko: *Neglisjerbar*	ALARP	Ja
8	8.3	Bruk av transformator med to lastfaser for enklere fordeling av belastningen	Reduserer usymmetri i trefasenettet	Kost: Dyrere spesiallaget transformator Nytte: Ny frekvens: *Sporadisk* Restrisiko: *Tolererbar*		Nei

7.18 Fare 9 Strømavtaker siger fra kontaktledningen

7.18.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
9.1		System 1		Strømavtaker siger ned fra kontaktledningen	-	*Regler for god praksis:* • Ikke funnet internasjonalt eller nasjonalt, kun firmainterne krav • LOC&PAS TSI stiller i 4.2.8.2.9.5 krav om minimum innstillbar statisk trykk fra strømavtaker til kontakttråd og i 4.2.8.2.9.10 stiller krav om max tid for senking av strømavtaker etter enten initiering fra fører eller togets kontrollsystem. Før senking skal høyspenningsbryter åpnes automatisk. Det er usikkert hvorvidt denne funksjonen dekker faren. *Tydelig risikoestimering*

7.18.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
9.1	*Marginal* • Dersom strømavtaker slipper fra kontakttråden med lukket høyspenningsbryter oppstår en lysbue (pga. hovedtransformatorens magnetiseringsstrøm) som kan skade kontakttråden.	*Sjelden*	*Tolererbar*

7.18.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
9.1	9.1	Krav om at kjøretøyets høyspenningsbryter skal kople ut før strømavtaker senkes	Hindrer at strømavtaker drar ut lysbue og brenner av kontakttråden	Kost: Liten ettersom alle norske kjøretøy har slik funksjonalitet allerede og dette også er praksis i andre land (bekreftet fra Sverige og Østerrike. Nytte: Restfrekvens: *Svært usannsynlig* Restrisiko: *Neglisjerbar*	Kan løses teknisk med en trykkvokter på lufttrykket til strømavtaker.	Ja

7.19 Fare 10 Sammenkopling av strømsystemer

7.19.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
10.2		System 2 (og kanskje 3)	Ulike strømsystemer i nærheten av hverandre (kontaktledning og togvarmepost)	Skade ved sammenkopling av spenning fra ulike strømforsyningssystemer	Person skadet i eller ved spor	*Tydelig risikoestimering*

7.19.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
10.2	*Marginal* • Skade på person eller materiell	Sporadisk–sannsynlig • Uten forrigling eller rutiner fordi situasjonen er uoversiktlig med store avstander.	*Uønsket*

7.19.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
10.2	10.2.1	Krav om forrigling i kjøretøy som hindrer sammenkopling av spenning fra kontaktledning med spenning fra togvarmepost	Hindrer sammenkopling av strømsystemer	Kost: Begrenset for nye kjøretøy som prosjekteres med funksjonaliteten. Flere eksisterende kjøretøy har allerede funksjonaliteten. Høy for endring av eksisterende kjøretøy som ikke har funksjonaliteten	Kun krav til nye kjøretøy, men er etablert som en praksis. Eksisterende kjøretøy som ikke har funksjonaliteten (tp69 og 70) er det for dyrt/vanskelig å bygge om. For eksisterende kjøretøy er det tilstrekkelig med manuelle rutiner om at	Ja, for nye kjøretøy

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				Nytte (kun nye kjøretøy): Restfrekvens: *Usannsynlig–sjelden* Restrisiko: *Neglisjerbar–tolererbar*	strømavtaker skal senkes før togvarme tilkoples.	
10.2.	10.2.2	Krav om forrigling i togvarmepost som hindrer sammenkopling av spenning fra kontaktledning med spenning fra togvarmepost	Hindrer sammenkopling av strømsystemer	Kost: Ikke vurdert Nytte Restfrekvens: *Usannsynlig–sjelden* Restrisiko: *Neglisjerbar–tolererbar*	Blir i praksis dobbel forrigling for elektriske kjøretøy med strømavtaker. Løsning finnes delvis i dag, men for å håndtere andre farer, se Teknisk regelverk/Lavspenning og 22 kV/Prosjektering/Togvarme	Nei, ikke utover dagens krav i TRV

7.20 Fare 11 Kostnad ved valgt og tilbudt produkt

7.20.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
11		System 1 og 2 (16 2/3 Hz) System 2 (50 Hz) og 3	Uklar eller ukjent fremtidig kostnad (prisstruktur)	Bane NOR tilbyr en produktportefølje som er økonomisk ufordelaktig for jernbanesektoren totalt sett.		*Tydelig risikoestimering*

7.20.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
11	*Ubetydelig–marginal–betydelig/kritisk*	*Usannsynlig–sjelden*	*Uønsket–neglisjerbar*

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
	• Kostnaden ved å velge feil er både avhengig av forholdene ved det enkelte hensettingsområde (3.2.1, 3.2.3 og 3.2.4) og for alle områdene totalt sett (dersom det er ønskelig å tilby likt produktspekter for alle hensettingsområdene	• Hender muligens en gang i levetiden for hvert enkelt hensettingsområde, dvs for noen hensettingsområder hender det (*sjelden*)	• Se tiltak som ALARP • Risikoen bør aksepteres av ansvarlige infrastrukturforvalter ved at valg av produktportefølje for Bane NORs hensettingsområder

7.20.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
11	11.1	Avklare nærmere fremtidig kostnadsregime for minstepakken før endelig kostnadsammenligning utføres	Redusert økonomisk usikkerhet	Kost: Lav for gjennomføring av selve vurderingen (interne timer i flere enheter i Bane NOR). Moderat til høy dersom pågående prosjekter for hensettingsområder må vente på avklaring Nytte: Restrisiko: *Akseptabel*		Ja, som videre arbeid
11	11.2	Avklare produktportefølje strategisk med	Håndtere usikkerhetsrisiko	Kost: Lav for gjennomføring av selve vurderingen (interne timer i flere enheter i Bane NOR). Moderat til høy dersom pågående prosjekter for	Under jernbaneforskriften vil kostnaden falle på jernbaneforetakene. Ettersom det meste av persontrafikk er offentlig kjøp vil størstedelen av kostnaden for valg av	Ja, som videre arbeid

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
				hensettingsområder må vente på avklaring Nytte: Restrisiko: *Akseptabel*	system derfor til slutt falle på Jernbanedirektoratet. Det er i dette arbeidet ikke vært kontakt med Jernbanedirektoratet.	
11	11.3	Inkludere strømforsyning til hensetting i kraftsystemplanleggingen	Redusere konsekvens (kostnader) ved å identifisere og løse eventuelle problemer tidlig	Kost: Liten totalt sett Nytte: Restkonsekvens: Redusert, men ingen endring av kategori Restrisiko: *Akseptabel*	Strømforsyning til hensetting ivaretas til en viss grad i kraftsystemplanlegging 16 2/3 Hz i dag ved at det forutsettes system 1, men planleggingen går ikke i detalj for å håndtere eventuelle ulemper med tanke på tilgjenglighet for vedlikehold av banen.	Ja

7.21 Fare 12 Energiavregningsmetode

7.21.1 Fareidentifisering

Fare ID	Kilde	System	Årsak	Farebeskrivelse	Topphendelse	Prinsipp risikoaksept
12.1 12.2		System 1 System 2 og 3		Vanskelig å avregne energi levert til hensatte kjøretøy		*Tydelig risikoestimering*

7.21.2 Tydelig risikoestimering

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
12.1	*Marginal* • Avregningssystem finnes i dag	*Sjelden*	*Tolererbar*

Fare ID	Konsekvens	Frekvens	Risiko
	• Mulig endring i regler, men kan enkelt håndteres. Detaljer er ikke vurdert.		
12.2	*Marginal* • Manuelt avregningssystem i dag som i stor grad forventes å håndtere situasjonen også fremover på grunn av forutsigbarhet gitt av ruteplan/sporbruksplan • Dersom situasjonen i fremtiden ikke er håndterbar med manuelt system (eks. omfattende bruk, flere jernbaneforetak) må andre avregningssystemer etableres.	*Sjelden*	*Tolererbar* • Ingen tiltak vurdert. Det er tidligere startet et prosjekt for enklere energiavregning av togvarmeposter som ikke er fullført.

7.21.3 Tiltaksvurdering

Fare ID	Tiltak ID	Tiltak	Effekt av tiltak	Kost/nytte	Vurdering	Anbefales (ja/nei)
		Ingen				

VEDLEGG 6 KATEGORIER FOR KONSEKVENS, FREKVENS OG RISIKO

Kategorier for konsekvens, frekvens og risiko samt riskoakseptkriterier er basert på egen oversettelse og tilpassing av [41] eksempel i Annex C.

Tabell 20 Konsekvenskategorier for sikkerhet, driftsforstyrrelser og vedlikeholdspåvirkning

Konsekvens av skade eller feil	Definisjon	Eksempel
(Katastrofal)	Påvirker stort antall personer gir flere dødsfall. En skade som: • gir ekstrem skade på miljøet	(Brukes ikke for driftsforstyrrelse og vedlikeholdspåvirkning, kun for sikkerhet og miljø)
Betydelig/kritisk	Påvirker lite antall personer men gir minst ett dødsfall. En skade som • hindrer togbevegelse eller trafikk større enn en spesifisert tid, • genererer kostnader større enn et spesifisert nivå, eller • gir stor skade på miljøet.	Driftsforstyrrelse: • innstilling av tog • forsinkelse mer enn X timer • følgeforsinkelser • tog kan ikke stoppe på stasjon etc. Vedlikeholdspåvirkning: • vedlikeholdsregime må endres • krever omfattende feilretting (mer enn ~1–3–5 dager) • krever viktige ressurser som er vanskelig tilgjengelig
Marginal	Ingen dødsfall, kun alvorlige eller mindre personskader En skade som • må rettes for at systemet skal kunne levere som spesifisert og • som ikke medfører større forsinkelse eller kostnader enn et spesifisert nivå for betydelig/kritisk konsekvens, eller • utgjør en mindre skade på miljøet	Driftsforstyrrelse: • forsinkelse(r) Vedlikeholdspåvirkning: • påbegynt vedlikehold blir ikke ferdig i tide til planlagt trafikk • krever mer ressurser uten å endre rutiner/vedlikeholdsregime • medfører logistiske problem
Ubetydelig	Mulig mindre personskade En skade som	Driftsforstyrrelse: • økt kjøretid men likevel ikke forsinkelse (dvs. innenfor marginer)

	• ikke hindrer at systemet leverer som spesifisert og • ikke oppfyller kriteriene for marginal eller betydelig/kritisk.	Vedlikeholdspåvirkning: • planlagt vedlikehold må utsettes
Ingen	Ingen skade	Brukes for eksempel dersom en har identifisert en fare som en har vurdert konsekvensen av med det resultat at det ikke var en fare likevel, men angis for å dokumentere vurderingen.

Nedriving av kontaktledning regnes typisk som en betydelig skade.

Tabell 21 Frekvensklasser

Frekvens av konsekvens	**Definisjon**	**Eksempel basert på en enkelt komponent som brukes 24 timer i døgnet** (Forventet å oppstå:)	**Eksempel basert på antall hendelser i løpet av 30 års driftstid for en enkelt komponent i drift 5000 timer i året** (Forventet å oppstå:)
Ofte	Hender ofte	Oftere enn hver 6. uke	Flere enn 150 ganger
Sannsynlig	Hender med sikkerhet flere ganger i systemet levetid	Hver 6. uke til hvert år	Omkring 15 til 150 ganger
Sporadisk	Forventet å hende flere ganger i systemet levetid	Hvert år til hvert 10. år	Omkring 2 til 15 ganger
Sjelden	Forventet å hende en gang i systemet levetid	Hvert 10. til 1000 år	Maksimalt en gang
Usannsynlig	Hender muligens en gang i systemet levetid	Hvert 1000. til 100 000 år	Ikke innen levetiden
Svært usannsynlig	Ekstremt lav forventning til at faren oppstår. Det kan antas at hendelsen ikke oppstår	Sjeldnere enn hvert 1000 000. år	Aldri

Tabell 22 Risikokategorier

Risikokategori	**Tiltak sikkerhet og miljø**	**Tiltak annet**
Uakseptabel	Risiko skal elimineres (drastiske tiltak kan være nødvendig)	
Uønsket	Risikoen skal bare aksepteres dersom reduksjon er upraktisk og etter enighet med infrastrukturforvalter eller tilsyn	Tiltak bør vurderes
Tolererbar/akseptabel	Ingen pålaget så lenge en har kontroll på utviklingen av risikoen og dette er akseptert av ansvarlige infrastrukturforvalter. Ansvarlig infrastrukturforvalter har i tillegg gjennom eget internt	Ingen så lenge en har kontroll på utviklingen av risikoen eller den er akseptert av ansvarlige infrastrukturforvalter

	styringssystem (se 2.2.3) krevd tiltak etter ALARP[29] for at risikoen skal være akseptabel	
Neglisjerbar	Ingen (dersom frekvensen er mindre enn 10^{-9} per driftstime)	Ingen

[29] "As low as reasonable possible"

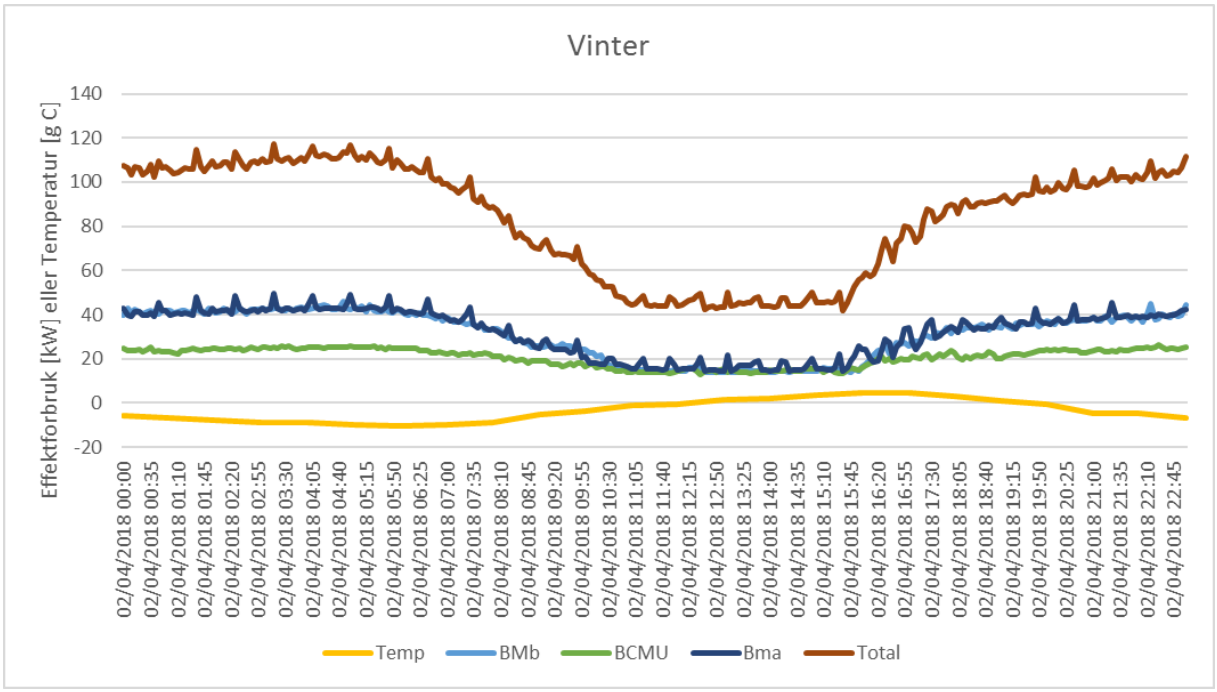
Tabell 23 Risikomatrise

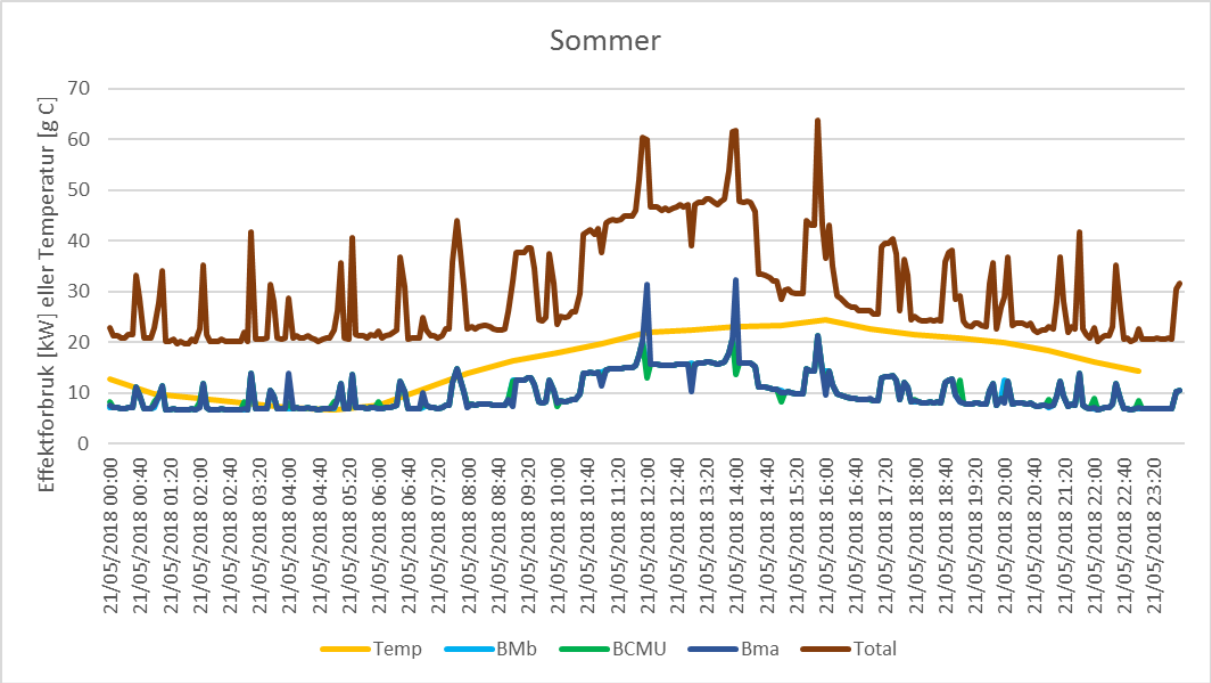
	Katastrofal	Betydelig/ kritisk	Marginal	Ubetydelig
Ofte	Uakseptabel	Uakseptabel	Uakseptabel	Uønsket
Sannsynlig	Uakseptabel	Uakseptabel	Uønsket	Uønsket
Sporadisk	Uakseptabel	Uønsket	Uønsket	Tolererbar/ akseptabel
Sjelden	Uønsket	Uønsket	Tolererbar/ akseptabel	Neglisjerbar
Usannsynlig	Uønsket	Tolererbar/ akseptabel	Neglisjerbar	Neglisjerbar
Svært usannsynlig	Tolererbar/ akseptabel	Neglisjerbar	Neglisjerbar	Neglisjerbar

VEDLEGG 7 EFFEKTBEHOV TP74/75

Tabellen under viser beregnet forbruk for Tp74/75 for helt togsett og gjennomsnitt per vogn basert på [49]. Figurene nedenfor viser fjernavlest energiforbruk for et togsett sommer og vinter sammenstilt med målt utetemperatur. Alle tall i kW og °C.

Driftsmodus	**Styring, kontroll, drifts-funksjoner, tap [kW]**	**Passasjer-komfort**	**Vogn-type [kW]**	**Vogn-type [kW]**	**Sum [kW]**	**Sum [kW]**
Utetemperatur [°C]	Togsett	Type forbruk	Vogn BMb	Vogn BPa	Togsett 3xBMB og 2xBPa	Gj. snitt per vogn
«Parkert»						
30	15,02	Kjøling til 26 °C	2,0	7,3	35,56	7,11
15	15,02	Kun ventilasjon	1,4	1,4	22,02	4,40
0	15,02	Oppvarming til 15 °C	2,2	2,3	23,22	5,24
«Automatisk»						
25	15,02	Kjøling	7,56	7,61	52,92	10,58
15	15,02	Kjøling	5,79	6,11	44,61	8,92
0	15,02	Varme	9,58	10,46	64,68	12,94
-15	15,02	Varme	18,05	20,80	110,77	22,15




Sommer
Effektforbruk [kW] eller Temperatur [g C]
70
60
50
40
30
20
10
0
21/05/2018 00:00
21/05/2018 00:40
21/05/2018 01:20
21/05/2018 02:00
21/05/2018 02:40
21/05/2018 03:20
21/05/2018 04:00
21/05/2018 04:40
21/05/2018 05:20
21/05/2018 06:00
21/05/2018 06:40
21/05/2018 07:20
21/05/2018 08:00
21/05/2018 08:40
21/05/2018 09:20
21/05/2018 10:00
21/05/2018 10:40
21/05/2018 11:20
21/05/2018 12:00
21/05/2018 12:40
21/05/2018 13:20
21/05/2018 14:00
21/05/2018 14:40
21/05/2018 15:20
21/05/2018 16:00
21/05/2018 16:40
21/05/2018 17:20
21/05/2018 18:00
21/05/2018 18:40
21/05/2018 19:20
21/05/2018 20:00
21/05/2018 20:40
21/05/2018 21:20
21/05/2018 22:00
21/05/2018 22:40
21/05/2018 23:20
Temp
BMb
BCMU
Bma
Total

VEDLEGG 8 VURDERINGER RUNDT KAPASITIV REAKTIV EFFEKT

Maximum allowable capacitive power at no-load due to fundamental frequency overvoltage (Utarbeidet av Steinar Danielsen, Bane NOR, til møte i Cenelec WGC11 for revisjon av [11] møte 2018-04-10–11)

Background
EN50388-1 states requirements for traction unit's displacement power factor. Capacitive reactive power factor increases fundamental frequency line voltage.

Objective
Identify maximum allowable capacitive power at no-load due to fundamental frequency overvoltage for use in EN50388-1.

Problem description
Traction units may produce capacitive reactive power factor due to:

- Line-inverter control inaccuracy (when pulse-width modulation target at unity power factor or zero capacitive power);
- capacitive high-voltage roof cables; or
- capacitive passive filter (e.g. for line-inverter harmonic mitigation due to track circuits etc.)

A no-load situation is defined as active power consumption for traction purposes is zero. However, there still may be some auxiliary power consumption or losses. Such no-load situation may occur at:

- standstill or coasting of single trains on the railway line; or
- standstill of several traction units in depot or yard areas.

In depot areas installed power of the stabled traction units exceeds the feeding power capacity several times (in prEN50388-2 defined as a factor larger then 4). In such cases are pulsing line-converters of the stabled traction units not wanted due to risk for overvoltages due to harmonics or instability (both low-frequency instability and electrical resonance instability). Diode rectification operation of the line inverters is therefore recommended for active power consumption up to 12–15 % of the maximum installed traction unit power at wheel.

Traction unit manufacturers tell that diode rectifying and transformer magnetization losses are not necessarily sufficient to consume the roof cable and passive filter reactive power production at standstill.

The net reactive power production may give rice to a fundamental frequency line voltage increase limited by:

- maximum permanent (U_{max1}) and non-permanent for five minutes (U_{max2}) voltage defined by EN50163 as 17.25 kV and 18 kV, respectively, in a 15-kV 16.7-Hz network; and
- the requirement in EN50388-1 stating that regenerative braking (active power production) of traction units shall be possible.

For depots traction units are stabled for a time considerably longer than allowed for Umax2, hence Umax1 apply. For regenerative braking Umax2 apply.

Conditions

For the sources of capacitive power production, the following applies:

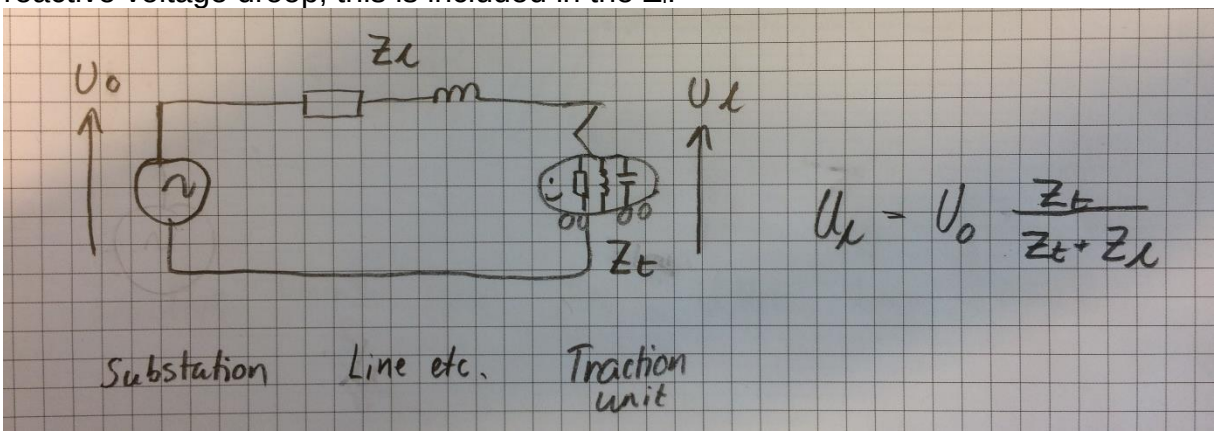
- The traction unit manufacturer says that line-converter control inaccuracy is guaranteed below 6 % reactive power of maximum power at wheel. I.e. if at almost no active power, reactive power is within +/- 3 % of maximum power at wheel if control set-point is zero reactive power.
- High-voltage roof cables are minimum limited by pr50388-2 to maximum 210 nF/MW maximum power at wheel at frequency limit fl for electrical resonance stability. This represent 6 kVAr per MW maximum power at wheel or 0.6 %.
- No information is given for passive filters.
- A pulsing line converter will compensate for the capacitive contribution from high-voltage cables and passive filters.

Calculation method

A calculation model is established contains:

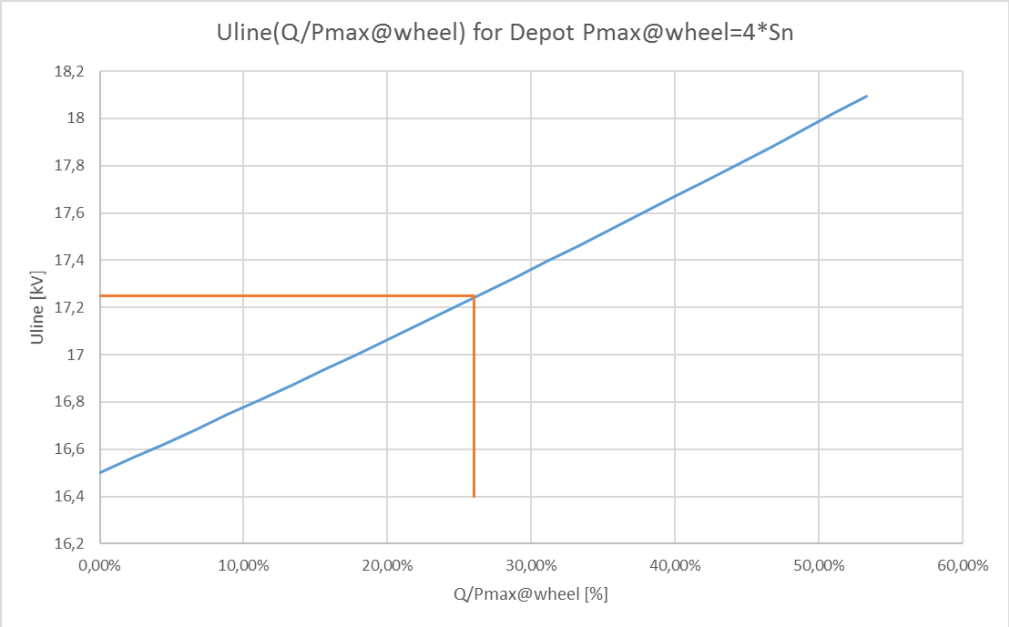
- a Thevenin voltage source representing any feeding substation with output voltage U0;
- a Thevenin impedance representing line and transformer impedance between the voltage source and the traction unit(s) Z_l; and
- the traction unit(s) represented by an impedance Z_t.

Voltage over Z_t is U_l (Uline). U_0 is assumed to be 1.1 Un (nominal voltage) equal to 16.5 kV which is typical maximum no-load feeding voltage. In case substation has a reactive voltage droop, this is included in the Z_l.



Calculations results

Case 1: prEN50388-2 defines a depot as a location where installed maximum power at wheel for the stabled trains exceeds the substation feeding capacity by a factor of 4. Assuming a substation transformer impedance of 5 %, a maximum reactive power of 26 % of maximum power at wheel is needed to reach Umax1 = 17.25 kV (see figure below). Comment: Compared to line-inverter control inaccuracy and allowed high-voltage cable capacitance this represent no limitation with margins.



Case 2: prEN50388-2 defines some calculation cases for check of low-frequency stability specifying Thevenin impedance and maximum power at wheel. The following maximum capacitive production to reach U_{max1} apply:

Case	Description	Abs(Z_I)	Angle(Z_I)	Installed power (P_{max})	Maximum reactive power
A.1.1	High line impedance, one vehicle	30 Ohm	55 deg	6 MW	0.49 MVAr or 8 % of Pmax
	High line impedance, two vehicles	30 Ohm	55 deg	12 MW	0.49 kVAr or 4 % of Pmax
	High line impedance, four vehicles	30 Ohm	55 deg	24 MW	0.49 kVAr or 2 % of Pmax
B1.1	Depot	1.5 Ohm	90 deg	90 MW	7.9 MVAr or 8 % of Pmax
B3.1	Depot	7 Ohm	55 deg	27 MW	2.1 MVAr or 8 % of Pmax

Case 3: Existing 11 depots in Norway (2013 situation) considered under two different conditions:

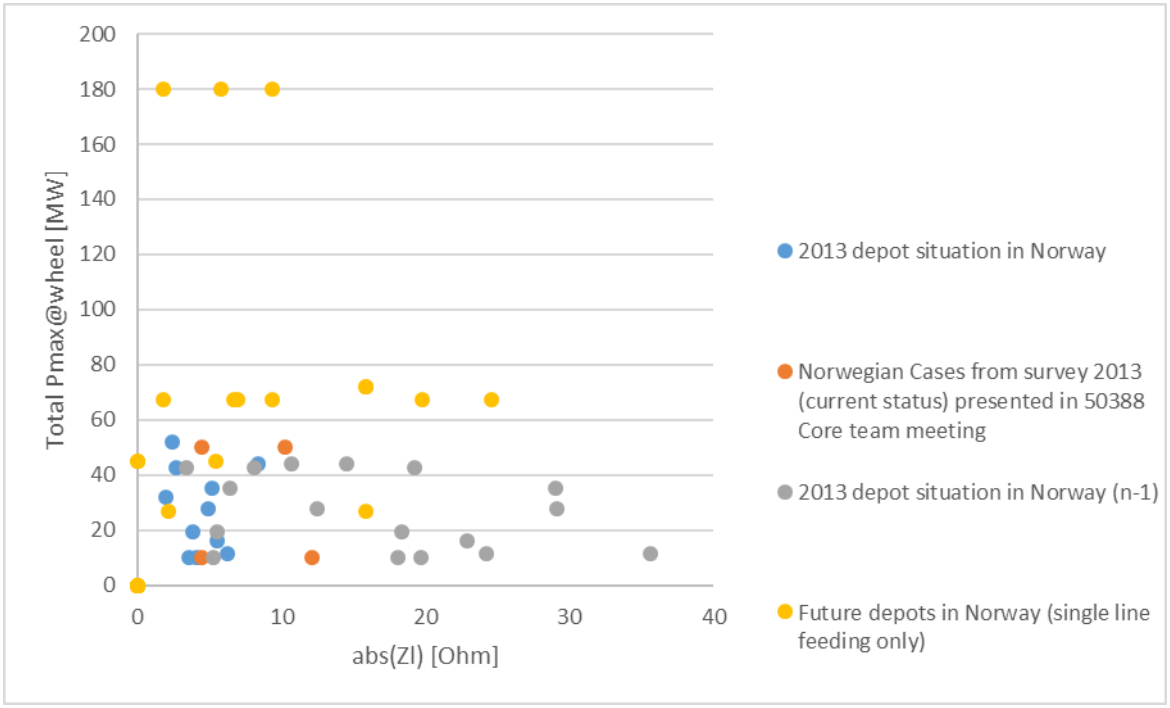
- Normal feeding conditions (minimum converter capacity in operation and all lines connected): 2–32 % reactive power of installed maximum power is needed to reach U_{max1} (median 8 %).

- N-1 feeding conditions for lines, i.e. one out of two connections to converter stations are disconnected due to normal maintenance (in the night when traction units are stabled): To be calculated. 1–22 % reactive power of installed maximum power is needed to reach U_{max1} (median 5 %).

Case 4: Planned new large depos in Norway: (Lillehammer and Hamar and partly Eidsvoll calculated for 2018, 2020, 2030 and 2040 with 4.5-MW traction units (five-car EMU) only)

- Reduced conditions for lines, i.e. only one connection to converter stations is connected due to normal maintenance (in the night when traction units are stabled): To be calculated. 1–28 % reactive power of installed maximum power is needed to reach U_{max1} (median 3 %). This represents 40–1500 kVAr per traction unit (median 130 kVAr per traction unit).

The figure below shows the total maximum power at wheel for the stabled traction units on different depots and situations as function of line impedance Z_l. Most critical is the combination of large installed power and high line impedance.



Considerations

The number of stabled traction units at current and planned depots versus power supply stiffness (Zl) shows large variations, i.e. no adaption of depot size to power supply. The weakest fed depots can only handle 1–2 % reactive power of installed maximum power of the stabled traction units. This represents 40–60 kVAr per traction unit (EMU). Current requirement in Norway and Sweden is according to NES TS02 maximum 60 kVAr per traction unit.

More considerations/sensitivity to be added if needed.

Conclusion

Norwegian depots today and in future may typically handle 1–2 % reactive power of maximum installed power at wheel or 40–60 kVAr per traction unit in degraded mode (reduced power supply). Existing requirement of 60 kVAr per traction unit may be reasonable and kept. If higher reactive power is needed/desired more considerations on probability and more depots should be included.

VEDLEGG 9 KOSTNADSSAMMENLIGNING

Flirt Kongsvinger (8 togvarmeposter)	Enhet	Metode 1 (i dag)	Metode 2 50 Hz	Metode 2 16,7 Hz	Metode 3	Kommentar	Kilde
Investeringskostnad kjøretøy	kr	0	500 000	500 000	200 000	Togvarmetilkobling	Rapport 1.1.3
Investeringskostnad infrastruktur	kr	0	2 000 000	2 000 000	2 000 000	Togvarmeanlegg/-post (noe redusert for 16,7 Hz og 400V pga. enklere anlegg). Tallene inkluderer noe	Rapport 1.1.4
Anleggsbidrag eksternt nett	kr	0	0	0	0	Svært usikker, varierer med effektbehov og lokasjon	
Anleggsbidrag internt nett	kr	0	0	0	0	Svært usikker, varierer med effektbehov og lokasjon	
Sum investeringskostnader	**kr**	**0**	**2 500 000**	**2 500 000**	**2 200 000**		
Innstallert effekt kjøretøy	MW	4,50	0,25	0,25	0,25		Rapport 3.2.3
Årlig vedlikeholdskostnad kjøretøy	kr	0	0	0	0		
Typisk forbruk	MW	0,100	0,084	0,084	0,084	Tomgangstap hovedtransformator mm	Rapport 3.2.3
Hensettingstid per døgn	t	8	8	8	8	Antatt	Antatt
Årsforbruk	MWh	292	245	245	245		
Tidsforbruk lokfører per dag	min	0	6	6	6	Tilkobling og frakobling togvarmepost (avhengig av plunder og om det er ekstratid eller ventetid)	Antatt etter samtale med førere
Timepris lokfører	kr	600	600	600	600		Antatt (900 som betalt i leie til NSB synes for høyt)
Årskostnad lokfører	kr	0	21 900	21 900	21 900		
Nettkostnader							
Nettleie eksternt nett							Energi Marked
Energiledd	kr/MWh	77	50	77	50		Energi Marked
Effektledd	kr/MW	0	0	0	0		Energi Marked
Fastbeløp	kr		2 725	0	2 725		Energi Marked
Nettleie internt nett							
Energiledd	kr/MWh	51	3	51	3	16 Hz: Tap, adm nett	
Effektledd	kr/MW	0	0	0	0		
Fastbeløp	kr	0	11 136	11 000	11 136	Togvarmpostleie som dekker selvkost	Tjenestekatalog
Offentlige avgifter	kr/MWh	0	0	0	0	Ingen forbruksavgift eller elsertifikater på togvarme	Forskrift om særavgifter
Sum	kr	37 345	26 739	42 370	26 739		
Kraftkostnader							
Kostnad elektrisk energi	kr/MWh	278	297	278	297		Energi Marked
Administrasjonskonstnader kraft	kr/MWh	4	15	4	15		Energi Marked
Prissikring						Inngår i energikostnad	
Offentlige avgifter							
Opprinnelsesgaranti	kr/MWh	30	30	30	30	Dagens pris, forventet fremtidig pris er høyere	Energi Marked
Sum	kr	91 130	83 808	76 549	83 808		
Årlige kostnader		**128 476**	**132 447**	**140 820**	**132 447**		
Kalkulasjonsrente	%	4 %	4 %	4 %	4 %		
Analyseperiode=forventet levetid	år	40	40	40	40		
Totalkostnad (nåverdi)	**kr**	**2 542 891**	**5 121 494**	**5 287 210**	**4 821 494**		
Underlag beregning av intern nettleie							
Administrasjonskostnader nett	*kr/MWh*	*11*		*11*			*Energi Marked*
Administrasjonskostnader nett	*%*		*5 %*		*5 %*	*Av ekstern nettleie (energiledd, effektledd og fastbeløp)*	*Energi Marked*
Leie Togvarmepost	*kr*		*11000*	*11000*	*16500*		Bane NOR Tjenestekatalog
Tap 16 2/3 Hz							
Justeringsfaktor tap	*1*	*1,00*		*1*			*Standardvilkår 16 2/3 Hz energi*
Omformingstap	*%*	*10 %*		*10 %*		*Beregning tapstariffer 2017 Høyere tap om natta*	*Standardvilkår 16 2/3 Hz energi*
Overføringstap	*%*	*4 %*		*4 %*		*Beregning tapstariffer 2017*	*Standardvilkår 16 2/3 Hz energi*
Ikke nyttiggjort energi	*-*	*0*		*0*			*Standardvilkår 16 2/3 Hz energi*

Erfaringskostnader togvarmeanlegg

Fra Johan Seljås/Jan-Ove Geekie, Utbygging

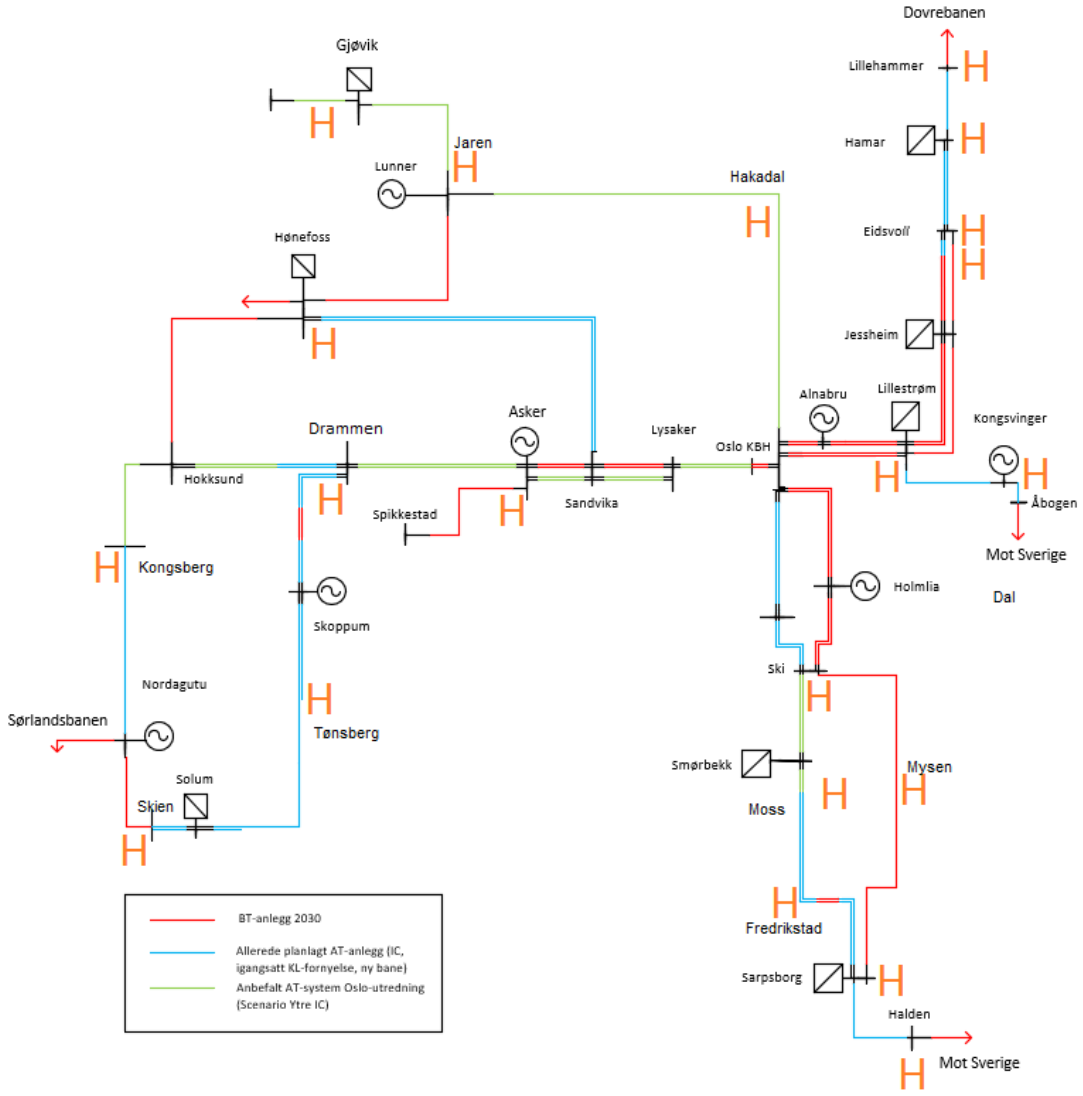
		Høvik stasjon - Tele og elkraft		Mysen stasjon, stasjonstiltak		Lillestrøm hensetting		Mysen stasjon, togvarmekiosk
3.32*		3 190 172		3 894 547		7 856 507		
						8 548 607		
Kost per togvarmepost		1 595 086		1 298 182		657 585		
3.32.1*	Transformator	333 274		346 050		692 099		
3.32.2*	Fordelingsskap	2 022 730		2 462 906		4 572 121		
3.32.3*	Togvarmepost	498 136	2	927 760	3	2 239 587	13	
3.32.4*		0		0		23 599		
3.32.8*		0		0		570 975		
3.32.9*		336 032		157 831		450 225		
3.35*	Strømforsyning	4 354 725		1 391 449		6 923 225		
3.35.2*	Høyspenningsanlegg	4 157 799		902 954		5 469 826		
3.37.172*	Signal kabeler til togv	0		0		301 142		
3.37.2*	Høyspenningskabel	4 768 582		1 143 554		3 996 578		
*	Togvarmekiosk							4 093 114
Total for prosess 32, 35.2, 37.2 og togvarmekiosk		12 116 553		10 034 168		27 555 695		
Kost per togvarmepost		6 058 276		3 344 723		2 119 669		

VEDLEGG 10 SVÆRT FORENKLET VURDERING AV FORSYNING TIL HENSETTINGSOMRÅDER

Strømforsyning til eksisterende og planlagte hensettingsområder er vurdert svært enkelt ved å telle opp antall forsyningsveger. Hensikten er å identifisere forsyningsveger som kan være høyt belastet og hensettingsområder som har få forsyningsveger.

Som underlag for Oslo-området 2030 er benyttet (se:

- Foreslåtte hensettingsområder i [20]
- Foreløpig informasjon fra pågående utredning av bansestrømforsyning for Oslo-området[30]



Figur 9 Underlag for vurderingene i Oslo-området 2030. Tykk strek er dobbeltspor og tynn strek er enkeltspor. «H» angir hensettingsområde.

[30] Mottatt av Energi 2018-10-25, utredningen ferdigstilles høsten 2018.

Frem til all infrastruktur (hensettingsanlegg, dobbeltspor og banestrømforsyning inklusive kontaktledning) er ferdig i 2030 kan det være mellomperioder hvor risikoen er høyere eller lavere.

Det er lagt til grunn forventet vinterbehov (maksimal kontinuerlig effekt på 150 kW per togsett med effektfaktor 0,8 og kontaktledningsspenning på hensettingsområdet på 15 kV) lagt til grunn for å finne belastning på kontaktledning

- Enfase: Elutforming C (BT-system) med system 20 med kontinuerlig strømføringsevne på 600 A
- Tofase: Elutforming F (AT-system) med system 20 med kontinuerlig strømføringsevne på 1438 A

Merk at det for er gode marginer i vurderingen. Den angitte maksimallasten vil kun kunne oppstå når det er kaldt, og da har kontaktledningsanlegget høyere strømføringsevne enn det som er lagt til grunn. Videre er det lagt til grunn enfase BT-system i vurderingen dersom det ikke er sikkert når eller om det vil etableres tofase AT-system. Motsatt vil strømbelastning fra togtrafikk som ikke er hensyntatt her øke belastningen. Tilsvarende vil flere hensettingsområder som benytter samme forsyningsveg ikke hensyntas i beregningen. Nærliggende områder er ikke sett i sammenheng, det må håndteres i utredning av banestrømforsyningen/kraftsystemplanlegging.

Følgende fargekoder er benyttet for kontaktledning dersom all strømmen går gjennom denne ene forsyningsvegen

- Grønn: under 85 % belastet
- Gul: mellom 85 og 100 % belastet
- Rød: over 100 % belastet

I kolonne «Mating1–5» er angitt de ulike forsyningsvegene med 1 for enkeltspor og 2 for dobbeltspor til hensettingsområdet med fargekoder:

- Grønn: Tilstrekkelig strømføringsevne i ett spor
- Gul: Behov for forsyning via to parallelle spor eller ett spor er høyt belastet
- Rød: Forsyningsvegen overbelastes.

Følgende forsyningsveger overbelastes

- 1BT fra Sarpsborg OMF til Ski via Østre linje
- 1BT fra Hokksund til Drammen
- 1BT fra Skoppum OMF til Drammen

I siste kolonne er det angitt hvor mange forsyningsveger som tåler forventet belastning med følgende fargekoder:

- Grønn: flere enn 2
- Gul: 2
- Rød: færre enn 2

Det er ingen hensettingsområder som har færre enn to forsyningsveger. Flere hensettingsområder har to.

Hensettingsområde	Antall togsett	Innstallert ytelse	Max effektbehov	Enfasestrøm	Tofasestrøm	Mating 1	Mating 2	Mating 3	Mating 4	Mating 5	Antall forsyningsveger
Planlagte	[stk]	[MW]	[MW]	[A]	[A]						
Lillehammer	16	72	2,4	200	100	1AT fra Jessnes omf	Fåberg OMF	1BT fra Fron OMF			3
Hamar	40	180	6	500	250	Jessnes OMF	2AT fra Eidsvoll KBH	1BT fra Fåberg OMF			3
Eidvoll	10	45	1,5	125	63	2BT fra Jessheim OMF	2AT fra Jessnes OMF	1BT fra Jessheim OMF			5
Dal	40	180	6	500	250	1BT fra Jessheim OMF	1BT fra Eidsvoll KBH				2
Lillestrøm	13	58,5	1,95	163	81	Lillestrøm OMF	3BT fra Jessheim OMF	1AT fra Kongsvinger OMF	2BT fra Oslo S	2BT fra Alnabru OMF	9
Kongsvinger	15	67,5	2,25	188	94	Kongsvinger OMF	1AT fra Lillestrøm OMF	1BT fra Sverige			3
Ski	58	261	8,7	725	363	2AT fra Oslo S KBH via Blixtunnel	2BT fra Holmlia OMF/Oslo S KBH	2BT/2AT fra Smørbekk OMF	1BT fra Sarpsborg OMF ØL		4
Mysen	23	103,5	3,45	288	144	1BT fra Ski KBH	1BT fra Sarpsborg OMF				2
Moss	11	49,5	1,65	138	69	2BT/2AT fra Smørbekk OMF	1BT/2AT fra Sarpsborg OMF				3-4
Fredrikstad	8	36	1,2	100	50	1BT/2AT fra Smørbekk OMF	1BT/2AT fra Sarpsborg OMF				2-4
Sarpsborg	25	112,5	3,75	313	156	Sarpsborg OMF	1BT/2AT fra Smørbekk OMF VL	1BT fra Ski KBH ØL	1BT fra Sverige		4-5
Halden	12	54	1,8	150	75	1BT+ML/2AT fra Sarpsborg OMF	1BT fra Sverige				3
Hønefoss	25	112,5	3,75	313	156	Hønefoss OMF	1BT/AT fra Lunner OMF/Gjøvik OMF/Oslo S KBH	1BT/AT fra Hokksund	1BT fra Nesbyen OMF	2AT fra Sandvika KBH	6
Asker	40	180	6	500	250	Asker OMF	2BT/AT fra Drammen KBH	2BT fra Oslo S KBH/Hønefos	2BT/2AT fra Oslo S KBH/Hønefoss OMF		5
Drammen	85	382,5	12,75	1063	531	(Drammen OMF)	1BT/1AT fra Hønefoss OMF	2AT fra Solum OMF	2BT/2AT fra Asker omf	1BT fra Skoppum OMF	2
Kongsberg	15	67,5	2,25	188	94	1BT/AT fra Nordagutu OMF	1BT/AT fra Hokksund				2
Tønsberg	30	135	4,5	375	188	1BT/2AT fra Solum OMF	1BT fra Skoppum OMF/2AT fra Drammen KBH				2
Skien	22	99	3,3	275	138	1BT/2AT fra Solum OMF	1BT fra Nordagutu OMF				2
Gjøvik	12	54	1,8	150	75	Gjøvik OMF	1BT/1AT fra Lunner OMF/Oslo KBH/Hønefoss OMF				2
Jaren	22	99	3,3	275	138	Lunner OMF	1BT/1AT fra Hønefoss OMF	1BT/2AT fra Gjøvik OMF	1BT/AT fra Oslo S KBH		3
Hakadal	16	72	2,4	200	100	1BT/AT fra Lunner OMF/Gjøvik OM	1BT/AT fra Oslo S KBH				2
Eksisterende			0	0	0						
Stavanger	8	32,02	1,2	100	50	Stavanger OMF	1AT Kjelland OMF				2
Orstad		19,26	0	0	0						
Kristiansand	3	11,7	0,45	38	19	(Krossen OMF)	1BT Leivoll OMF	1BT fra Nelaug OMF			3
Skien	11	43,98	1,65	138	69	1BT fra Nordagutu OMF	1BT fra Solum OMF				2
Drammen	14	52,175	2,1	175	88	1BT fra Skoppum OMF	1BT fra Hokksund	2BT fra Asker OMF			4
Halden	10	35,24	1,5	125	63	1BT+ML fra Sarpsborg OMF	1BT Sverige				2
Lillehammer	5	27,775	0,75	63	31	1BT fra Rudshøgda OMF	Fåberg OMF	1BT fra Fron OMF			3
Bergen	4	16,02	0,6	50	25	2BT fra Arna OMF	1BT fra Dale OMF				2-3
Egersund	3	10,2	0,45	38	19	1AT fra Kjelland OMF	1AT fra Stavanger omf	1BT fra Sira OMF			2-3
Eidsvoll	9	42,485	1,35	113	56	2BT fra Jessheim OMF	1BT fra Jessheim OMF	1BT fra Tangen OMF			4
Trondheim	2	10,32	0,3	25	13	Stavne OMF	1BT fra Lundamo OMF				2
Voss	3	13,5	0,45	38	19	1BT fra Dale OMF	1BT fra Mjølfjell OMF				2

VEDLEGG 11 VURDERINGSSKJEMA HØYSPENNINGSBARRIERER KJØRETØY

VURDERING AV HØYSPENNINGSBARRIERER FOR KJØRETØY <FYLL INN>

Veiledning: Fyll ut skjema ved å inspisere kjøretøyet. Forklaring til barrierene er gitt på neste side. Legg ved bilder. Beskriv i skjema hvorvidt kravene er oppfylt med mål. Oppsummer vurderingen i feltene under. Vurderingen skal godkjennes av driftsleder Bane NOR. Vurderingen av høyspenningsbarrierer for kjøretøy baseres på EH-012458-000 og arkiveres på samme dokumentnummer med bladnummer lik EVN siffer 6-8.

Fritekst vurdering (eks. antall relevante hendelser registrert i Synergi, usikkerhet ved vurderingen):

Konklusjon:

Kjøretøysikring/barrierer	**Tilfreds-stillende**	**Nesten tilfreds stillende**	**Utilstrekkelig**
Vurdering for kjøretøy (sett x)			

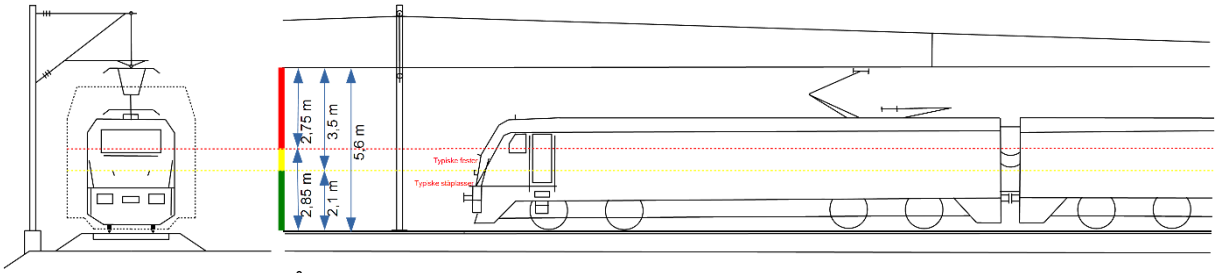
Minimum kontakttrådhøyde (m):

000					
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av

Kontaktledning **<FYLL INN>** **Vurdering av høyspenningsbarrierer** **Rapport/Protokoll**	Ant. sider **4**	Fritekst 1d	
		Fritekst 2d	
		Fritekst 3d	
	Produsent		
	Prod. dok. nr.		
	Erstatning for		
	Erstattet av		
BANE NOR	Dokument nr. **EH-012458-XXX**		Rev. **000**

Avstand: Det skal være vanskelig å komme innenfor den elektriske avstanden til spenningssatt del i kontaktledningsanlegget og på kjøretøyet selv. (tiltak 1.3.1)
1. Utførelse: Det skal være 3,5 m fra ståplass til spenningssatt del (til tross for at kjøretøyets utside ikke er publikumsområde)
2. Utførelse: Det skal være minimum 2,75 m «fotfeste» til spenningssatt del målt i rett linje og ved knekk mellom 1,65 og 0,85 m
3. Unntak: Tilgang til ståplasser eller fotfester nærmere enn 2,75 m (for eksempel kjøretøytak) skal hindres, se krav adgangshinder kjøretøy.

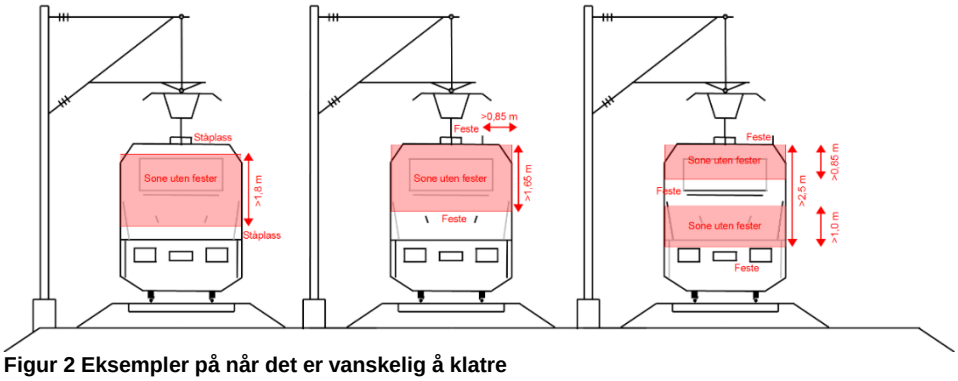
Figur 1 viser avstand fra normal kontaktrådhøyde til typisk ståplass og «fotfeste» på kjøretøy.



Figur 1 Typisk avstand fra ståplass og fester til spenningssatt del i kontaktledningsanlegget ved normal kontakttrådhøyde på 5,6 m. Typisk ståplass er bl.a. buffer, kobbel og førerdør. Typisk fotfeste er håndtak, lykter kabler etc.

Adgangshinder: Det skal være vanskelig (for allmennheten) å klatre til ståplass (inklusive kjøretøytak) og «fotfeste» som er nærmere spenningssatt del på kontaktledningsanlegg eller kjøretøyet selv enn 2,75 m. (tiltak 1.3.2)
1. Utførelse: Kjøretøyet skal ikke ha en sammenhengende rute av fester som holder menneskets vekt og er plassert slik at det ikke krever koordinert bevegelse av armer og bein eller spesiell styrke for å komme seg innenfor 0,25 m fra spenningssatt del
2. Utførelse: Håndtak, lykter, speil, kabler etc. bør utformes slik at de ikke kan fungere som «fester» for klatring, for eksempel ved skjult, innebygd eller skrå/hellende topp.
3. Vurdering: Det er vanskelig å klatre når det er hovedsakelig loddrett avstand mer enn
   - 1,8 m mellom to ståplasser uten mellomliggende elementer som åpenbart forenkler klatring («håndfester» og «fotfester»)
   - 1,65 m mellom «fotfeste» og ståplass (eks. kjøretøytak) med minimum 0,85 m inn til eventuelt «håndfeste» på ståplassen (slik at en kan svinge seg opp) eller andre forhold som vanskeliggjør «full sats»
   - 1,0 m mellom «fotfester» og mangler «håndfeste» mellom 1,65 og 2,5 m fra opprinnelig «fotfeste»
4. Vurdering: Det er totalvurderingen av klatringens vanskelighetsgrad som er viktig, og avstandene over bør tilpasses dersom de kombineres eller andre forhold spiller inn, både på kjøretøyet selv (rekkverk, helning, friksjon, kjøretøy som koples sammen etc.) eller umiddelbare omgivelser (plattform, kurve, rampe etc.).

Figur 2 viser eksempler på når det er vanskelig å klatre jf. vurderingskriteriene i underkrav 2.



Figur 2 Eksempler på når det er vanskelig å klatre

Advarselskilt: Adkomst til forhøyede ståplasser fra hvor det er mulig (inklusive vanskelig) å nå spenningssatt del i kontaktledningsanlegget eller på kjøretøyet selv skal merkes med advarselskilt. (tiltak 1.3.3, 1.3.4)
1. Utførelse: Advarselskilt skal utføres EN 50153
2. Utførelse: Advarselskilt skal også plasseres på steder der det er tvil om avsperringskravet er oppfylt.

Følgende avstander er lagt til grunn
- 1,80 m foreskreven gjerdehøyde (NEK 440)
- 1,65 m skulderhøyde (ISO 13857)
- 0,85 m armlengde (ISO 13857)
- 1,00 m benlengde (?)
- 2,50 m skulderhøyde og armlengde
- 0,25 m elektrisk klaring (EN 50122-1, rundet opp fra 0,23 m i EN 50124)
- 2,75 m minimum avstand mellom ståplass og spenningsatt del på adgangsbegrenset område (EN50122-1)
- 3,5 m minimum avstand mellom ståplass og spenningsatt del på publikumsområde (EN50122-1)

Ståplass: Ethvert punkt på en overflate hvor personer kan stå eller gå omkring uten særlig besvær (iht. EN 50122-1:2011)
«Fotfeste»: Element for en fot som åpenbart forenkler klatring og som holder en kroppsvekt på 75 kg.
«Håndfeste»: Element som åpenbart forenkler klatring ved å kunne gripes rundt og som holder en kroppsvekt på 75 kg

Vurdering av kjøretøysikring/barrierer	Tilfredsstillende	Nesten tilfredsstillende	Utilstrekkelig
Avstand	Ja	Ja	Utilstrekkelig
Adgangshinder	Ja, vanskelig	Ja, nesten vanskelig	Utilstrekkelig
Advarselskilt		Ja	Utilstrekkelig

Barriere	**Kjøretøyende**	**Dørparti (fører/passasjer)**	**Mellom sammenkoblede kjøretøy**	**Eventuelt annet sted**
Avstand				
>3,5 m fra ståplass til KL				
>2,75 m fra fotfeste til KL				
Adgangshinder				
>1,8 m mellom ståplasser uten mellomliggende elementer				
>1,65 m mellom fotfeste og ny ståplass og >0,85 m til håndtak innpå ståplass				
>1,0 m mellom fotfester og ikke håndtak mellom 1,65 og 2,5 m fra fotfeste				
Vurdering sammenhengende rute av fester – Vanskelig å klatre på?				
Advarselskilt				
Iht. EN 50153				

Bilder: