PRØVEKJØRING MED 32,5 TONN AKSELLAST

OFOTBANEN

Evalueringsrapport



00A		14.12.2020	Bjørn G. Larsen	Alf Helge Løhren	Tor G. Pedersen
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av

Ofotbanen
Narvik havn - Vassijaure
Prøvekjøring med 32,5 tonn aksellast
Evalueringsrapport

Ant. sider	Fritekst 1d	
73	Fritekst 2d	
	Fritekst 3d	
Produsent		
Prod. dok. nr.		
Erstatning for		
Erstattet av		

Prosjektnr.: 224688

Dokument nr. **IUP-00-A-07676**	Rev. **00A**
Dokument nr.	Rev.

BANE NOR

1 INNLEDNING 6

2 SAMMENDRAG 9

2.1 OVERBYGNING 9
2.2 UNDERBYGNING 10
2.3 SIGNAL OG TELE 11
2.4 STRØMFORSYNING 11

3 TRAFIKKSTYRING 12

3.1 SIKKERHET 12
3.2 SAMLET VURDERING OG ANBEFALING 12

4 PROSJEKTLEDELSE OG RAPPORTERING 14

4.1 PR1 – OPPFØLGINGSMØTER 14
4.1.1 Prosjektorganisering Bane NOR 14
4.1.2 Interne prosjektmøter Bane NOR 14
4.1.3 Møter i styringsgruppen: Trafikverket, LKAB og Bane NOR 14
4.2 PR2 – RAPPORTERING 14
4.2.1 Månedsrapporter Bane NOR 14
4.2.2 Månedsrapporter Trafikverket 15
4.2.3 Månedsrapporter LKAB 15
4.3 ØKONOMI 15
4.3.1 Budsjett 15
4.3.2 Finansiering 16

5 KONTROLLPLAN OVERBYGNING 17

5.1 OV1 – MÅLEPROGRAM SPORKREFTER 17
5.1.1 Observasjoner - Måleresultat 17
5.1.2 Konklusjoner 21
5.2 OV2 – UTBYGGING MÅLESTASJON HAUGFJELL 21
5.2.1 Observasjoner - Måleresultat 21
5.2.2 Konklusjoner 22
5.3 OV3 – INSPEKSJON AV KOMPONENTER I SPOR 22
5.3.1 Skinner 22
5.3.1.1 Observasjoner 22
5.3.1.2 Konklusjoner 24
5.3.2 Sviller 25
5.3.2.1 Observasjoner 25
5.3.2.2 Konklusjon 25
5.3.3 Befestigelse på sviller 26
5.3.3.1 Observasjoner 26
5.3.3.2 Konklusjoner 28
5.3.4 Isolerte skjøter 28
5.3.4.1 Observasjoner 28
5.3.4.2 Konklusjoner 28
5.4 OV4 - BESIKTIGELSE AV SPORVEKSLER 29
5.4.1 Observasjoner fra Spordrift 29
5.4.2 Konklusjoner fra Spordrift 29
5.4.3 Observasjoner fra Bane NOR 29
5.4.4 Konklusjoner fra Bane NOR 32
5.5 OV5 – KONTROLL AV SPORKVALITET 32
5.5.1 Observasjoner 32
5.5.2 Konklusjoner 35
5.6 OV6 - KONTROLL AV SPORUTVIDELSE PÅ BELASTET SPOR 35
5.6.1 Observasjoner 35
5.6.2 Konklusjoner 37
5.7 OV7 – SPORVANDRING HAUGFJELL 38
5.7.1 Observasjoner 38
5.7.2 Konklusjoner 39
5.8 OV8 – MÅLING SPORVEKSEL 2 NARVIK 39
5.8.1 Observasjoner - målinger 39

5.8.2 Konklusjoner ... 40
5.9 OV9 – VRIDNING AV SVILLER ... 41
5.9.1 Observasjoner ... 41
5.9.2 Konklusjoner ... 41
6 KONTROLLPROGRAM UNDERBYGNING ... 42
6.1 UB1 – FYLLINGER ... 42
6.1.1 Fyllinger og støttemurer - generelt ... 42
6.1.2 Observasjoner ... 42
6.1.3 Konklusjoner ... 43
6.2 UB2 – STEINMURER ... 43
6.2.1 Fyllinger og støttemurer - generelt ... 43
6.2.2 Observasjoner ... 43
6.2.3 Konklusjoner ... 44
6.3 UB3 – SØSTERBEKK BRU 1 OG 2 ... 44
6.3.1 Observasjoner ... 45
6.3.2 Konklusjoner ... 50
6.4 UB4 – STEINHVELVBRUER ... 51
6.4.1 Observasjoner ... 51
6.4.2 Konklusjoner ... 52
6.5 UB5 – KULVERTER ... 52
6.5.1 Observasjoner ... 52
6.5.2 Konklusjoner ... 54
6.6 UB6 – STIKKRENNER ... 54
6.6.1 Drenering og stikkrenner ... 54
6.6.1.1 Tilstand ... 54
6.6.1.2 Bæreevne ... 54
6.6.1.3 Kapasitet ... 54
6.6.1.4 Anbefalte tiltak ... 54
6.6.2 Observasjoner ... 55
6.6.3 Konklusjoner ... 55
6.7 UB7 – FYLLINGER OG MURER (STAGFORANKRING) ... 56
6.7.1 Observasjoner ... 56
6.7.2 Konklusjoner ... 56
6.8 UB8 – GRUNNFORHOLD VED GRUNSTAD BRU ... 57
6.8.1 Observasjoner ... 57
6.8.2 Konklusjoner ... 57
7 KONTROLLPROGRAM SIGNAL OG TELE ... 58
7.1 SI1 – ATC BREMSEPRØVE ... 58
7.1.1 Observasjoner ... 58
7.1.2 Konklusjoner ... 58
7.2 SI2 – SJEKK AV SPORFELT ... 58
7.2.1 Observasjoner ... 58
7.2.2 Konklusjoner ... 60
7.3 TE – INDUKSJON I LANGLINJEKABEL ... 60
7.3.1 Observasjoner ... 60
7.3.2 Konklusjoner ... 60
7.4 TE – GSM-R KOMMUNIKASJON I LANGE TUNNELER ... 61
7.4.1 Observasjoner ... 61
7.4.2 Konklusjoner ... 61
8 KONTROLLPROGRAM STRØMFORSYNING ... 62
8.1 INGEN TILTAK ... 62
8.1.1 Observasjoner ... 62
8.1.2 Konklusjoner ... 62
9 KONTROLLPROGRAM TRAFIKKSTYRING ... 63
9.1 FULLSKALA BREMSEPRØVE ... 63
10 SIKKERHETSSTYRING ... 64

10.1 RAMS 64
10.2 SHA 67

11 OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER 68

11.1 OVERBYGNING 68
11.2 UNDERBYGNING 69
11.3 SIGNAL OG TELE 70
11.4 STRØMFORSYNING 70
11.5 TRAFIKKSTYRING 70
11.6 SIKKERHET 70
11.7 SAMLET VURDERING OG ANBEFALING 71
11.7.1 Samlet vurdering 71
11.7.2 Anbefaling 71

12 REFERANSER 73

TABELLER

Tabell 3-A: Prosjektets budsjett 15
Tabell 4-A: Oversikt over sporkrefter og verdier som registreres i Haugfjell målestasjon. 21
Tabell 4-B: Eksempel på utskrift av Angle of Attack (AoA) 22
Tabell 4-C: Tiltaksbedømming av sporveksel 1 og 2 Straumsnes stasjon 29
Tabell 4-D: Oversikt aksler sporveksel 2 Narvik stasjon 40
Tabell 5-A: Sammenligning mellom toglaster og tøyning i armering. Testtog juni-september 2019 48
Tabell 5-B: Klassifisering av bruene mot målte nedbøyninger. 50
Tabell 6-A: Tunnel lengder Ofotbanen 61
Tabell 9-A: Identifiserte RAMS farer (utdrag fra Fareloggen) 65

FIGURER

Figur 1: Aksellastfordeling i tonn i hele testperioden 18
Figur 2: Prosentandel aksler i testtog av totalt antall lastede aksler fordelt på vertikallast 18
Figur 3: Gjennomsnitt aksellast 2018 – 2020 for lastede malmtog 19
Figur 4: Gjennomsnitt aksellast pr. mnd for årene 2018 – 2020 for lastede malmtog 19
Figur 5: Fordeling av de laterale sporkreftene mellom 30 tonns tog og 32,5 tonns tog over hele testperioden 20
Figur 6: Prosentandel aksler i testtog av totalt antall lastede aksler fordelt på lateralkraft 20
Figur 7: Oversiktsbilde fra Haugfjell målestasjon 21
Figur 8: Antall skinnebrudd 2018 - 2020 23
Figur 9: Skinnebrudd fordelt på skinnetype 23
Figur 10: Skinnebrudd i varmesone til en sveis og inne på skinne 24
Figur 11: Skinnesveis med brudd og sprekker 24
Figur 12: Nedtrykt underlagsplater i tresville 25
Figur 13: Skade på svilleanker 26
Figur 14: Skader på isolatorer 27
Figur 15: Skade på underlagsplate 27
Figur 16: Isolert skinneskjøt 28
Figur 17: Skader i sporveksel 2 på Bjørnfjell fra hjul med hulprofil 30
Figur 18: Skade på stokkskinne i sporveksel 2 Bjørnfjell 30
Figur 19: Skade på bevegelig skinnekryss 31
Figur 20: Oversikt over feilretting i sporveksler 31
Figur 21: Høydefeil 2015 - 2018 33
Figur 22: Sidefeil 2015 - 2018 33

Figur 23: Ujevnheter i overhøyden 2015 - 2018 33
Figur 24: Vindskjevhet 2 meter basis 2015 - 2018..... 33
Figur 25: Vindskjevhet 9 meter basis 2015 - 2018..... 33
Figur 26: Høydefeil 2019 - 2020 34
Figur 27: Sidefeil 2019 - 2020..... 34
Figur 28: Ujevnheter i overhøyden 2019 - 2020 34
Figur 29: Vindskjevhet 2 meter basis 2019 - 2020..... 34
Figur 30: Vindskjevhet 9 meter basis 2019 – 2020..... 34
Figur 31: Laser for måling av laterale bevegelser på belastet spor 35
Figur 32: Skinnebevegelse ved 32,5 tonn – lokomotiv og 6 første vogner 36
Figur 33: Skinnebevegelse ved 32,5 tonn – vogn 48-58..... 36
Figur 34: Skinnebevegelse for godstog – lokomotiv og de første vogner 37
Figur 35: Satsmåling med totalstasjon på støypesøyle. 38
Figur 36: Magnetbrakett med libelle plassert mellom markeringer på skinnens ytterside. 38
Figur 37: Målepunkt for sporvandringskontroll..... 38
Figur 38: Vridd sville 41
Figur 39: InSAR Satellitt overvåkning 42
Figur 40: InSAR Satellitt overvåkning 43
Figur 41: Bru 1 over Norddalen km 35,579. 44
Figur 42: Bru 2 over Norddalen km 35,989. Den østligste av de to bruene på Søsterbekk, sett mot Narvik. 45
Figur 43: Fullastet malmtog på vei mot Narvik over bru 1. 46
Figur 44: Fullastet malmtog på vei mot Narvik over bru 2. 46
Figur 45: Maksimalt utslag hver måned for hele prøveperioden, bru 1. 47
Figur 46: Maksimalt utslag hver måned for hele prøveperioden, bru 2. 47
Figur 47: Vibrasjonsmålinger for fullastet malmtog på vei mot Narvik. Bru 1. 49
Figur 48: Vibrasjonsmålinger for fullastet malmtog på vei mot Narvik. Bru 2. 49
Figur 49: 50
Figur 50: Scannet versjon av bru over Mølle elv. 51
Figur 51: Scanning ved Grunstadbrua 52
Figur 52: Måling av kulverten på Bjørnfjell..... 53
Figur 53: Kulverten i Solheimsfyllinga km 38,67033 med henvisning til punkt S10. 53
Figur 54: Montering av stagforankring på støttemur 1999-2000 56
Figur 55: Bilde fra kontrollmåling ved Grunstad bru..... 57
Figur 56: Antall feil i sporfelt Ofotbanen..... 59
Figur 57: Antall belegg registrert i HL jan 19 – okt 20..... 59
Figur 58: Antall feil i isolasjonsskøter Ofotbanen..... 60

1 INNLEDNING

Bakgrunn

Trafikverket (TRV) og LKAB har gjennomført prøvekjøring med 32,5 tonns aksellast på søndre omløp av Malmbanan (Gällivare-Luleå). På bakgrunn av prøvekjøringen ble det aksellasten oppgradert fra 30 til 31 tonn.

Fra LKAB sin side er det et ønske om å innføre 32,5 tonns aksellast permanent, også på nordre omløp mellom Kiruna og Narvik.

Ved oppstart av prosjektet ble det etablert en styringsgruppe der Bane NOR deltar sammen med TRV og LKAB.

Videre har Bane NOR etablert et prosjekt som har gjort de nødvendige utredninger for å vurdere om prøvekjøring på Ofotbanen i det hele tatt var aktuelt, samt å planlegge og gjennomføre nødvendige tiltak og følge opp med overvåkning og kontroller i prøveperioden.

TRV, LKAB og Bane NOR har i samarbeid gjennomført prøvekjøring med 32,5 tonns aksellast på Ofotbanen. Denne rapporten omfatter evaluering av prøvekjøringen.

Hensikt

Hensikten med prosjektet var å utrede muligheten for å gjennomføre prøvekjøring med 32,5 tonns aksellast på Ofotbanen, videre å gjennomføre eventuelle tiltak før prøvekjøring startet opp og følge opp med inspeksjoner og kontroller i prøveperioden. Prøvekjøringen er nå gjennomført og denne rapporten omfatter evaluering av prøvekjøringen.

Forutsetninger

Det ble tatt utgangspunkt i at prøvekjøringen skulle kunne gjennomføres uten omfattende tiltak til stor kostnad.

Aksellasten for lasta malmvogner ble satt til maks 32,5 tonn. Tillatt linjelast for lasta malmtog ble satt til 13 tonn. Malmtog i retur fra Narvik til Kiruna ble forutsatt å ikke kjøre med høyere aksellast enn før.

Det ble forutsatt at malmtog kjøres som før med to lok og 68 vogner. Lokene har samlet en vekt på 360 tonn og et lastet vognsettet vil med 32,5 tonns aksellast ha en maksimalvekt på 8840 tonn. Maks togvekt ble dermed 9200 tonn. Toglengden ble som før maks 750 m.

Hastighet på malmtog ble ikke endret, dvs tillatt hastighet er 50 km/t for lasta malmtog og 60 km/t for tomme malmtog.

Det ble ikke tatt høyde for at Fagerneslinja skal trafikkeres med tog med 32,5 tonns aksellast.

Det ble forutsatt at LKAB som transportør skulle dekke alle kostnader med tiltak som eventuelt måtte iverksettes som følge av økt aksellast. Videre ble det forutsatt at LKAB må dekke eventuelle økte vedlikeholdskostnader. Eventuelle økte vedlikeholdskostnader som følge av å ikke gjøre tiltak skal synliggjøres.

Prosjektet omfatter hele prosessen fra utredning til ferdig gjennomført prøvekjøring. Hele prosjektet inndeles i fem faser:

Fase 1: Utredningsfasen
Fase 2: Prosjekteringsfasen
Fase 3: Byggefasen
Fase 4: Prøvekjøringsfasen
Fase 5: Evalueringsfasen

Fase 1. Utredningsfasen

Det er utarbeidet en rapport for utredningsfasen, IUP-00A-18720 Rev. 01A [1]. Utredningsfasen gikk frem til hovedrapporten ble godkjent, rev. 00A datert 17.01.2017 [2]. Hovedrapporten ble senere oppdatert i rev. 01A, 08.06.2017 med hensyn på fyllinger, signal og overbygning.

Hovedrapporten er et sammendrag av delrapporter som er utarbeidet i forbindelse med prosjektet. Prøvekjøringen tenkes gjennomført med ett tog pr døgn i ett år. Bane NOR (Jernbaneverket før 1/1-2017) samarbeider med Trafikverket som har gjennomført tilsvarende utredning på Malmbanan for strekningen fra Kiruna til Riksgrensen.

Prosjektet kan sees i sammenheng med et tilsvarende prøveprosjekt som ble gjennomført på Malmbanan mellom Gällivare og Luleå. På denne strekningen ble det først foretatt prøvekjøring med ett tog pr døgn pågått i ett år (sept. 2015 - 2016) og det ble deretter besluttet å fortsette prøvekjøringen i ett år til med to tog pr døgn. På bakgrunn av denne prøvekjøringen ble det besluttet å oppgradere aksellasten på Malmbanan til 31,0 tonn.

På litt sikt har LKAB ambisjoner om at alle malmtog skal kunne trafikkere både søndre og nordre omløp med 32,5 tonns aksellast. Etter at prøvekjøringsfasen er gjennomført, vil Bane NOR gjøre en evaluering av prosjektet og ut fra de erfaringer som er høstet ta en beslutning på om permanent kjøring med 32,5 tonns aksellast på Ofotbanen kan tillates, og eventuelt under hvilke forutsetninger det kan gjøres.

Fase 2. Prosjekteringsfasen

I denne fasen ble det utarbeidet et kontrollprogram for prøvekjøringen [4]. Kontrollplan datert 17.01.2018 danner grunnlag for de kontroller som ble lagt til grunn for prøvekjøringen.

Fase 3. Byggefasen

I utgangspunktet var vurdert å ikke være behov for fysiske tiltak før prøvekjøringen skulle settes i gang. Det ble derfor ikke en egen byggefase. Etter at prøvekjøringen hadde startet opp med første tog 18.02.2019, ble det utført nye bremsetester [3]. Det ble også utarbeidet en beregning av bremselengder fra SNC Lavalin. På bakgrunn av disse opplysningene kom Bane NOR frem til følgende forslag til tiltak, sak 201720128-34:

Langsiktig:

- Flytte ut hovedsignal A og forsignal A på Straumsnes stasjon slik at minimumsavstander tilfredsstilles.
- Flytte ut hovedsignal B og forsignal B på Narvik stasjon slik at minimumsavstander tilfredsstilles. Det anbefales at endringen inkluderes i eksisterende prosjekt på Narvik stasjon, og gjennomføres som en del av dette i 2019.

Kortsiktig:

- Redusere hastighet på Narvik stasjon. Her anbefales det at det etableres en midlertidig saktekjøring slik at hastighet ved forsignal B er 50 km/t og ved hovedsignal B er 30 km/t. Den midlertidige saktekjøringen oppheves rett etter passering av hovedsignal B.

De kortsiktige tiltakene ble utført umiddelbart. De langsiktige tiltakene ble utført i forbindelse med totalbruddet i august 2019.

Fase 4. Prøvekjøringsfasen

Det er gjennomført prøvekjøring med 32,5 tonns aksellast for malmtogene på Ofotbanen. Prøvekjøringen var forutsatt gjennomført med ett tog pr døgn i ett år, til sammen 365 tog. Prøvekjøringen startet 18.02.2019, men testperioden ble forlenget til 12.12.2020 ettersom LKAB ikke hadde kapasitet til å kjøre ett tog pr døgn. I oktober 2020 var antallet oppfylt. Alle presentasjoner i denne rapporten bygges på resultater fra februar 2019 til 31.10.2020.

Fase 5. Evalueringsfasen

Evalueringsfasen startet 01.11.2020 etter at målet om 365 godkjente prøvetog var nådd.

I denne fasen skal man evaluere hvilke tiltak som må gjennomføres med tanke på en slik permanent kjøring med 32,5 tonns aksellast med alle tog.

2 SAMMENDRAG

2.1 Overbygning

Det er vanskelig å finne de direkte effektene på overbygningen fra testtogene med tillatt aksellast på 32,5 tonn, da det over en periode fra februar 2019 til oktober 2020 bare ble godkjent 365 tog, en relativt liten ekstra trafikkbelastning. Om vi ser på perioden fra 2018 til 2020 viser de gjennomsnittlige aksellastene 28,33 tonn for 2018, 28,10 tonn for 2019 og 28,32 tonn for 2020.

Haugfjell målestasjon er nå ferdig utbygd. Sporkraftmålingene på Haugfjell målestasjon viser at en økning i aksellasten fra 30 til 32,5 tonn vil gi en forventet økning av vertikalkreftene i sporet, men at det er tilnærmet ingen økning i de laterale sporkreftene. Målingene tyder på at det er hjul og boggienes tilstand som vil være den faktoren som har størst innvirkning på de laterale kreftene og kan øke dem betydelig. Det bør derfor installeres et overvåkingssystem (hjulprofilmåler) for å avdekke forholdet mellom de laterale sporkreftene og hjulprofilene, spesielt med tanke på hjul med hulprofiler.

Resultater fra skinneprofilmålingene vil foreligge høsten 2022. De observasjonene/målingene som er gjort hittil, tyder imidlertid på en liten økning i skinneslitasje i kurver med radius under 450 m, men ingen økning i skinneskader.

For skinnebrudd er det ingen brudd i skinneprofil 60E1/60E2. Alle skinnebruddene har oppstått på skinneprofil 54E4, og 10 av 12 brudd er i varmesonene til skinnesveisene. Det bør vurderes å øke lengden på nye skinner for å redusere antall sveis ved skinnebytte. Nye sveisemetoder bør også vurderes.

Skadebildet som er observert på svillene i periodene før og under testkjøringen, knytter seg primært til nedtrykte underlagsplater i tresvillene. Disse skadene ble først påvist ved innføring av 30 tonn aksellast og kan ikke tilskrives direkte til testtogene med 32,5 tonn aksellast. Det er i testperioden ikke oppdaget skader på selve betongsvillene.

Når det gjelder skinnebefestigelsene på Ofotbanen, kan det tyde på at de blir utsatt for en større belastning, enn de er dimensjonerte for. Befestigelsen på betongsvillene har en økning i skadene, spesielt på svilleanker og isolatorer, mens befestigelsen på tresviller får nedtrykte og knekte underlagsplater.

Der det er benyttet gummimellomlegg på betongsviller skal det byttes til ny type polyuretan mellomlegg.

Det kan ikke sies med sikkerhet om det er et resultat fra testperioden med 32,5 tonns aksellast som har medført økt skadeomfang på befestigelsene, eller om det er komponentenes levealder som er oppnådd. For svilleankrene på betongsvillene kan det imidlertid ikke være levetid. Det bør derfor gjennomføres målinger og tester for å avdekke rotårsaken til de ødelagte svilleankrene.

Det er sporvekslene som krever det største vedlikeholdet og som også har de største skadene på Ofotbanen. Det kan i dette prosjektet ikke dokumenteres om skadene kommer fra testtogene. Tilsvarende skader er påvist på sporvekslene før oppstart av prosjektet.

Hjul med hulprofiler og som har en falsk flens på hjulets ytterkant påfører sporvekslene store skader, f.eks. i sporvekslene 1 og 2 på Straumsnes. Skadene er størst på sporveksler med faste mangankryss, men finnes også på de nye sporvekslene med bevegelige kryssparti fra år 2014.

Om dagens forskrift i teknisk regelverk Rolling Stock pkt. 3.3.3.1 som setter en grenseverdi på hulprofilet til 2 millimeter, er riktig for aksellaster over 22,5 tonn, bør vurderes nærmere sammen med Trafikverket. Det må tilstrebes å få et likelydende regelverk i Bane NOR og Trafikverket for hjulprofiler og tillatte grenseverdier på hulprofiler, så skadene på spor og i sporvekslene kan reduseres.

Det kan ikke konstateres at økt aksellast til 32,5 tonn har ført til flere skader eller brudd i isolerte skjøter.

Det er valgt ut 2 perioder for kontroll av sporkvaliteten, årene 2015 til 2018 og 2019 til 2020. Perioden 2015 til 2018 er før testtogene startet opp. Første testtog gikk i februar 2019 så derfor er perioden 2019 til 2020 valgt ut som egen periode. Ut fra målingene er det ingen indikasjoner på at testtogene har påvirket sporkvaliteten i testperioden.

Måling av lateral skinnebevegelse ved togpasseringer viser liten eller ingen forskjell på om toget har aksellast på 30 eller 32,5 tonn. Variasjonene mellom vilkårlige lastede malmtog er større enn variasjonene mellom 32,5 tonn og 30 tonn aksellast. Det kan derfor se ut som om forhold som har med tilstand på boggi og hjul, har vesentlig større betydning for sporutvidelse, enn 2,5 tonn økt aksellast.

Det er etablert et måleprogram for skinnevandring på Haugfjell målestasjon. Innmålinger er utført ved to anledninger. Men det har oppstått en feil ved målingene, så for å kunne konkludere med en eventuell skinnevandring, må det gjøres ytterligere målinger.

Det er utført målinger av tøyninger på ledeskinnebrakettene på sporveksel 2 Narvik stasjon. Kreftene fra togene på ledeskinnebrakettene varierer litt, antakelig med værforholdene. Det er ikke funnet at togene med 32,5 tonn aksellast påvirker brakettene mer enn togene med 30 tonn aksellast. Endelig sluttrapport vil foreligge i desember 2020.

Det anbefales at det fortsettes med et overvåkingsprogram og nye forskningsprosjekter for Overbygning da det er flere komponenter som viser svakhetspunkter allerede ved 30 tonn aksellast. Svakhetene fører til redusert forventet livslengde og økt nedbrytning som vil føre til økte vedlikeholdskostnader for disse komponentene.

2.2 Underbygning

Bruer: Ved de største betongbruene, Søsterbekkbruene, har det blitt gjennomført målinger av tøyning, vibrasjon og nedbøyning. Ved de øvrige bruene har det blitt utført geometriske kontroller med målepunkter og laserskyer.

Det er ikke funnet tegn til at bruene har hatt en negativ utvikling som følge av testtogene. I følge målingene gjennomført av Rambøll er det ikke tegn til unormale bevegelser eller vibrasjoner i bruene som følge av testtogene som har passert. Vedrørende tøyning og nedbøyning har bruene oppført seg som forventet. Ved gjennomgang av 3D-scanningen av de resterende konstruksjonene har det ikke blitt oppdaget noe tegn til deformasjon, med unntak av et punkt (S10) på undergang Solheim. Henviser til Rambølls sluttrapport for mer informasjon om de enkelte målingene [6].

Ved gjennomgang av totallast og aksellast for testtogene er det et fåtall aksler som ligger opp mot 32,5 tonn. De fleste er mellom 30 og 31 tonn. Det er derfor ikke nok grunnlag til å uproblematisk kunne godkjenne kjøring av aksellaster på inntil 32,5 tonn på bruene.

Fyllinger: Basert på geoteknisk modellering av økt aksellast forventes ingen setninger i fyllinger. Målinger utført viser ingen endringer som kan forklares av prøvekjøringen.

Det anbefales at samtlige stag satt i fyllinger kontrolleres og strammes opp til prosjektert spennkraft på 60 kN. Hvilke stag som etterstrammes eller kontrolleres registreres sammen med beskrivelse av metode for oppstramming/kontroll.

Setningsmåling basert på Insar satellittmålinger brukes i 32,5 tonn prosjektet for overvåkning av setninger for hele Ofotbanen. Det anbefales å ta Insar i bruk på permanent basis for setningsovervåkning og bruke dette til å følge utvikling der stag er montert. Det anbefales også at stag kontrolleres/oppspennes hvert 3. år eller hvis Insar-målinger indikerer utvikling. Stag bør registreres i banedata med 3-årlige repeterende arbeidsordre for kontroll/oppspenning

samt for registrering av historikk. Det er vesentlig å kjenne til historikk for stag som trenger hyppige korreksjoner.

Stag i støttemurer vil naturlig kontrolleres sammen med generisk kontroll støttemurer. Sammen med Insar ansees dette tilstrekkelig for kontroll av stabilitet for støttemurer.

Stikkrenner: For banens stabilitet er det meget viktig at dreneringssystem og stikkrenner vedlikeholdes. Mangler og avvik i dreneringens og stikkrenners tilstand er ikke vurdert i dette prosjekt da det er en oppgave som inngår i Ofotbanen sin plan for generisk vedlikehold.

Flere av de 120 år gamle stein-kistene begynner å nå sin maksimale levealder. Dette gir seg utslag i topp-heller som knekker og vegger som trykkes inn, samt forskyvninger av heller/blokker med enkelte lekkasjepunkt. Ut fra en samlet vurdering bør det settes inn tiltak for å motvirke kollaps av stikkrenner, for eksempel ved bruk av lining.

2.3 Signal og Tele

For signalsystemene har det i prøveperioden vært behov for å justere lengden på sikkerhetssonen ved 2 stasjoner, som følge av ATC frislipphastighet. Øvrige signalavstander er vurdert tilstrekkelige, men generelt korte. Dette har sammenheng med lang responstid i bremsesystem for svært lange togsett sammen med forsignalavstander basert på kortere tog med færre vogner. Kort strekning fra forsignal til målpunktet fører til nesten umiddelbar driftsbrems ved signal stopp i tilhørende hovedsignal.

For sporfeltene kan det ikke påvises særskilte utfordringer som følge av prøvekjøringen. Banens oppetid søkes stadig bedret og pågående forbedringsaktiviteter demper forsinkelsesbidrag for sporfelter. Pågående forbedringsprosesser og naturlige variasjoner påvirker resultatene som viser en bedring over de senere år. Med den beskjedne vektøkningen i selve prøvekjøringen er det lite tegn til konkrete utfordringer knyttet til sporfelter.

Telekommunikasjon inngikk ikke i måleprogrammet for prøvekjøringen. To forhold har vært fulgt opp uten spesifikke målinger.

GSM-R dekningsgrad inne i tunnel når fullastet malmtog passerer GSM-R antenne og togsettet fyller nesten hele tunnelprofilet, var et spørsmål. Vil vi da med 68 vogner og 2,5 tonn mer malm per aksling likevel få frem GSM-R signalering til et sikkerhetskritisk system fremme i lokomotivet? Forholdet var å anse som utfordrende, men er nå utbedret ved at alle de lengste tunnelene er utstyrt med enten strålekabel i hele eller deler av tunnel, eller bruk av innstråling fra begge ender.

Langlinje kablene har enda trafikk, og her har det ikke vært påvist forstyrrelser for blokk-indikering, som er eneste gjenværende tjeneste i denne kabeltypen.

2.4 Strømforsyning

I utredningsfasen ble det utført en enkel simulering basert på ruteplan og infrastruktur som beskrevet i dokument EB.100991-000 «Simuleringsrapport – Banestrømforsyningen på Ofotbanen i forbindelse med fornyelse av fjernledningen».

Simuleringen ble gjort for å finne relativ forskjell mellom høyeste belastning av omformere og kontaktledning med og uten økning av aksellast. Konklusjonen ble at selv om alle malmtog tillates større aksellast vil banestrømforsyning og andre anlegg påvirkes minimalt.

På bakgrunn av konklusjonen fra utredningsfasen ble det ikke foretatt kontrollaktiviteter for fagområdet strømforsyning under prøvekjøringen.

Konklusjonen fra utredningsfasen opprettholdes: «Selv om alle malmtog tillates større aksellast vil banestrømforsyning og andre anlegg påvirkes minimalt.»

3 TRAFIKKSTYRING

Etter gjennomgang av ATC bremseprøver og korrigering av svake punkt har Ofotbanen mulighet til å fremføre tog med de forsignaleringer som foreligger. Det må presiseres at korte avstander er utfordrende for fører da ATC vil automatisk hoppe over de forberedende varslingssteg og gå tilnærmet rett i driftsbrems. Avstandene er for korte for å gi systemet mulighet til å agere som designet for lokfører, men toget vil rekke å stanse foran målpunktet. De ulemper som dette medfører kan sees i sammenheng med utrulling av ERTMS på strekningen som vil ivareta tilstrekkelig varselavstand utenom dagens forvarslingspunkt.

3.1 Sikkerhet

Sikkerheten har vært godt ivaretatt under prøvekjøringsperioden med 32,5 tonns aksellast. Dette er oppnådd gjennom en grundig fareidentifisering tidlig i prosjektet og gjennom kontinuerlig overvåkning av infrastrukturen ved oppfølging av kontrollprogrammet gjennom hele prøvekjøringsperioden. Generelt har det vært avgjørende for sikkerheten at kontrollprogrammet ble fulgt og at resultat fra kontrollene fortløpende ble vurdert opp mot påvirkning på sikkerheten. Godt samarbeid med LKAB og Trafikverket, har gitt en god grensesnitthåndtering mellom infrastruktur på norsk/svensk side og det rullende materiellet.

For resultat av kontrollprogram og påvirkning på infrastrukturens RAMS egenskaper ved økt aksellast, vises det til hvert enkelt fagkapittel i denne rapporten.

3.2 Samlet vurdering og anbefaling

3.2.1 Samlet vurdering

Det er vanskelig å finne de direkte effektene på banestrekningen fra testtogene med tillatt aksellast på 32,5 tonn, da det over en periode fra februar 2019 til oktober 2020 bare ble kjørt 356 godkjente testtog. I perioden fra 2018 til 2020 viser de gjennomsnittlige aksellastene 28,33 tonn for 2018, 28,10 tonn for 2019 og 28,32 tonn for 2020.

Erfaringsgrunnlaget fra prøvekjøringen er for tynt til å kunne anbefale en økning til 32,5 tonns aksellast på Ofotbanen. Det vil imidlertid være interessant å øke aksellasten permanent fra 30 til 31 tonn, slik det er gjort på svensk side på søndre omløp Gjällivare-Luleå, men uten å tillate overlast utover 31 tonn. På den måten kan man høste mer erfaringer med tyngre aksellast uten å gå på akkord med sikkerheten. En eventuell økning til 31 tonns aksellast bør følges opp med et måleprogram, kombinert med enkelte nye generiske kontrollrutiner.

Erfaringer fra prøvekjøring med 32,5 tonn viser at overbygningen får stor slitasje av de tunge togene, og at dette ikke nødvendigvis er relatert til om aksellasten er 30 eller 32,5 tonn, men at dagens overbygning rett og slett er noe svak i forhold til den tunge aksellasten. Ettersom overbygningen ser ut til å være det svakeste punktet, bør dette følges nærmere opp i forhold til en eventuell økning til 31 tonns aksellast.

Videre ser det ut til at underbygningen synes å være sterk nok for både 30 tonn og 32,5 tonn, men at det er for tynt erfaringsgrunnlag til å konkludere, spesielt i forhold til bruer. Bruer og støttemurer følges opp i eksisterende generisk vedlikehold, men fyllingene som er sikret med forankringsstag må også tas inn i generisk vedlikehold. Videre bør alle fyllinger og murer overvåkes med satellittovervåkningsprogrammet INSAR, slik at det er mulig å få et forvarsel om eventuelle endringer i terrenget på og ved sporet.

De årlige kostnadene i tilknytning til måleprogrammet og de nye generiske rutinene vurderes å bli ca. 2,5 MNOK.

På lengre sikt bør overbygningen på Ofotbanen gradvis skiftes ut til overbygningsklasse 35 tonn. Utskiftning av overbygningen på fri linje anslås å koste ca. 12.000 kr/m. For den 42 km lange Ofotbanen anslås dette å ville utgjøre en samlet kostnad på ca. 500 MNOK.

3.2.2 Anbefaling

På bakgrunn av en samlet vurdering fra prøvekjøring med aksellast 32,5 tonn for ett tog pr. dag i ett år anbefales følgende:

- **Aksellast:** Maks tillatt aksellast økes fra 30 tonn til 31 tonn. Det tillates ikke overlast.
- **Kontrollprogram:**
    - Eksisterende kontrollprogram for overbygning foreslås videreført
    - INSAR satellittovervåkning av fyllinger og murer foreslås videreført
- **Nye generiske rutiner for stagforankring:**

Eksisterende stagforankring av fyllinger tas inn i generiske rutiner. Stag kontrolleres/oppspennes hvert 3. år eller hvis Insar-målinger indikerer utvikling.

- **Kostnader:**

På bakgrunn av erfaringene fra prøvekjøringen anslås de årlige kostnadene til ca. 2,5 MNOK.

- **Annet:**
    - Hulprofil på vognhjul: Om dagens forskrift i teknisk regelverk Rolling Stock pkt. 3.3.3.1 som setter en grenseverdi på hulprofilet på 2 millimeter, er riktig for aksellaster over 22,5 tonn, bør vurderes nærmere sammen med Trafikverket. Det må tilstrebes å få et likelydende regelverk for hjulprofiler og tillatt grenseverdier på hulprofiler i Bane NOR og Trafikverket, for å redusere skadene på spor og sporveksler.
    - Hjulprofilmåler: Det bør installeres en hjulprofilmåler mellom Kiruna og Narvik for å kunne ta ut vogner med feil hjulprofil.
    - Skinnelengder: Bane NOR bør vurdere å øke skinnelengden for å redusere antall sveiser på nye skinner ved skinnebytte.
    - Sveisemetoder: Bane NOR bør vurdere alternative sveisemetoder for å unngå skinnebrudd i varmesoner til sveiser.

- **Løsning på lengre sikt**

På lengre sikt bør overbygningen på Ofotbanen gradvis skiftes ut til overbygningsklasse 35 tonn. Utskiftning av overbygningen på fri linje anslås å koste ca. 12.000 kr/m. For den 42 km lange Ofotbanen anslås dette å ville utgjøre en samlet kostnad på ca. 500 MNOK.

4 PROSJEKTLEDELSE OG RAPPORTERING

4.1 PR1 – Oppfølgingsmøter

4.1.1 Prosjektorganisering Bane NOR

Bane NOR har organisert prosjektet med Vibeke Aarnes som prosjekteier, Thor Brækkan prosjektansvarlig og Stein-Hugo Steffensen utførende prosjektansvarlig.

- Prosjektleder: I fase 1, utredningsfasen 2015-2016, var Helge Voldsund prosjektleder. Tor Gunnar Pedersen har vært prosjektleder for fase 2-5 prosjektering, bygging, prøvekjøring og FoU-aktiviteter 2017-2020.
- Administrativ støtte: Kristel Martinsen (Sikkerhet), Stig Arne Larssen (SHA), Astrid Andersen/Christine Føre/Oddgeir Berntsen (økonomi), Tina Denstad (dokumentkontroll).
- Overbygning: Celine Chapelier, Hallstein Gåsemyr, Alf Helge Løhren, Bjørn Gunnar Larsen, Johan Svanberg, Jens Harry Hoff.
- Eivind Hegbom og Margareta Viklund (geo), Arne Vik og Elin Opøien (bru), Trine Bye Sagen (tunnel).
- Jon Helge Einås (Signal).

4.1.2 Interne prosjektmøter Bane NOR

Bane NOR har hatt månedlige prosjektmøter, 26 prosjektmøter i tiden 10.05.2017 - 22.10.2020. Medlemmene i prosjektgruppa til Bane NOR har vært innkalt til møtene og det har vært god oppslutning om møtene. Møtereferatene har vært sendt ut til møtedeltakerne med kopi til fraværende medlemmer, samt til områdedirektøren, banesjefen og prosjektsjefen. Møtereferatene er arkivert i saksrom under sak 201720128.

4.1.3 Møter i styringsgruppen: Trafikverket, LKAB og Bane NOR

Bane NOR har deltatt i en styringsgruppe sammen med Trafikverket og LKAB. Områdedirektøren har representert Bane NOR i styringsgruppen. Trafikverket har vært representert med ledere fra drift og forvaltning på svensk side. LKAB har vært representert med logistikksjefen. Videre så har prosjektlederne fra Trafikverket, LKAB og Bane NOR deltatt på møtene for å presentere sine rapporter med erfaringer fra prøvekjøringen. Møtene i styringsgruppen startet helt i begynnelsen av prosjektet og frem til nå har det vært avholdt 29 møter. Prosjektet planlegges avsluttet med møte nr. 30 16.12.2020. Møtereferatene er arkivert i saksrom under sak 201720128.

4.2 PR2 – Rapportering

4.2.1 Månedsrapporter Bane NOR

Bane NOR har levert månedsrapporter for prøvekjøringen fra februar 2019 og fram til og med november 2020. Det er levert 7 rapporter i 2019 og 9 i 2020, til sammen 16 månedsrapporter. I tillegg har SINTEF levert 11 månedsrapporter for måling av krefter i sporveksel 2 og 6 på Narvik stasjon. Alle månedsrapportene er sendt ut til Bane NOR, Trafikverket og LKAB i henhold til en felles distribusjonsliste. Månedsrapportene er arkivert i saksrom under sak 201720128.

Bane NOR har i tillegg utarbeidet følgende fagrapporter:

- Statiske analyser sporveksel 2 Narvik stasjon pr. august 2019 [7]
- Notat vedrørende stagforankring 05.05.2020 [8]

- Oversikt skinnebrudd 2014-2020 [9]
- Befaringsrapport sporveksel 2 – Straumsnes stasjon [10]
- Hovedinspeksjon bruer uke 25 2017 [11]
- Instrumentering av bruer, månedsrapport mai 2018 [12]
- Instrumentering av bruer, månedsrapport november 2018 [13]
- Delrapport bruer tom februar 2020 [14]
- Sluttrapport instrumentering av bruer, desember 2020
- Sluttrapport krefter i spor, desember 2020
- Befaringsrapport Bjørnfjell – Km 41 [15]
- Befaringsrapport Bjørnfjell og Rombak stasjon [16]
- Befaringsrapport Km 5,5 [17]

4.2.2 Månedsrapporter Trafikverket

Trafikverket har levert 10 rapporter i 2019 og 10 i 2020, til sammen 20 månedsrapporter. Alle månedsrapportene er distribuert i henhold til en felles liste. Månedsrapportene er arkivert i saksrom under sak 201720128.

Trafikverket har også utarbeidet en sluttrapport for hele prøvekjøringsperioden, datert 30.11.2020.

4.2.3 Månedsrapporter LKAB

LKAB har levert 10 månedsrapporter i 2019 og 8 i 2020, til sammen 18 månedsrapporter. Alle månedsrapportene er distribuert i henhold til felles distribusjonsliste. Månedsrapportene er arkivert i saksrom under sak 201720128.

4.3 Økonomi

4.3.1 Budsjett

Tabell 3-A: Prosjektets budsjett

BUDSJETT prosjekt nr. 224688 - Prøvekjøring 32,5 tonn på Ofotbanen	2018 Etablering	2018 Drift	2019 Drift	2020 Drift	2021 Etterarbeid	SUM TOTALT
Ferdigstillelse av hovedrapporten (påløpte kostnader overført fra 2017)	400 000					400 000
Overbygning						4 100 000
Haugfjell målestasjon (oppkobling, instrumentering, programvareoppdat	2 000 000					
Haugfjell målestasjon (årlig drift)		100 000	200 000	200 000		
Sporveksel på Narvik stasjon (datautstyr, instrumentering, prog.v.oppdat	250 000			350 000		
Inspeksjon av: Komponenter i spor, sporveksler, sporutvidelse				250 000		
Avlesing av måleresultater, analysearbeid, månedlig rapportering		250 000	250 000	250 000		
Underbygning						1 820 000
Insar sattelittmåling, historiske data 2015-2017	200 000					
Insar sattelittmåling, månedlig rapport		60 000	360 000	200 000		
Inspeksjon av stikkrenner				50 000		
Driftskostnader		250 000				
Avlesing av måleresultater, analysearbeid, månedlig rapportering		150 000	300 000	300 000		
Bruer						4 600 000
Resterende arbeid med etablering av måleutstyr og kartlegging	1 100 000					
Avlesing av måleresultater, analysearbeid, månedlig rapportering		1 100 000	1 100 000	1 300 000		
Etterarbeid						600 000
Evaluering, sluttrapport, søknad, prosjektreserve m.m		100 000	100 000	100 000	300 000	
SUM	3 950 000	2 010 000	2 310 000	3 000 000	300 000	11 520 000

Tabellen over viser prosjektets budsjett. Prosjektet styrer mot en avslutning i desember 2020 slik at det ikke påløper kostnader i 2021.

4.3.2 Finansiering

Prosjektet er en samfinansiering mellom Bane NOR, LKAB og Trafikverket. Bane NOR har dekt interne kostnader, LKAB har betalt et anleggsbidrag til Bane NOR på 5,5 MNOK for dekning av eksterne utgifter. Videre så har Trafikverket og LKAB dekt kostnadene med INSAR satellittovervåkning.

5 KONTROLLPLAN OVERBYGNING

Generelt

For å kunne konkludere alle overbygningskomponenter, er det vanskelig å trekke en effekt av testtogene med tillatt aksellast på 32,5 tonn, da det over en periode fra februar 2019 til oktober 2020 bare ble godkjent 356 tog. Forlengelsen av testperioden skylles at LKAB hadde problemer med lastesystemet sitt for opplasting av testtogene. Det ble derfor i en lengre periode kjørt testtog med aksellaster mindre enn 30 tonn, og som derfor ikke er meldt inn som testtog.

Ut fra de konklusjonene som framkommer på «Overbygning» er det derfor vanskelig å kunne evaluere effekten av tog med tillatt aksellast på 32,5 tonn i henhold til ordinære malmtog med tillatt aksellast på 30 tonn.

Det bør også nevnes at for tillatte tog med 30 tonn aksellast godkjenner vårt regelverk 530.4.2 tabell 1 følgende merknad:

- *Merknad 3 «den maksimale aksellasten for enkeltaksler skal ikke overstige nominell aksellast x 1,04»*
- *Merknad 5 «den totale massen av toget skal ikke overstige maks. nominell aksellast x antall aksler x 1,02 (lokomotiv i persontog holdes utenfor i denne beregning.)»*

Merknad 3 innebærer at ordinære malmtog kan enkelte aksler på 31,2 tonn.

Merknad 5 innebærer at ordinære malmtog kan veie 8323 tonn som er 163 tonn 272 aksel med 30 tonn aksellast

5.1 OV1 – Måleprogram sporkrefter

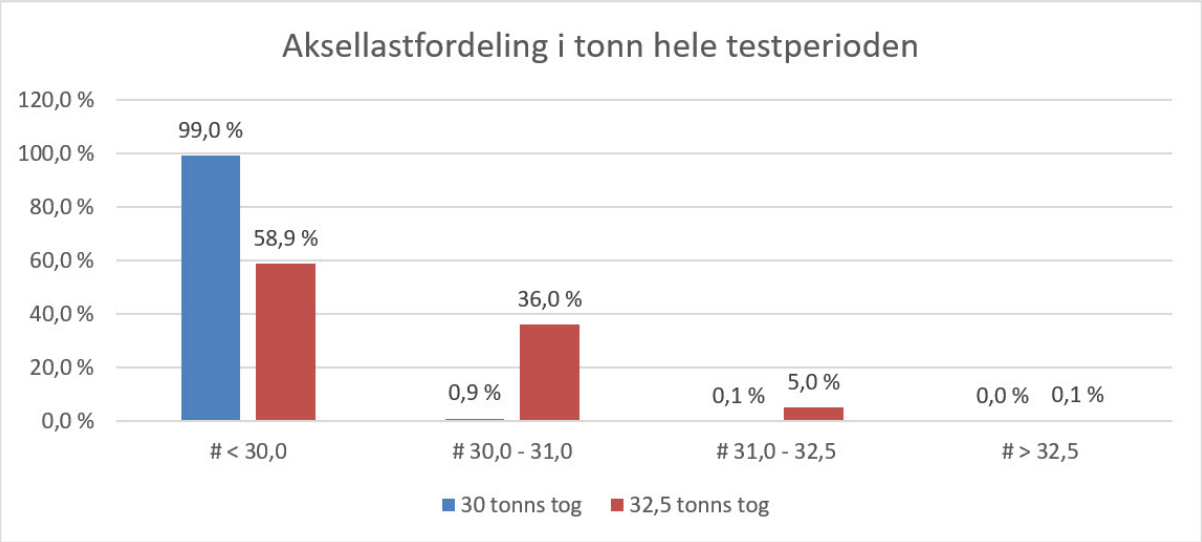
5.1.1 Observasjoner - Måleresultat

Det er i perioden februar 2019 til oktober 2020 gjennomført måling av vertikale og laterale sporkrefter ved målestasjonen på Haugfjell, km. 37 på Ofotbanen. I tillegg er det gjort observasjoner på de longitudinelle sporkreftene som ikke viser noen økning mellom ordinære tog og testtogene

Planen var å kjøres ett testtog hvert døgn med maksimal aksellast 32,5 tonn i ett år for å se eventuelle effekter på bl.a. overbygningskonstruksjonen.

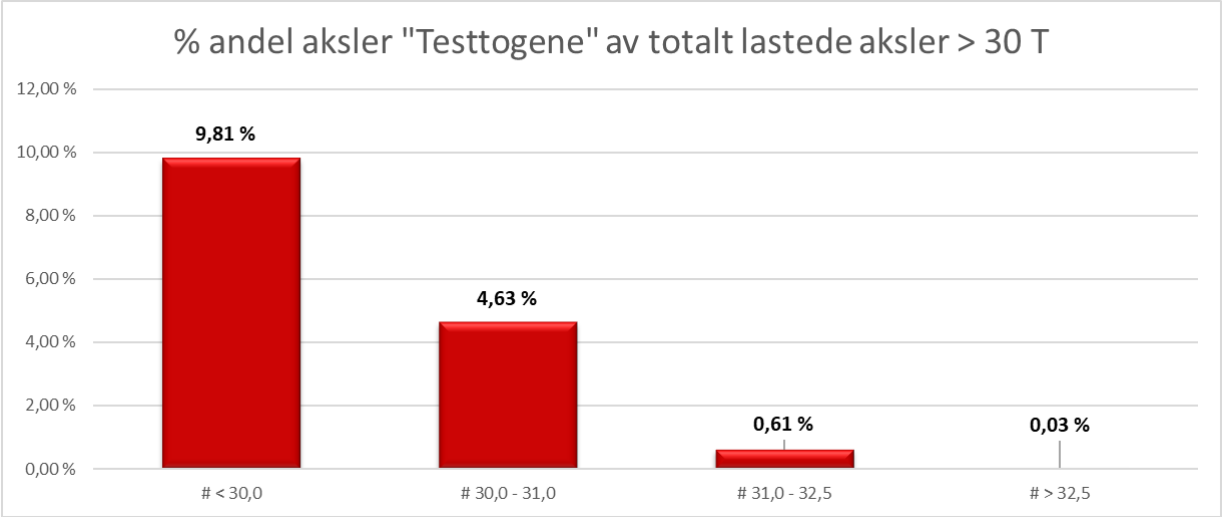
For å kunne godkjenne et testtog måtte mer enn 10 aksler ha en aksellast større enn 31 tonn. Det medførte at enkelte av LKAB's testtog ble underkjente i testperioden. I testperioden ble mindre enn 1% av togene underkjente. I godkjenningsprosessen av testtog er det lagt til grunn lastelister fra LKAB og registrerte aksellaster ved Haugfjell målestasjon.

Målinger av de vertikale sporkreftene viser at antall aksler med aksellast 30 – 31 tonn har økt med 36 % og antall aksler i gruppen 31 – 32,5 tonn økte med 5 %, noe som tilsvarer ca. 5000 aksler. Grafen under viser prosentandel av aksellastfordelingen for alle de ordinære lastede malmtog og for alle testtogene med tillatt aksellaster 32,5 tonn. Da andelen med aksellast mellom 31 til 32,5 tonn er svært lav, vil det være vanskelig å kunne evaluere effekten av sporkreftene på testtogenes aksellast mot akslingene med 30,0 tonn.



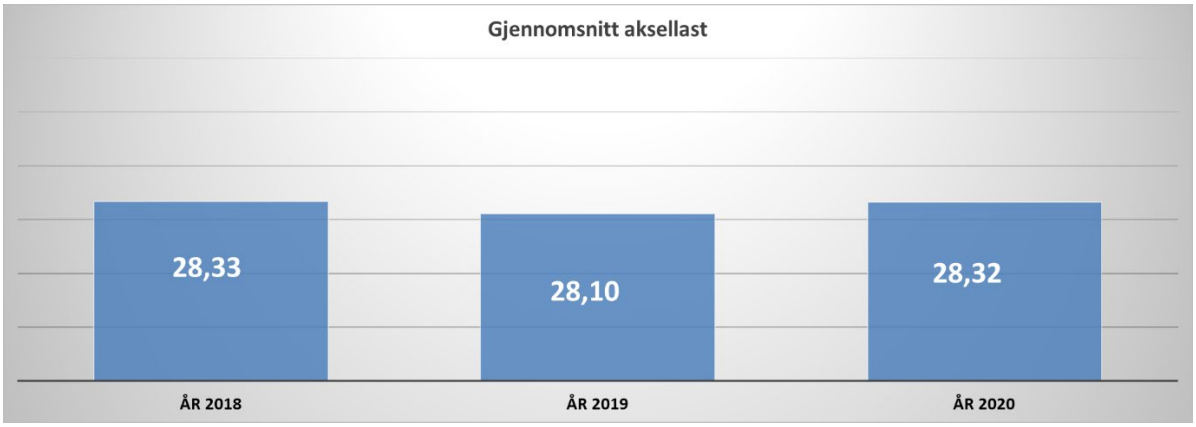
Figur 1: Aksellastfordeling i tonn i hele testperioden

Av de totalt 546 000 aksler på Ofotbanen hittil i år 2020 utgjør testtogene 57 000 aksler som er ca. 10,5 % av alle aksler fra lastede malmtog. Hvordan disse 57 000 akslene er fordelt i aksellastgruppene utfra totalt antall aksler i lastede malmtog, er vist i grafen under.



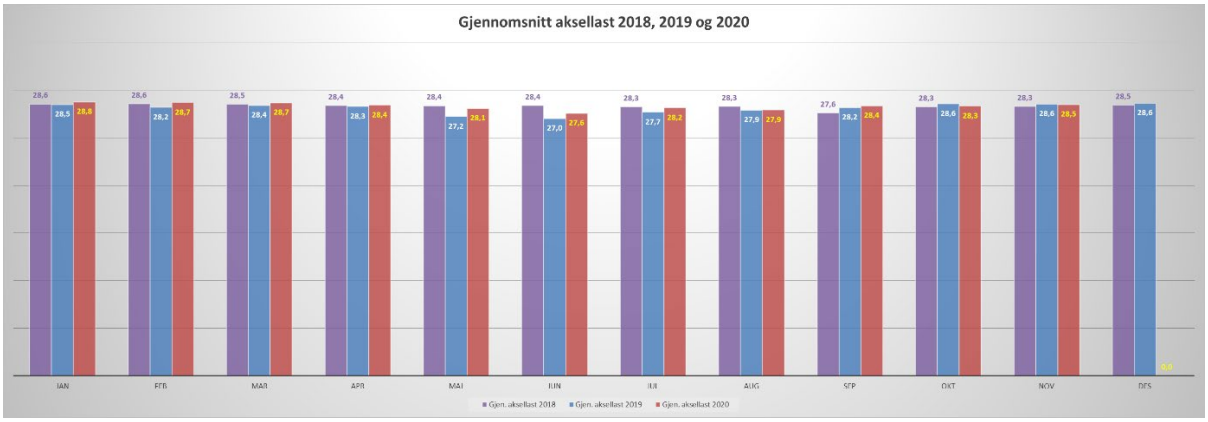
Figur 2: Prosentandel aksler i testtog av totalt antall lastede aksler fordelt på vertikallast

Dersom tillat aksellasten økes fra 30 til 32,5 tonn aksellast vil det gi en økning i transportvolumet for lastede malmtog med opptil 10 %. Med dagens trafikk på 10 – 12 lastede malmtog vil en da kunne redusere trafikken med 1 tog i hver retning.



Figur 3: Gjennomsnitt aksellast 2018 – 2020 for lastede malmtog

I grafen over framkommer den gjennomsnittlige aksellasten for alle lastede malmtog for årene 2018 til 2019. I grafen under ser man fordelingen pr. måned.

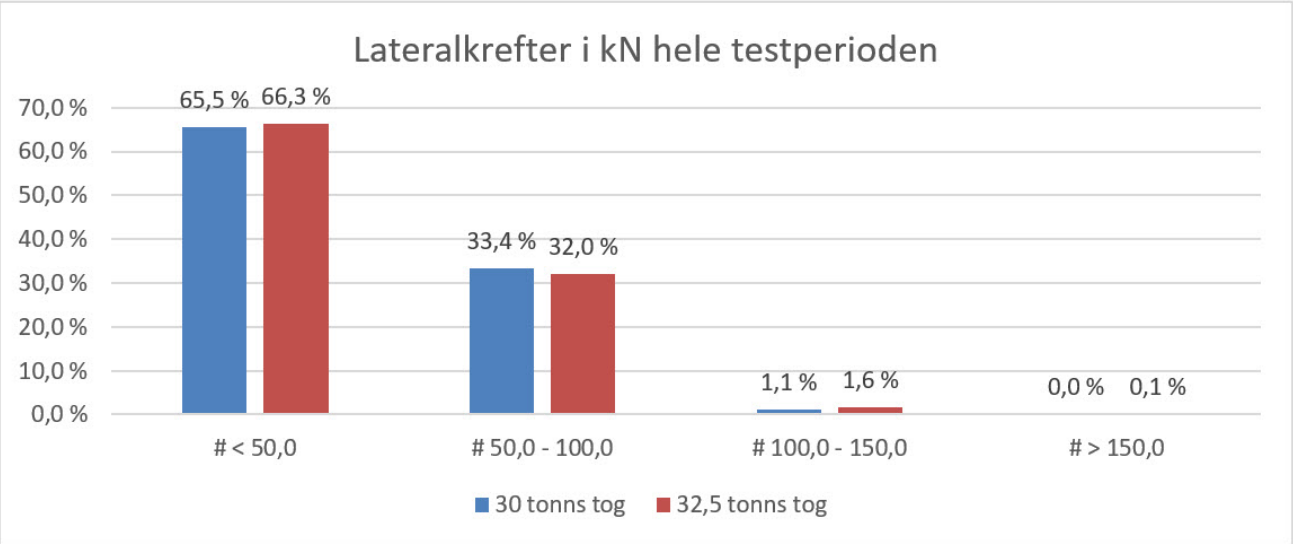


Figur 4: Gjennomsnitt aksellast pr. måned for årene 2018 – 2020 for lastede malmtog

Som tallene fra gjennomsnitt aksellast viser, har transporten av de 365 lastede testtogene i perioden fra februar 2019 til november 2020 ikke gitt noe økning i den gjennomsnittlige aksellasten.

I grafen under vises den interne prosentandelen for de målte laterale sporkreftene ved Haugfjell målestasjon.

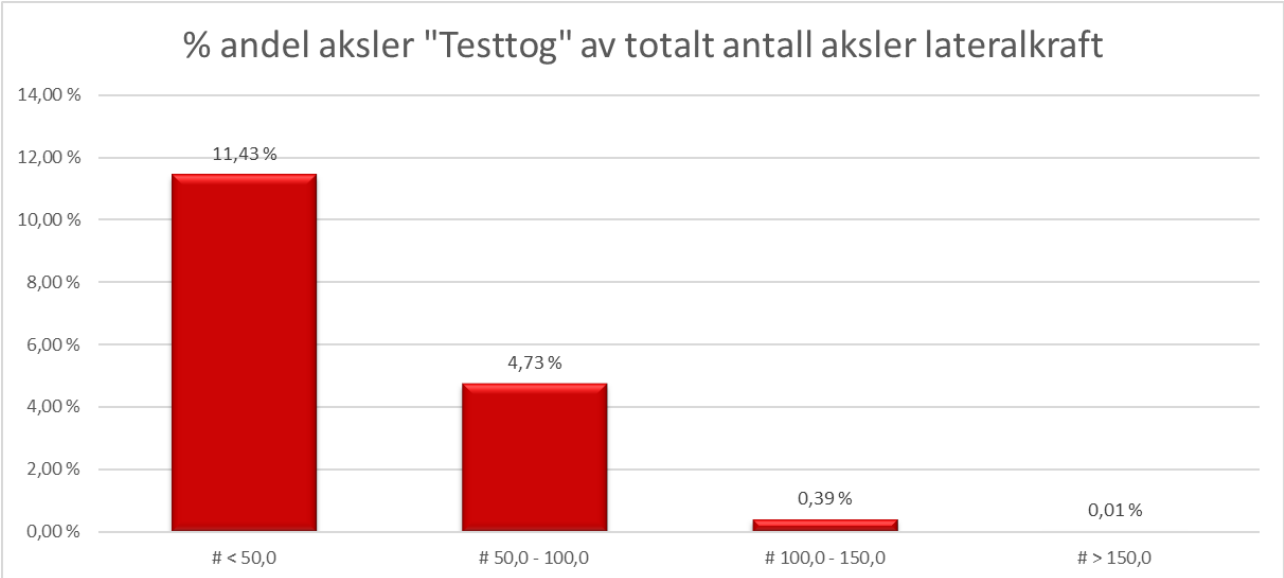
Testtogene har faktisk 1,4 % mindre prosentandel aksler i grupperingen for de laterale sporkreftene mellom 50 til 100 kN en de ordinære lastede malmtogene.



Figur 5: Fordeling av de laterale sporkreftene mellom 30 tonns tog og 32,5 tonns tog over hele testperioden

Av de totalt 546 000 akslene utgjør testtogene 57 000 aksler og som utgjør ca. 10,5 % av alle aksler fra lastede malmtog.

Prosentandel for testtogene av de totalt antall lastede aksler fordelt på laterale krefter i 2020 vises i grafen under.



Figur 6: Prosentandel aksler i testtog av totalt antall lastede aksler fordelt på lateralkraft

5.1.2 Konklusjoner

Målingene viser at en økning i aksellasten fra 30 til 32,5 tonn vil gi en forventet økning av vertikalkreftene i sporet, men at det er tilnærmet ingen økning i de laterale sporkreftene Målingene tyder på at det kan være hjul og boggienes tilstand som vil være den faktoren som har størst innvirkning på de laterale kreftene og kan øke dem betydelig. Det bør derfor installeres et overvåkningssystem (hjulprofilmåler) for å avdekke forholdet mellom de laterale sporkreftene og hjulprofilene, spesielt med tanke på hjul med hulprofiler.

5.2 OV2 – Utbygging målestasjon Haugfjell

5.2.1 Observasjoner - Måleresultat

Haugfjell målestasjon er bygd ut med 4 enheter for å kunne måle sporkreftene gjennom hele S-kurven, dvs. midt i sirkulærkurven ved km 37; ved OE punktet i vest (km 36,87), ved FOB (km 36,84) og ved km 36,70 (OE øst). Utstrekningen for målestasjonen er fra km 36,70 til km 37,02.



Figur 7: Oversiktsbilde fra Haugfjell målestasjon

Sporkrefter og verdier som logges ved Haugfjell målestasjon, vises i tabell 4A.

Tabell 4-A: Oversikt over sporkrefter og verdier som registreres i Haugfjell målestasjon.

VLd	Vertical load	**VFrcVib**	Vertical vibration forces	**LFrcVib**	Lateral vibration forces	**FE**	Front end (A/B)
VFrc	Vertical force	**LFrc**	Lateral force	**AoA**	Angle of attack	**AiT**	Axle number in train
VFrcPk	Vertical peak force	**LFrcPk**	Lateral peak force	**ID**	Vehicle identification	**TD**	Travel direction
VFrcDn	Vertical dynamic force	**LFrcDn**	Lateral dynamic force	**AiV**	Axle number in vehicle	**Oc**	Occurences

Tabell 4-B: Eksempel på utskrift av Angle of Attack (AoA)

Lateral forces in rail.

LKAB locomotives

Time	AoA (mRad)	ID	TD	FE	AiT	AiV	VFrc (kN)	Oc
20201122 15:55:48	14,174	917400001215	1	B	7	6	275,345	1
20201118 11:59:47	12,424	917400001348	1	B	7	6	277,633	1
20201115 22:15:53	11,653	917400001215	0	B	1	1	294,671	1
20201123 09:09:42	11,603	917400001256	1	B	6	6	288,640	1
20201118 11:59:47	11,416	917400001173	1	B	1	1	279,867	1
20201123 09:49:32	11,190	917400001264	0	B	1	1	298,384	1
20201115 22:15:53	11,040	917400001330	0	B	7	0	288,467	2
20201122 22:17:19	11,004	917400001199	0	B	7	6	292,538	1
20201118 11:13:50	10,978	917400001025	0	B	7	6	297,232	1
20201123 20:01:23	10,973	917400001256	0	B	1	1	290,474	1
20201122 15:55:48	10,816	917400001330	1	B	4	0	281,300	2
20201123 00:26:18	10,791	917400001033	0	B	1	1	292,492	1
20201123 00:26:18	10,674	917400001314	0	B	7	6	292,861	1
20201117 15:53:28	10,495	917400001108	0	B	7	6	289,850	1
20201123 07:57:48	10,465	917400001249	0	B	1	1	292,624	1
20201122 15:55:48	10,443	917400001215	1	B	8	5	280,129	1
20201122 22:17:19	10,441	917400001025	0	B	1	1	295,105	1
20201123 12:13:46	10,396	917400001306	0	B	7	6	292,005	1
20201117 02:48:06	10,343	917400001306	0	B	1	1	297,623	1
20201118 14:09:49	10,329	917400001140	0	B	1	1	290,979	1

LKAB wagons

Time	AoA (mRad)	ID	TD	FE	AiT	AiV	VFrc (kN)	Oc
20201124 22:04:33	16,915	877468717559	1	B	64	1	46,443	1
20201124 22:04:33	13,032	877468717559	1	B	65	0	61,952	1
20201118 17:42:36	13,002	877468715959	1	B	108	0	52,399	1
20201118 17:42:36	12,729	877468711891	1	B	112	1	55,246	1
20201115 16:14:42	12,724	877468717872	0	B	253	4	55,805	1
20201118 17:42:36	12,389	877468711891	1	B	109	4	55,256	1
20201120 16:08:32	12,079	877468710976	1	B	45	4	58,596	1
20201124 22:04:33	11,614	877468717559	1	B	63	2	51,517	1
20201120 16:08:32	11,571	877468710711	1	B	185	1	52,312	1
20201120 16:08:32	11,409	877468711313	1	B	69	4	58,187	1
20201119 15:58:18	11,385	877468714416	1	B	61	4	58,211	1
20201119 20:35:43	11,206	877468712998	1	B	65	1	61,514	1
20201119 15:58:18	11,206	877468711453	1	B	81	0	49,093	1
20201123 04:57:51	11,199	877468710075	0	B	13	4	285,104	1
20201124 22:04:33	11,140	877468717559	1	B	61	4	59,432	1
20201124 23:46:36	11,118	877468712451	1	B	93	4	57,925	1
20201118 09:04:13	11,037	877468712139	1	B	65	4	63,743	1
20201119 17:39:39	11,036	877468719217	1	B	57	0	57,112	1
20201115 16:14:42	10,955	877468719670	0	B	265	1	57,246	1
20201119 17:39:39	10,953	877468721031	1	B	133	4	58,169	1

Angle of attack (AoA).

5.2.2 Konklusjoner

All data fra de 4 målepunktene er ikke ferdig evaluert. Resultatene som foreligger pr. i dag, viser liten eller ingen økning i sporkreftene (sett bort fra vertikale krefter) som er målt i de 4 målepunktene, når aksellasten økes fra 30 tonn til 32,5 tonn. Seksjon 4 (målepunkt 4 ved km 36,70) fikk skader etter glødene gjenstander som falt ned i sporet fra slipetoget og er midlertidig demontert. Stasjonen/målepunkt 4, vil bli flytte sommeren 2021 til motsatt side også for å unngå skade fra snøryddingsutstyr.

5.3 OV3 – Inspeksjon av komponenter i spor

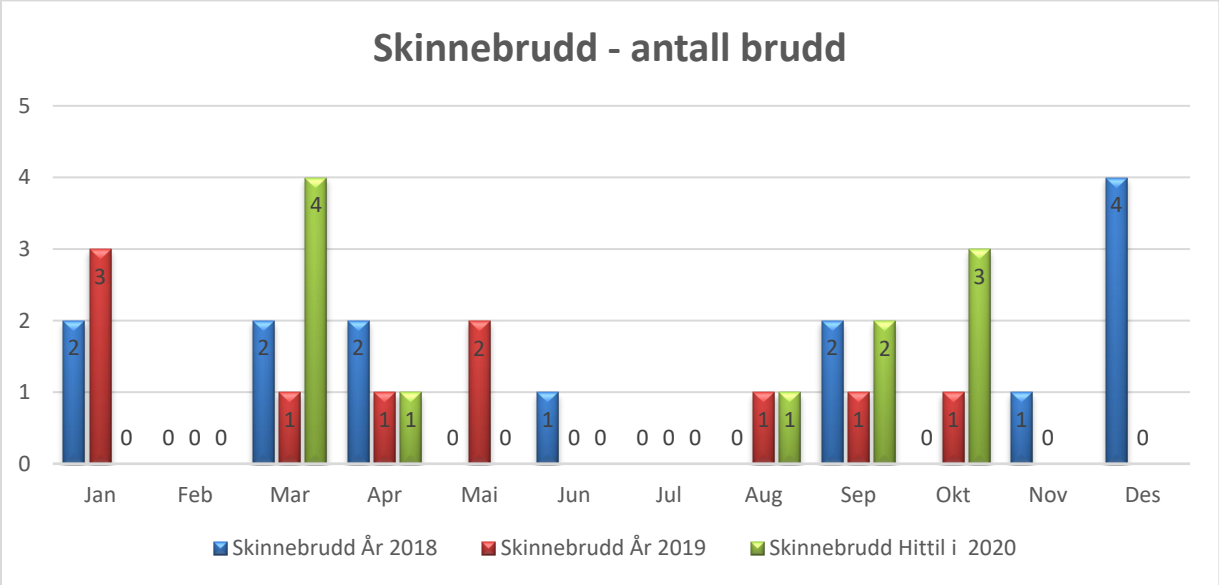
5.3.1 Skinner

5.3.1.1 Observasjoner

I testperioden er det ikke observert eller registrert noen økning i skader på skinnehodet. Skinneslitasjen i kurver med radius mindre enn 450 meter viser en liten økning i testperioden.

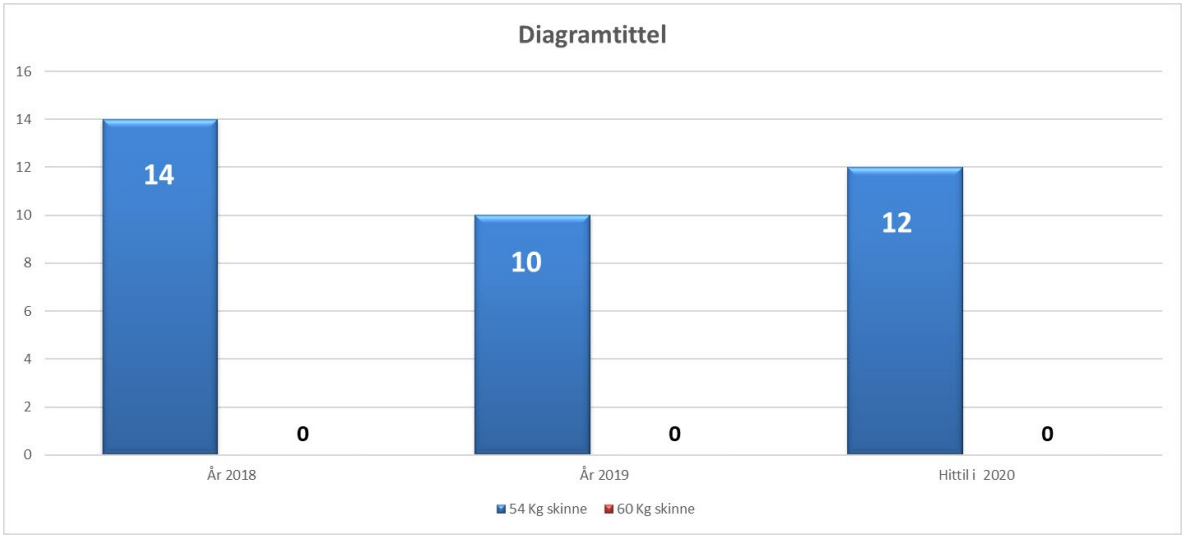
Det er opprettet 6 målepunkter som skal følge skinneslitasjen i årene framover. Her skal skinnene måles med MiniProf 4 ganger årlig, dvs. måling før og etter de 2 slipeprogrammene som SPENO gjennomfører vår og høst.

Ser en på utviklingen i antall skinnebrudd for perioden 2018 - 2020, med 14 skinnebrudd i 2018, 10 skinnebrudd i 2019 og 12 hittil i 2020 (Figur 8 og Figur 9), har det ikke vært en økning av skinnebruddene i 2020 i forbindelse med testperioden. Dersom en ser på de 10 første månedene i årene 2018 – 2020, er tallet 9 skinnebrudd i 2018 og 10 skinnebrudd for år 2019 og år 2020 (Figur 8). Det er derfor vanskelig å konkludere med at en økning i aksellasten vil gi en økning i antall skinnebrudd.



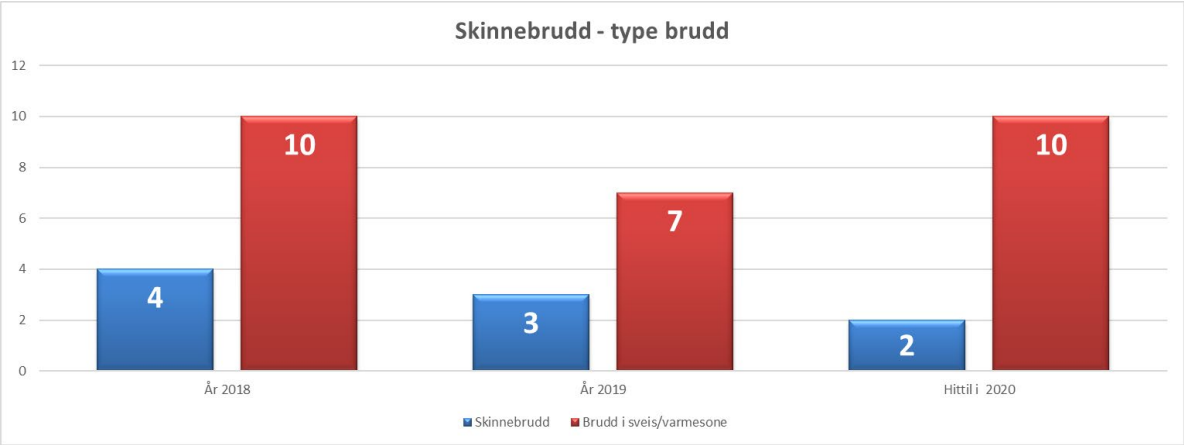
Figur 8: Antall skinnebrudd 2018 - 2020

Ser en på skinnetype som bruddene forekommer på, viser stolpediagrammet i Figur 9 at alle bruddene er i skinnetype 54E4 (54 kg skinne).



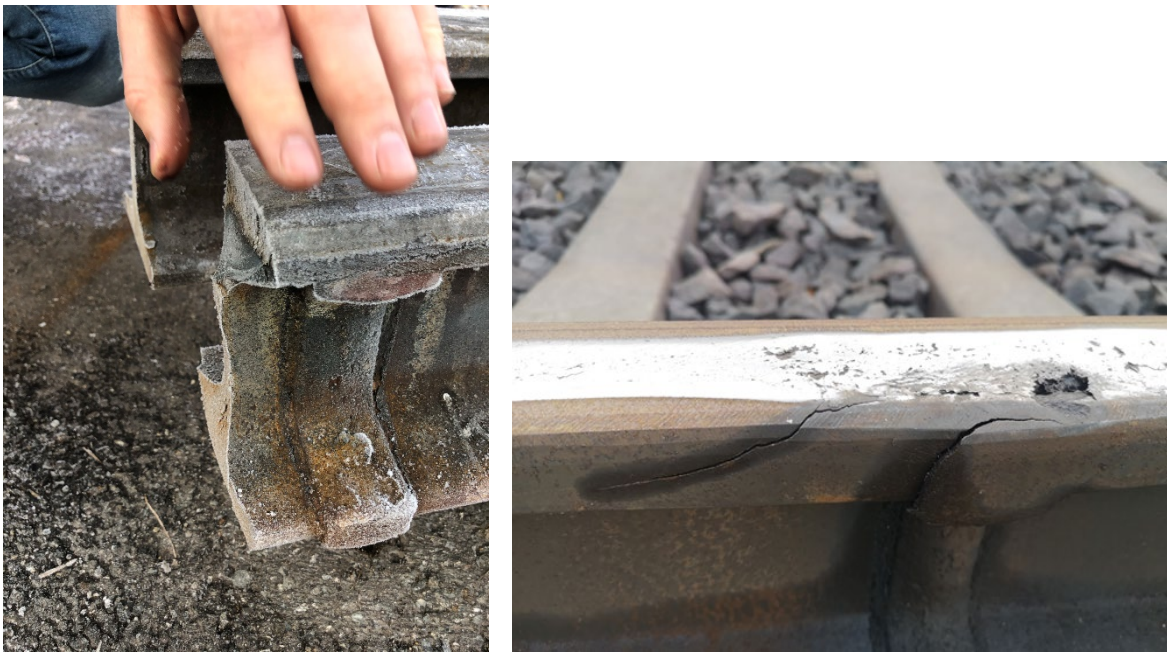
Figur 9: Skinnebrudd fordelt på skinnetype

Grafen under viser antall brudd i varmesonen til sveis (rød søyle) og brudd i skinnen lengre enn 20 cm fra sveis (blå søyle). Her ser en tydelig at med 10 brudd i varmesonen og 2 i skinnen er skinnesveisene det svakeste punktet i sporet. Ser en på brudd i selve skinnen og ikke i varmesonen er det faktisk en nedgang i bruddfrekvensen.



Figur 10: Skinnebrudd i varmesone til en sveis og inne på skinne

Observasjoner og registrerte feil/brudd i skinnesveiser, se Figur 10: Skinnebrudd i varmesone til en sveis og inne på skinne, tyder derfor på en liten økning av brudd i sveisens varmesone med økt aksellast.



Figur 11: Skinnesveis med brudd og sprekker

5.3.1.2 Konklusjoner

Resultater fra skinneprofilmålingene vil foreligge i 2022. De observasjonene/målingene vi har, tyder imidlertid på en liten økning i skinneslitasje i kurver med radius mindre enn 450 m, men ingen økning i skinneskader. Profilene på skinnehodet som benyttes på Ofotbanen er MB6, MB1Ass v2 og MB1 og innført i perioden 2007 – 2018, er tilpasset hjulprofilene WP4 og NX5/WPL9. Det har i samme periode ført til lav slitasje på skinnehodet.

Det gjennomføres reprofilering av skinnehodet 2 ganger pr. år. Dette fører til at profilet på skinnehodet opprettholdes svært godt, også med tanke på hjulprofilene på malmtogene.

Ser en på skinnebrudd er det ingen brudd på 60E1 og 60E2 skinnene. Alle bruddene er på 54E4 skinnene og i varmesonene til skinnesveisene.

Det bør derfor sees på om skinnelengden kan økes når nye skinner legges inn, for å redusere antall sveis. Nye sveisemetoder bør også vurderes.

Det er vanskelig og kunne konkludere med at en økning i aksellasten vil gi en økning i antall skinnebrudd. En økning av overbygningen fra 54 til 60 Kg. skinne vil gi den største effekten for å redusere antall brudd i skinner etter de

5.3.2 Sviller

5.3.2.1 Observasjoner

Skader som er observert på tre- og betongsviller, kan ikke direkte knyttes til belastninger fra testtogene.

De skadene som vi ser i dag på tresviller, har forekommet i de siste 10 årene. Et eksempel er bildet under hvor en kan se hvordan underlagsplaten trykkes ned i tresvillen og som medfører at det må gjennomføres svillebytte.



Figur 12: Nedtrykt underlagsplater i tresville

Det kan imidlertid være en antydning til en liten økning i skadebildet på betongsviller fra sommeren 2018 til senvinter 2020. De fleste registrerte skadene som forekommer, er på befestigelsen på svillene.

5.3.2.2 Konklusjon

Skadebildet som en observerte på svillene i periodene før og under testkjøringen, viser en liten økning i at underlagsplatene trykkes raskere ned i tresvillene i testperioden. Skadene kan

imidlertid ikke direkte føres tilbake til testtogene, da skadene allerede ble oppdaget etter innføring av 30 tonn aksellast. Det er i testperioden ikke oppdaget direkte skader på betongsvillene dersom en ser bort fra befestigelsen.

5.3.3 Befestigelse på sviller

5.3.3.1 Observasjoner

På strekningen fra Bjørnfjell sporveksel 2 km 41,50 til riksgrensen km 41,94 som er en strekning på 440 meter, ble det observert ca. 20 sviller som hadde brukne Pandrol svilleanker.

I tillegg har flere av befestigelsene skader på isolasjonskomponentene.

Et fellestrekk for skadene på Pandrol svilleankrene er at de er knekt/skadet på den enden som vender mot riksgrensen (Sverige).

Det tyder på at det kan være store langsgående sporkrefter i området og som har ført til de observerte skadene. Det anbefales derfor å igangsette et prosjekt for å avklare hva som fører til bruddskadene i svilleankrene.



Figur 13: Skade på svilleanker

Som det framkommer av bildene, er det brudd i ankeret som har ført til at Pandrol FE fjæren løsner og som igjen fører til at all klemkraft blir borte. Dette kan føre til skinnevandring i området.

Skadene varierer i omfang fra ett til flere svilleankere etter hverandre. Det inspiserte området var hovedspor 3 på Bjørnfjell stasjon og linjesporet videre østover til riksgrensen. På denne stekningen som er ca. 1800 spormeter, ble det observert ca. 50 skadde svilleanker.

Som bildene i Figur 14 viser, er det også i samme områder isolatorer som er skadet og/eller slitt. Det anbefales å sette opp et oppfølgingsprosjekt for å se på årsaken til disse skadene, da skadene ikke kan begrunnes direkte i en økning av aksellasten.



Figur 14: Skader på isolatorer

En stor del av de isolerende komponentene på Pandrol FE befestigelsen har skader og slitasje som klassifiserer til bytte.

Bildet under viser skade på underlagsplater på tresviller.



Figur 15: Skade på underlagsplate

Det er i 2020 oppdaget flere tilfeller av skader på underlagsplatene på tresviller, spesielt i kurver. Under befaring på strekningen fra km 5 til km 6 ble det oppdaget et stort parti med skadde underlagsplater.

Mye tyder på at det er store sidekrefter, spesielt i kurver med radius mindre enn 450 meter, der forekomsten av skadene er. Tilsvarende skader ble konstatert tidligere (ca. 2014) på en annen type underlagsplate for tresviller.

Det bør derfor gjennomføres en befaring i 2021 langs hele banen, der det er tresviller med tilsvarende underlagsplater, for eventuelt å avdekke det totale omfanget av denne type skadde underlagsplater. En bør også her se på et oppfølgingsprosjekt for å avdekke årsaken til bruddene, da de ikke kan direkteføres til en økning av aksellasten.

5.3.3.2 Konklusjoner

Når det gjelder befestigelsene på Ofotbanen, kan det tyde på at de blir utsatt for en større belastning, enn de er dimensjonert for.

For betongsviller viser befaringene en økning i skader på befestigelsen, spesielt på svilleanker og isolatorer. Når det gjelder tresviller, er nedtrykte og knekte underlagsplater det største problemet.

Der det er benyttet 10 mm mellomlegg type OB 800128 og SK3164 på betongsviller, bør det ved bytte av isolatorer skiftes til ny type PU 9 mm mellomlegg HAL type OB.800150. På enkelte områder der 10 mm gummimellomlegg er benyttet kommer mellomlegget ut slik at skinnen får direkte kontakt med betongsvillen, noe som kan føre til skade på svillen.

Det kan ikke sies med sikkerhet om det er et resultat fra testperioden med 32,5 tonns togene som har medført til økningen i skadene på befestigelsen, eller om komponentenes levealder er oppnådd. For svilleankrene på betongsvillene kan det imidlertid ikke være levetid. Det bør derfor gjennomføres målinger og tester for å avdekke rotårsaken til de knekte svilleankrene, skadene på isolatorer, utglidning av mellomlegg på betongsviller og knekte og nedtrykte underlagsplatene på tresviller.

5.3.4 Isolerte skjøter

5.3.4.1 Observasjoner

Bildet viser isolert skjøt i spor 3 Bjørnfjell stasjon.



Figur 16: Isolert skinneskjøt

Observasjoner av de isolerte skjøtene viser ingen økning i skader. Ved befaring på Bjørnfjell stasjon ble det observert kontakt mellom hjulflens og isolasjonen. Det kan tyde på noen hjul med høye flenser som har forårsaket kontakten.

5.3.4.2 Konklusjoner

Det kan konkluderes med at testtog med tillat aksellast på 32,5 tonn ikke har økt skadeomfanget eller ført til brudd i de isolerte skjøtene.

5.4 OV4 - Besiktigelse av sporveksler

5.4.1 Observasjoner fra Spordrift

Spordrift har i testperioden gjennomført besiktigelse av sporveksel 1 og 2 på Straumsnes stasjon. I tabellen under framkommer resultatet etter besiktigelsene.

Tabell 4-C: Tiltaksbedømming av sporveksel 1 og 2 Straumsnes stasjon

	Tilstandsbredømmelse			Tilstandsbredømmelse	
	Sporveksel 1	Anmerkning		Sporveksel 2	Anmerkning
Januar					
Februar					
Mars					
April					
Mai	God			Middels	noen slitarser i stokkskinnen. Denne skal byttes i august
Juni	God			Middels	noen slitarser i stokkskinnen. Stokkskinenn har noen gorpoer etter dobbel flens ved motor 3 Denne skal byttes i august
Juli	God	påleggsveiset krysset 22.07.2020		Middels	noen slitarser i stokkskinnen. Stokkskinenn har noen gorpoer etter dobbel flens ved motor 3 Denne skal byttes i august. Kryss påleggsveiset 22.07.2020
August	Meget god	nytt kryss i august. Tunge og stokkskinne byttet i august		Middels	noen slitarser i stokkskinnen. Stokkskinenn har noen groper etter dobbel flens ved motor 3 Denne skal byttes i august. Kryss påleggsveiset 22.07.2020
September	Meget god			God	Byttet kryss 25.09.2020 byttet H/k stokkskinne 25.09.2020
Oktober	Meget god			God	
November					
Desember					

Det er gjennomført bytte av både den krumme stokkskinnen i sporveksel 2, og tunge og mangankryss i sporveksel 1 i 2020. Det var store skader på komponentene som førte til bytte. Skadene, spesielt i mangankrysset kommer fra hjul med hulprofiler.

5.4.2 Konklusjoner fra Spordrift

Skadene som framkommer i sporveksel 1 og 2 på Straumsnes kan ikke direkte tilbakeføres til testtogene, men til hulprofil på hulene. Det bør derfor i samarbeid med Trafikverket iverksettes et tverrfaglig samarbeid for å se på likelydende regelverk for hjulprofil og tillatte grenseverdier på hulprofil.

5.4.3 Observasjoner fra Bane NOR

Bjørnfjell stasjon:

Ved Bjørnfjell stasjon sporveksel 2 er det gjennomført flere målinger som avdekker stor slitasje og store skader. Slitasjen på vekselen er unormal. Det kan tyde på å komme fra slitte hjul med hulprofil. Ved bruk av MiniProf skinneprofilmåler vises det at noen av skadene kommer fra hjul med hulprofiler som sannsynlig er større enn tillat grense på 2 mm.



Figur 17: Skader i sporveksel 2 på Bjørnfjell fra hjul med hulprofil



Figur 18: Skade på stokkskinne i sporveksel 2 Bjørnfjell

Som bildene viser, er det unormale skader sporvekselen er påført. Området hvor skadene forekommer, er der en falsk flens fra hjul med hulprofiler berører skinnehodet.

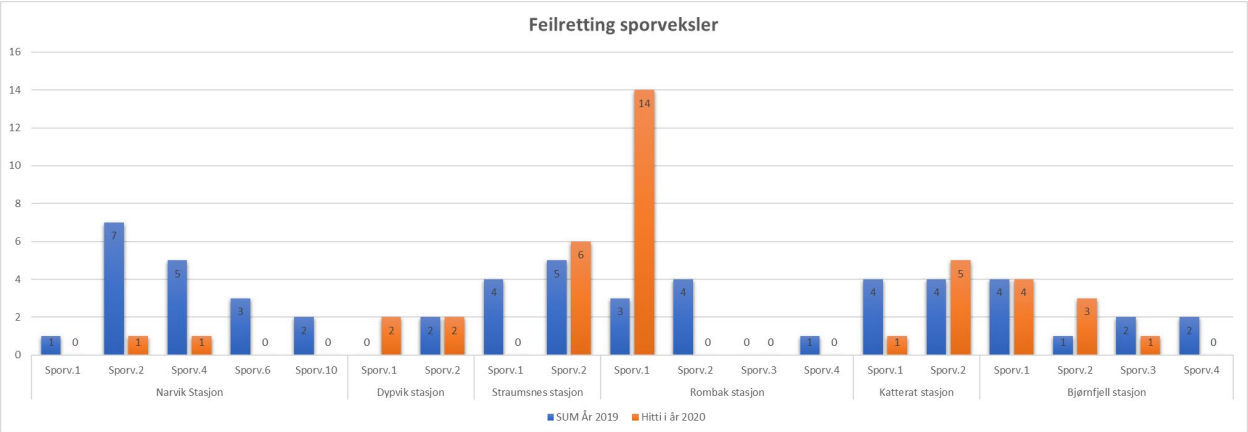
På sporveksel 1 på Rombak stasjon ble det observert skader på skinnekrysset med bevegelig krysspiss. Se bildet under.



Figur 19: Skade på bevegelig skinnekryss

På sporvekselens bevegelige krysparti ble det observert en bølgeslitasje, spesielt på vingeskinnen. Hva som har forårsaket denne slitasjen, er usikkert. Det er vanskelig å kunne bedømme om skadene kommer fra testtogene eller fra ordinære tog, dvs. om økt aksellast har hatt betydning. Det er ikke observert tilsvarende slitasjen på Ofotbanen.

Oversikten under viser feilretting i sporveksler innmeldt i BaneData.



Figur 20: Oversikt over feilretting i sporveksler

Oversikten viser lukkede AKV/UKV for sporveksler i hovedspor som benyttes for transport av malmtog på Ofotbanen. Tallet angir antall feilrettinger i 2019 og hittil i 2020. En ser tydelig at det er sporveksel 1 på Rombak stasjon som skiller seg ut i antall feilregistreringer i 2020.

5.4.4 Konklusjoner fra Bane NOR

Det er sporvekslene som krever det største vedlikeholdet og som har det største skadeomfanget på Ofotbanen. Det kan imidlertid ikke konstateres at disse skadene kommer fra testtogene.

Om dagens tekniske regelverk, Rolling Stock pkt. 3.3.3.1, som setter en grenseverdi for hulprofilet på 2 millimeter, er riktig for aksellaster over 22,5 tonn, bør vurderes nærmere.

Hjul med hulprofiler med en flens på hjulets ytterkant gir store vertikale og laterale krefter som medfører de skadene som framkommer i sporvekslene, jfr. bildene over. Det bør derfor i samarbeid med Trafikverket iverksettes et tverrfaglig samarbeid for å se på et likelydende regelverk for hjulprofil og tillatte grenseverdier for disse med tanke på hulprofil. Skadene er større på sporveksler med faste mangankryss enn de med bevegelig krysspiss, men det er også store skader på de nye sporvekslene med bevegelige krysspart.

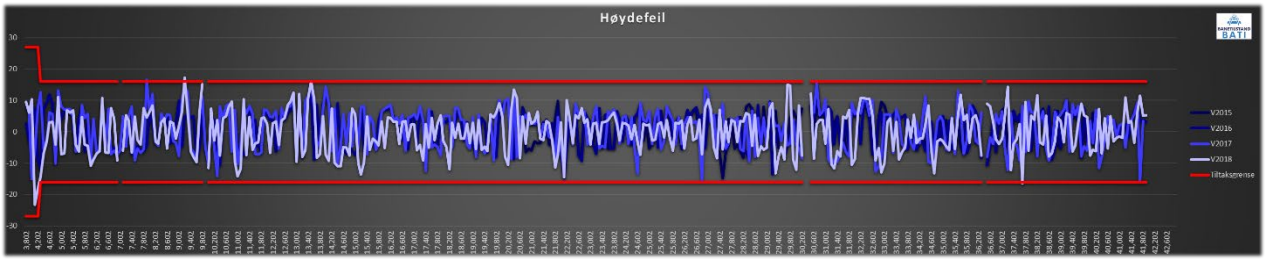
5.5 OV5 – Kontroll av sporkvalitet

Det er valgt ut 2 perioder for kontroll av sporkvaliteten, årene 2015 – 2018 og 2019 – 2020. Perioden 2015 – 2018 er før testtogene startet opp. Første testtog gikk i februar 2019 så derfor er perioden 2019 – 2020 valgt ut som egen periode.

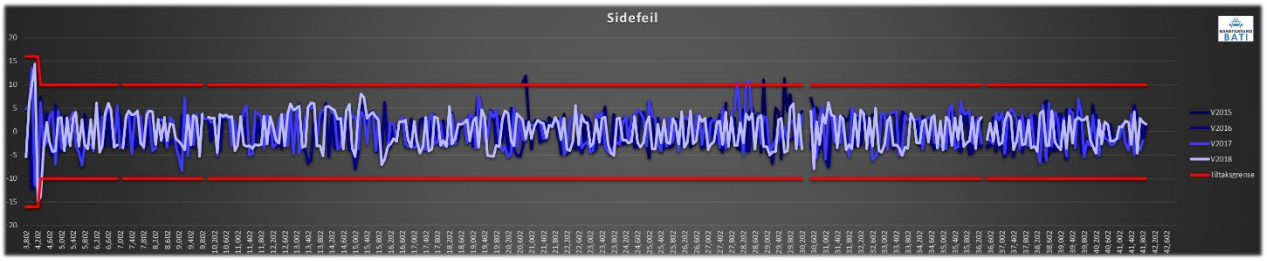
5.5.1 Observasjoner

I grafene under ser en målinger av sporkvaliteten for høydefeil, sidefeil, ujevnheter i overhøyden og vindskjevhet på 2 og 9 meter basis i perioden 2015 til 2020

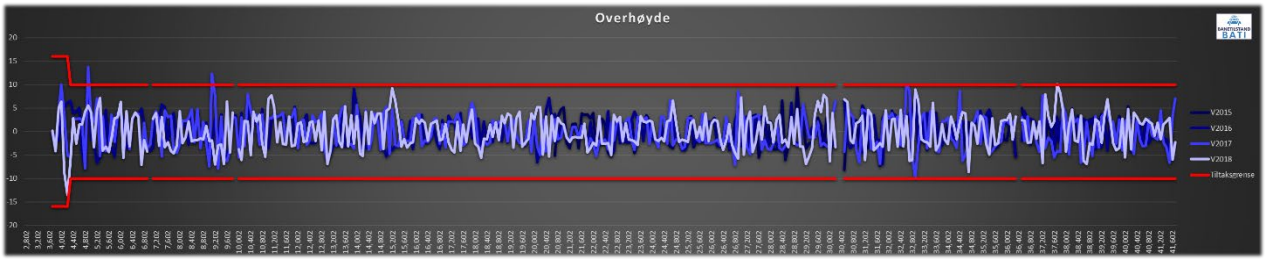
Som det framkommer av grafene for årene 2015 til 2018. Tiltaksgrensen er lagt inn med røde streker. Der er ingen indikasjoner på store endringer i sporgeometrien i denne perioden.



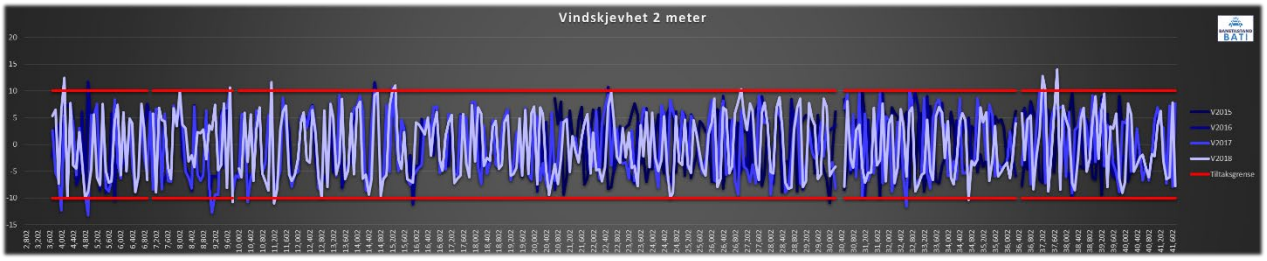
Figur 21: Høydefeil 2015 - 2018



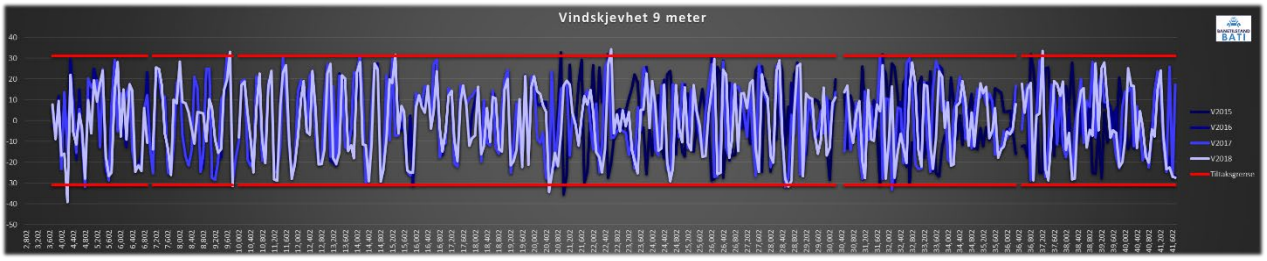
Figur 22: Sidefeil 2015 - 2018



Figur 23: Ujevnheter i overhøyden 2015 - 2018

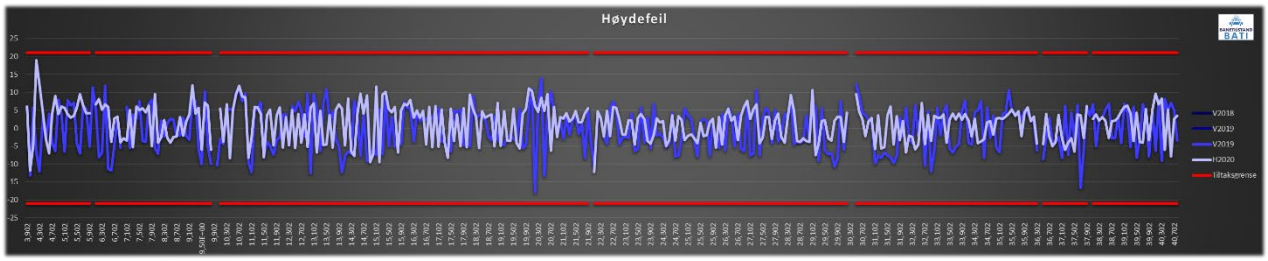


Figur 24: Vindskjevhet 2 meter basis 2015 - 2018

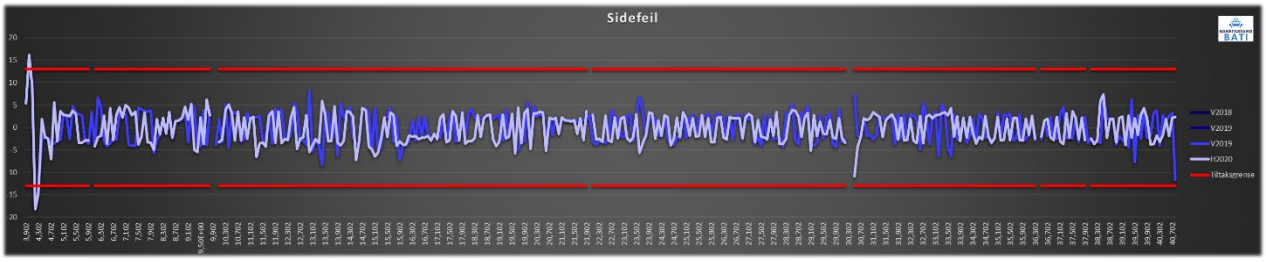


Figur 25: Vindskjevhet 9 meter basis 2015 - 2018

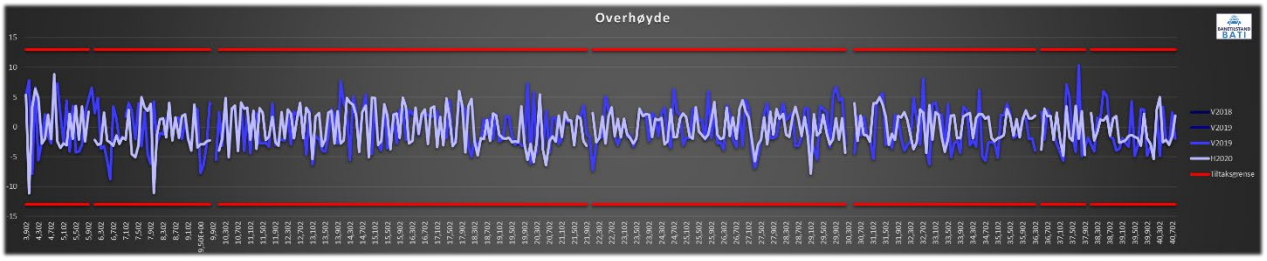
Tilsvarende grafer for årene 2019 til 2020 der det også i denne perioden ingen store endringer i sporgeometrien. Det tyder derfor på at testogene ikke har påvirket negativt på sporgeometrien i testperioden.



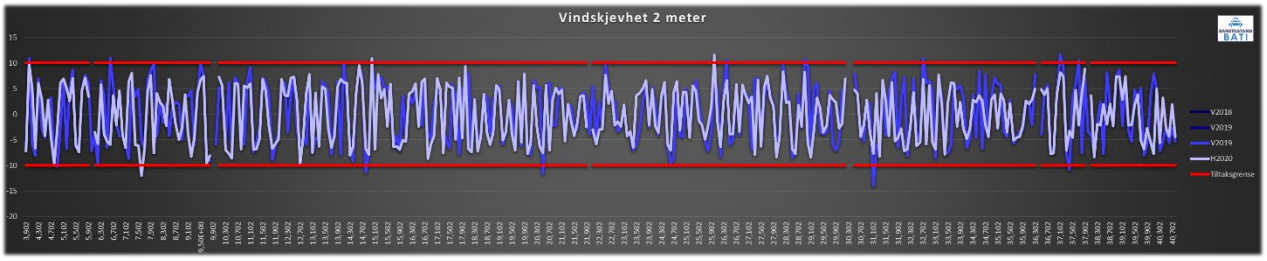
Figur 26: Høydefeil 2019 - 2020



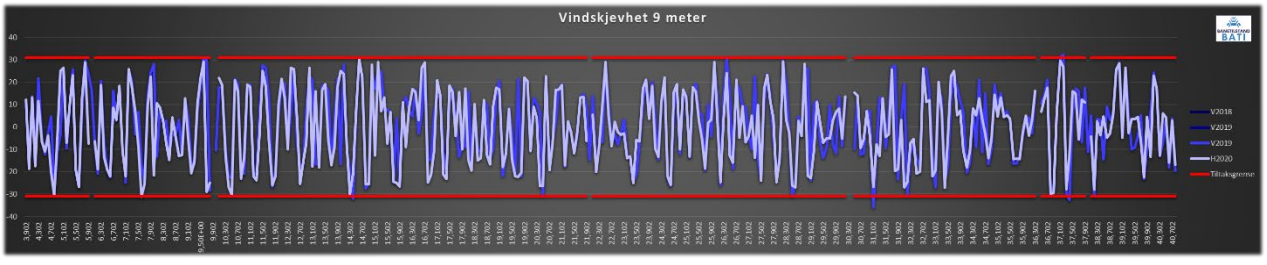
Figur 27: Sidefeil 2019 - 2020



Figur 28: Ujevnheter i overhøyden 2019 - 2020



Figur 29: Vindskjevhet 2 meter basis 2019 - 2020



Figur 30: Vindskjevhet 9 meter basis 2019 – 2020

5.5.2 Konklusjoner

Ut fra målinger fra målevogn Roger 1000 for perioden 2015 til 2020 kan det ikke registreres noen endring i sporkvaliteten før og etter testperioden.

5.6 OV6 - Kontroll av sporutvidelse på belastet spor

For å se om økt aksellast gir økt sporvidde ved passering ble det montert lasermålere i forbindelse med målepunkt 1 på Haugfjell målestasjon. Det gjorde det lettere å kunne identifisere togtypene som passerte. Ut fra disse målingene er det i denne rapporten sett på lastede og tomme malmtog og ordinære godstog.



Figur 31: Laser for måling av laterale bevegelser på belastet spor

Måling av lateral bevegelse i skinne ved tog passeringer ble gjennomført med lasermålinger i perioden juni - august 2019. Måleinstrument var da installert på Haugfjell ved km 37 i kurve med radius 300 m og overhøyde 98 mm. Stigningen på stedet er 14 ‰.

5.6.1 Observasjoner

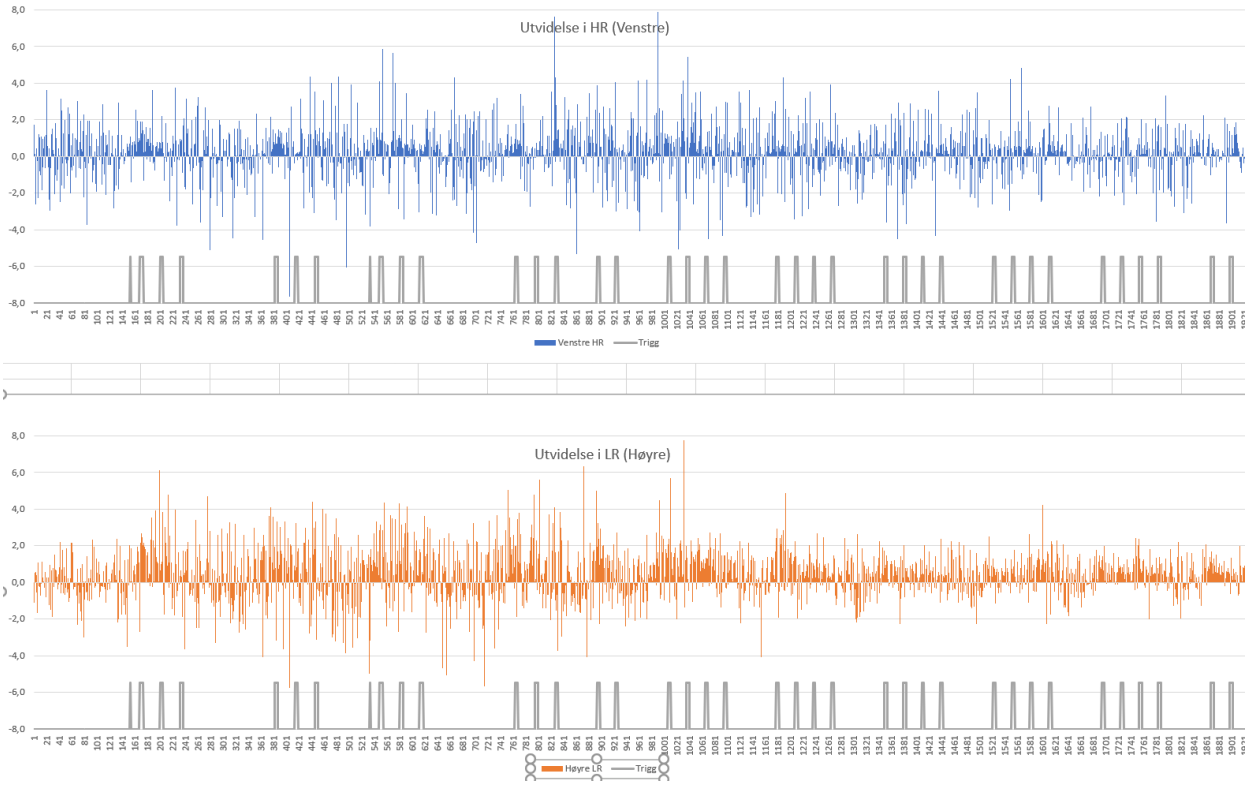
Typisk bevegelsesmønster ved passering av tog med 32,5 tonn aksellast:

Rett før lokomotivet passerer starter både ytterstreng (HR) og innerstreng (LR) å vibrere med utslag opp mot ca. ± 6 mm. Etter hvert som vognene kommer, går bevegelsene gradvis over i pulserende bevegelse ved passering av hver aksling/boggi. Typiske utslag er her ±2 mm for HR og +2 mm til -1 mm for LR. Når toget har passert får vi vibrasjoner i ca. 1 minutt etter siste vognpassering.

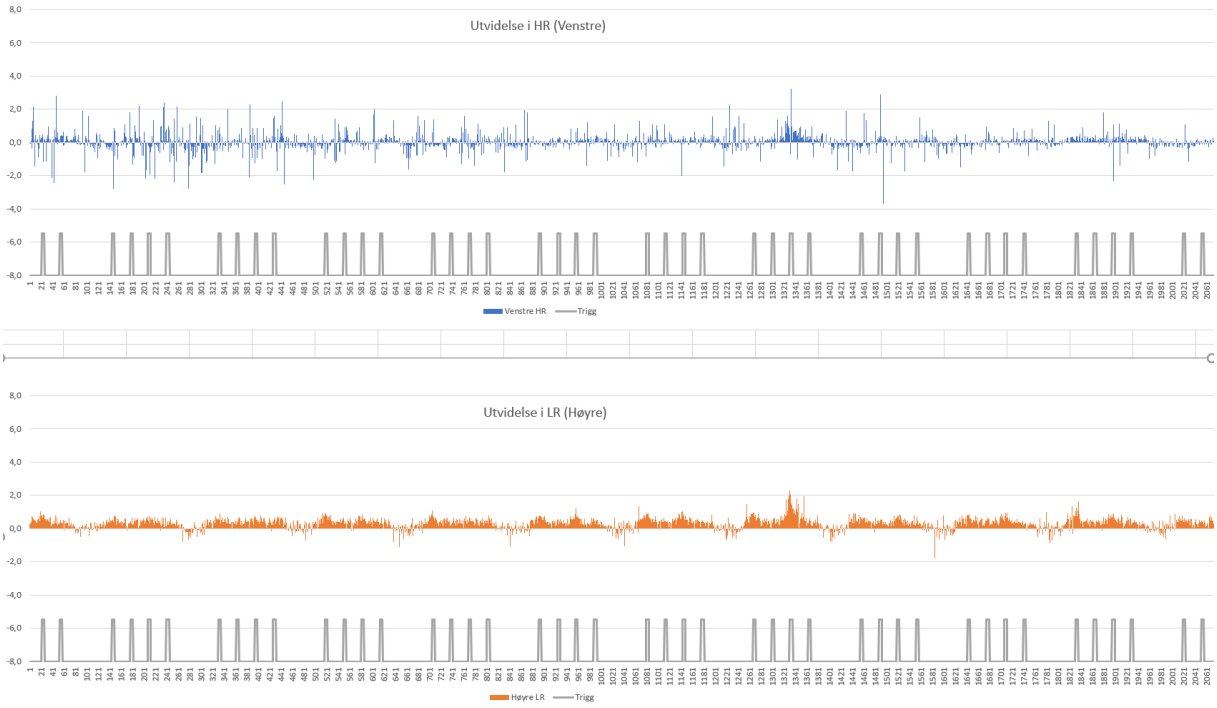
For 30 tonn aksellast ser vi noenlunde samme mønster og størrelser i skinnebevegelse. Variasjonene mellom vilkårlige tog er større enn variasjonene mellom 32,5 tonn og 30 tonn aksellast.

Til sammenlikning har malmtog fra Kaunis litt mindre verdier på utslag og litt annet bevegelsesmønster.

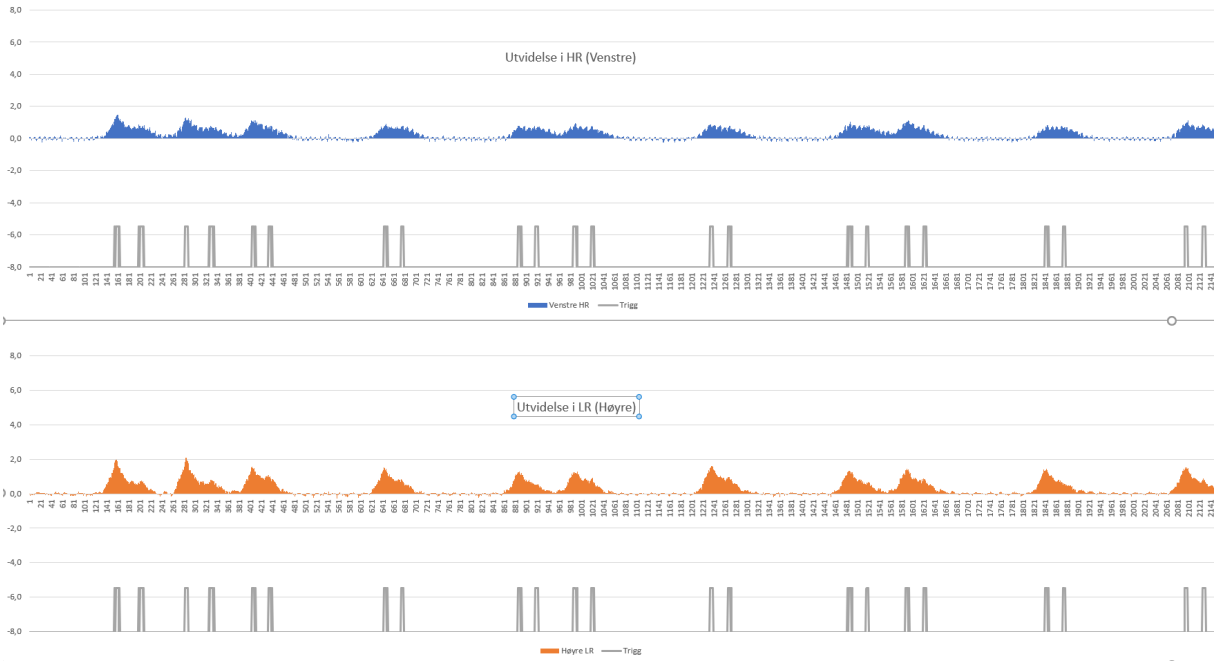
Godstog og passasjertog har også mindre verdier på utslag og mer markant bevegelsesmønster. De har ikke vibrasjoner når lokomotivet passerer eller etter siste vognpassering.



Figur 32: Skinnebevegelse ved 32,5 tonn – lokomotiv og 6 første vogner



Figur 33: Skinnebevegelse ved 32,5 tonn – vogn 48-58



Figur 34: Skinnebevegelse for godstog – lokomotiv og de første vogner

5.6.2 Konklusjoner

Tog fra LKAB, Kaunis, Cargo Net og SJ har alle innflytelse på sporvidden i det de passerer. Det synes at de forskjellige togtypene har hver sin «signatur» når det gjelder hvordan de påvirker skinnene.

LKAB sine togs påvirkninger på sporvidden har relativt store variasjoner. Imidlertid er variasjonene mellom vilkårlige togsett større enn mellom de som har 30 tonn og 32,5 tonn aksellast. Måleresultatene skiller seg altså ikke ut på noen måte som gjør at en kan se om det passerende tog har 30 eller 32,5 tonn aksellast, da en del 30 tonns tog gir større sporutvidelse enn 32,5 tonns tog. Det kan dermed se ut som forhold som har med tilstand på boggi og hjul, har vesentlig større betydning for skinneutvidelse enn 2,5 tonn økt aksellast. Denne konklusjonen underbygges også av at de målte laterale kreftene fra tog med aksellast 30 tonn hhv. 32,5 tonn, ikke viste noen signifikant forskjell.

5.7 OV7 – Sporvandring Haugfjell

5.7.1 Observasjoner

Det er etablert måleprogram for skinnevandring på Haugfjell mellom km 36,84 og km 37,16. Innmålinger er utført ved to anledninger, 27.08.19 ved etablering og 24.08.20.

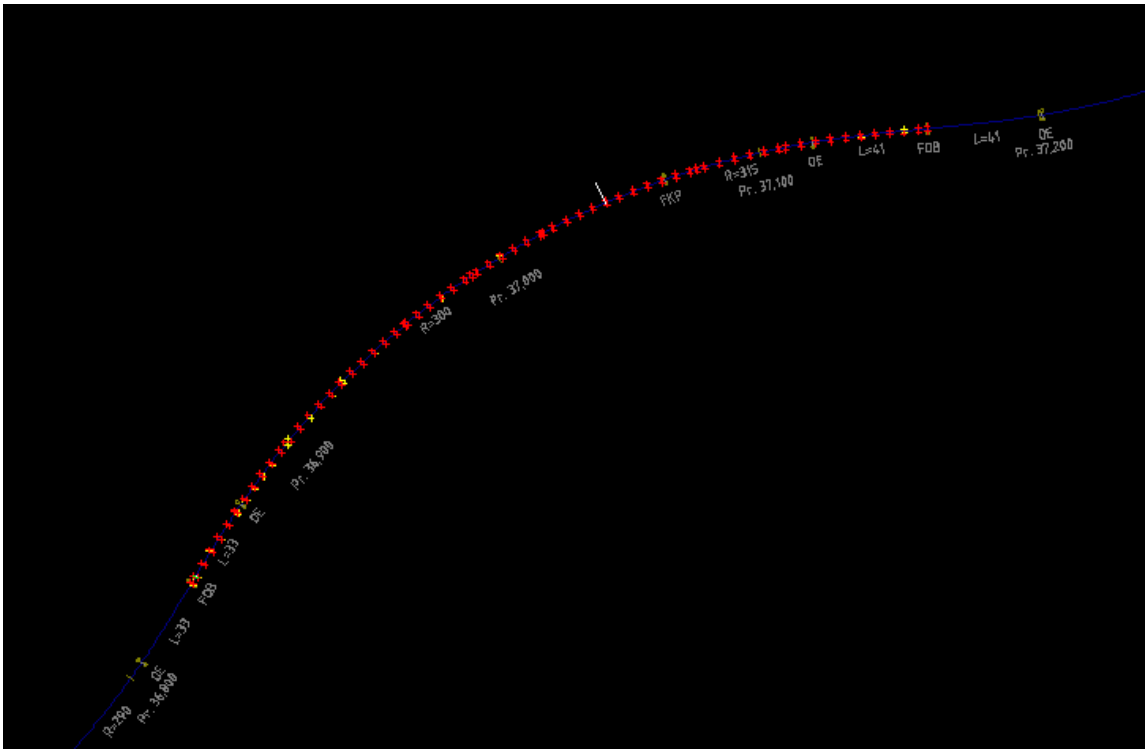
Det er etablert 22 stk. skinnefotklemmer fordelt over hele strekningen for ca. hver 20. meter og på ytterkant av begge skinnestrenger. Det er videre markert 124 stk. målepunkter på begge skinners ytterkant, ca. hver 5 meter. Markeringen på skinnens ytterkant er markert med merketusj og påført klarlakk, slik at dette bevares og er synlig gjennom hele skinnens levetid. (Se bilde)



Figur 35: Satsmåling med totalstasjon på støypesøyle.



Figur 36: Magnetbrakett med libelle plassert mellom markeringer på skinnens ytterside.



Figur 37: Målepunkt for sporvandringskontroll

5.7.2 Konklusjoner

Ved sammenstilling av målingene oppstår en rotasjon mellom de to gjennomføringene som er utført. Selv ved kontroll av baksikt, har det ikke lyktes å avdekke hvordan denne feilen oppstår. En av måleseriene skal derfor forkastes, men med bakgrunn i bare to gjennomføringer, er det ikke mulig å si hvilken av måleseriene som skal forkastes.

For å kunne konkludere med en eventuell skinnevandring, må det derfor foretas ytterligere målinger.

5.8 OV8 – Måling sporveksel 2 Narvik

Opprinnelige oppsett for målingene var i sporveksel 6 på Narvik stasjon. Som følge av sporendring på terminalen til LKAB, ville ingen av testtogene lengre gå gjennom sporveksel 6, og det ble da bestemt å flytte målingen til sporveksel 2 på Narvik.

Der er i denne rapport derfor bare lagt ved målinger fra sporveksel 2, da det var svært lite målinger fra sporveksel 6. Det er i denne rapporten bare lagt ved målinger fra sporveksel 2, da det var svært lite målinger fra sporveksel 6.

5.8.1 Observasjoner - målinger

Det er utført målinger av tøyninger på ledeskinnebrakettene som følge av toglast fra fulle LKAB malmtog i perioden januar til oktober 2020. Målingene fortsetter frem til desember 2020 med en sluttrapport i desember.

Det er målt med 7 strekklapper på 4 braketter fra januar til juni. Fra og med juli er det målt med 8 strekklapper på de fire brakettene. Målinger falt ut på én, senere to braketter mars -juni 2020 pga. material-brudd i brakettene. De brekte brakettene ble byttet ut i juli.

Tøyningsmålingene er omregnet til krefter basert på en omregningsfaktor som er funnet ved å studere en FE-modell. Datastrømmen er analysert og virkningen fra de enkelte akslene (hjulene) er identifisert. Ikke alle aksler gir et signal som kan identifiseres. Aksler som gir tydelig tøyning (> 80 µstr tilsvarende en kraft på 7,6 kN) betegnes signifikante og inngår i statistiske analyser.

Formålet med prosjektet er å studere evt. forskjeller i påkjenninger fra tog med hhv. 30 og 32,5 tonn aksellast. Disse er LKAB sine ordinære malmtog og test-tog, i rapporteringen er de betegnet «lette» og «tunge» tog.

Kreftene varierer noe med vær og vindforhold. Sammenligninger er derfor gjort mellom lette og tunge tog så nært hverandre som mulig i tid.

En oversikt over resultatene vises i tabellen under

Tabell 4-D: Oversikt aksler sporveksel 2 Narvik stasjon

Tydelig tøyning (> 80 µstr, 7.6 kN) for identifiserte aksler, gjennomsnitt.

		Gj.snitt	N	Std. avvik	Maks.	Min.	Median
Jan.	Lett	12.0133	396	1.36293	17.10	8.85	11.7996
7 kan.	Tung	11.4411	162	1.39158	14.96	8.27	11.2646
Feb.	Lett	12.7709	1025	1.56992	18.65	8.31	12.6759
5 kan.	Tung	12.0632	445	1.45578	17.00	8.31	11.9593
Mars	Lett	10.9203	213	1.27009	15.32	8.27	10.9130
5 kan.	Tung	10.4323	96	.94416	14.21	8.59	10.3390
April	Lett	12.0112	267	1.53514	16.71	8.58	12.0440
4 kan.	Tung	11.8019	269	1.59896	17.82	8.28	11.6728
Mai	Lett	12.9867	437	1.81474	18.96	8.30	12.9568
4 kan.	Tung	12.6111	486	1.79624	18.39	8.29	12.5911
Juni	Lett	11.3589	318	1.35908	15.99	8.64	11.3238
4 kan.	Tung	11.1887	354	1.54069	17.57	8.36	11.0310
Juli	Lett	14.5723	393	1.73090	21.69	9.60	14.6572
8 kan.	Tung	14.2216	389	2.14600	23.44	9.67	13.9571
Aug.	Lett	14.7381	405	1.90993	21.44	9.86	14.7541
8 kan.	Tung	14.2676	428	1.87651	21.78	9.83	14.0510
Sept.	Lett	12.3410	354	1.47720	16.69	8.83	12.2568
8 kan.	Tung	12.7758	457	1.48940	17.94	8.96	12.7121
Okt.	Lett	11.8011	148	1.49737	17.02	8.91	11.7964
8 kan.	Tung	11.6375	205	1.32616	16.61	8.61	11.6071

N er antall signifikante aksler. Verdiene viser gjennomsnitt av krefter estimert fra målte tøyninger. Pga. brekte braketter falt noen kanaler ut for månedene februar til juni. Det var opprinnelig 7 kanaler («kan.») idet den åttende (kanal 7) ble forsøkt brukt til akselteller. Fra og med juli er det 8 kanaler.

5.8.2 Konklusjoner

Kreftene fra togene på ledeskinnebrakettene varierer litt, antakelig med værforholdene. Detaljer vedrørende dette inngår i prosjektet.

Resultatene rapportert her baserer seg på 7 kanaler for januar, 5 kanaler for februar og mars, 4 kanaler for mai og juni og 8 kanaler for juli til oktober.

Det varierende antall kanaler skyldes brudd i to braketter. Disse ble byttet i juli.

Det er ikke funnet at de tunge togene påvirker brakettene mer enn de lette.

Forskjellen mellom kreftene fra de tunge og de lette togene er langt mindre enn standardavviket.

Det ble heller ikke funnet at noen enkelt-kanaler viste større kraft for de tunge togene.

En grundig analyse med fastlegging av signifikansnivå vil bli utarbeide i sluttrapporten i desember 2020.

5.9 OV9 – Vridning av sviller

5.9.1 Observasjoner

Det er ved Katterat og Straumsnes stasjon observert vridning av sviller.



Figur 38: Vridd sville

Vridningen er i området mellom utkjørsignalet og første påfølgende sporveksel. På begge sider av stasjonene er det også forekomster av dette fenomenet, der sviller er vridd inn mot stasjonsmidt. Det kan tyde på at det er store langsgående sporkrefter som har påført vridningen. Vridningen av sviller ble observert før oppstart av 32,5 tonns prosjektet. I testperioden kan en ikke se at det er økning i antall sviller som har vridning. Det ble gjennomført oppretting og svillebytte på Katterat stasjon i 2020.

5.9.2 Konklusjoner

En økning av aksellasten til 32,5 tonn i testperioden gir ikke en økt vridning av sviller. Det er mest sannsynlig store langsgående sporkrefter (skinnevandring) som påføres svillen og som medfører vridningen. Det bør derfor vurderes å sette i gang et prosjekt for å avdekke størrelsen på sporkreftene som oppstår i disse sporpartiene. På grunnlag av målingene kan det iverksettes tiltak for å forsterke svillene/skinnefestene i forhold til sporkreftene.

6 KONTROLLPROGRAM UNDERBYGNING

6.1 UB1 – Fyllinger

6.1.1 Fyllinger og støttemurer - generelt

Basert på resultater fra geoteknisk modellering (IUP-00-A-18770, Geoteknisk Notat [24]) av økt aksellast ble det forventet en meget begrenset effekt på stabiliteten. Det ble ikke anbefalt fysiske geotekniske forsterkningstiltak. Det ble derimot anbefalt at flere strekninger skulle overvåkes gjennom målinger og instrumentering av bevegelser. En kombinasjon av et system med punktmålinger med høy nøyaktighet ved behov og et system for å dekke større områder som kan ha lavere nøyaktighet tilrås. Det var viktig at målinger og instrumentering startet før prøvekjøring med økt aksellast begynte for å få vurdert eventuelle bevegelser for lastsituasjonen før prøvekjøringen.

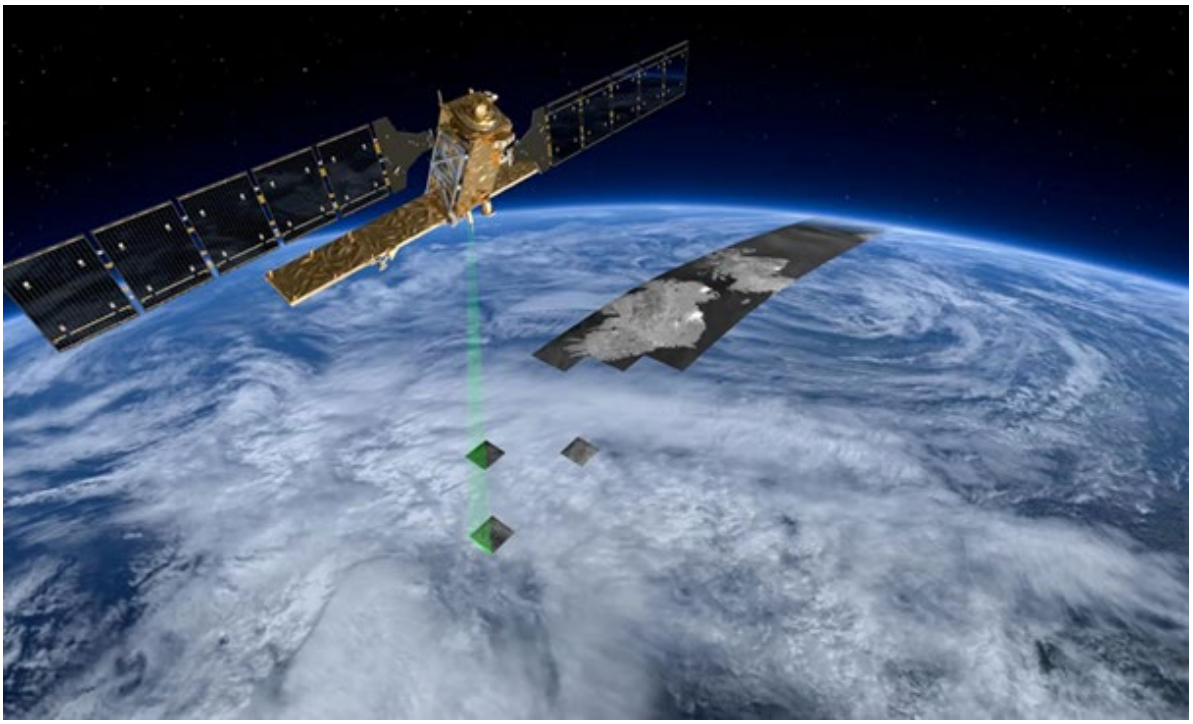
For å dekke overvåking av bevegelser for større områder ble det valgt å utføre målinger med radarsatellittmålinger, Insar.

Det ble også anbefalt kontroll og gjennomgang av alle tidligere installerte stag for å sikre at de har nødvendig oppspenning og funksjon.

Hvis overvåking og instrumentering avdekket uakseptable bevegelser eller skader ble det anbefalt å utføre fysiske tiltak. Disse skulle primært bestå av installasjon av stag.

6.1.2 Observasjoner

Kontinuerlige målinger med InSAR Satellitt overvåkning. Satellittmålingene gir god dekning og korte måleintervaller.



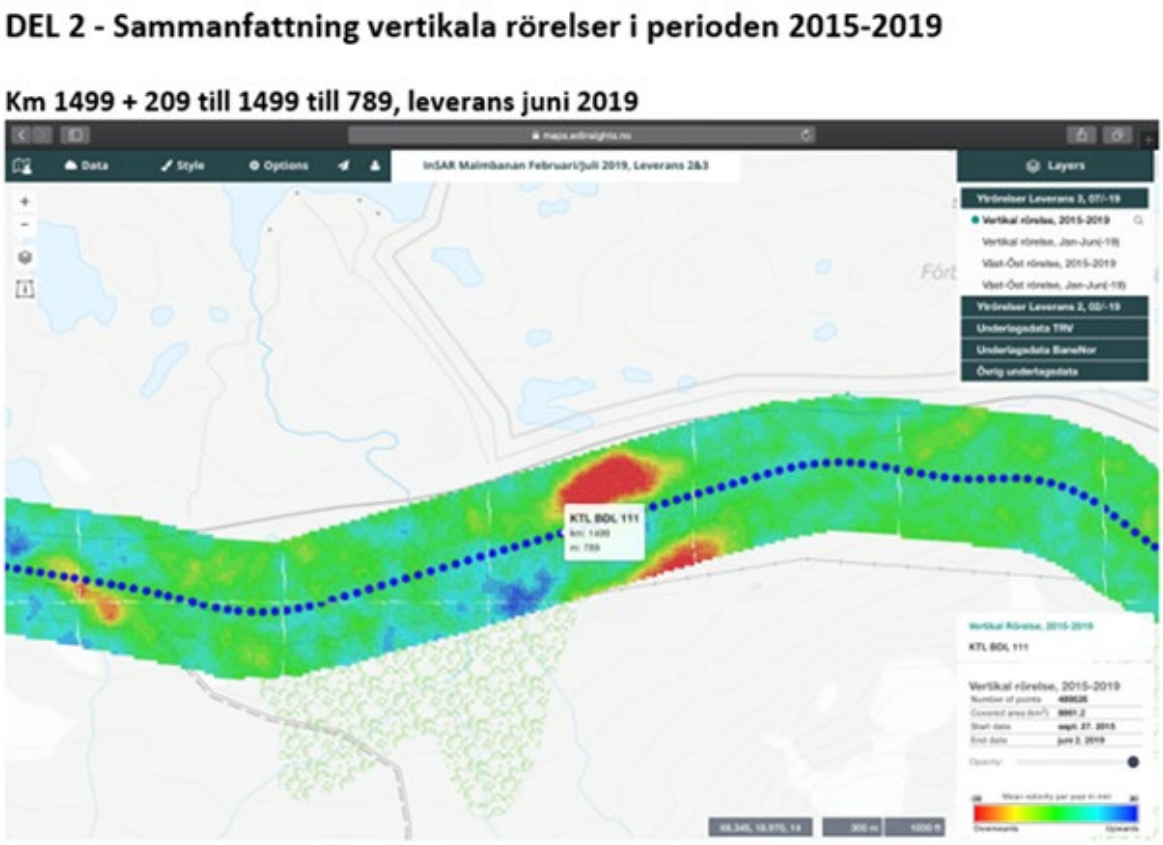
Figur 39: InSAR Satellitt overvåkning

Sweco, i samarbeid med Edinsight, har foretatt kontinuerlig måling med InSAR Satellitt overvåkning. InSAR analysen dekker tidsperioden 2015 til fullført prøveperiode. I tidsperioden mellom år 2015-2016 ble det gjort radarmålinger fra satellitt hver 12. dag. Fra 2017 ble målefrekvensen økt til hver 6. dag grunnet ny satellitt.

Måledataene presenteres som punkter som representerer et område på 15mx15m i terrenget.

For Ofotbanen viser data fra Insar små forskjeller i bevegelser før og etter oppstart av prøvekjøring. Der forskjeller vises kan disse forklares ved utført anleggs- og byggearbeid eller som naturlige årsvariasjoner som frost og tele.

Ved gjennomgang av data fra Insar for punkter nevnt i geoteknisk rapport viser disse ingen unormale setningsforløp.



Figur 40: InSAR Satellitt overvåkning

6.1.3 Konklusjoner

Kontinuerlige målinger med InSAR Satellitt overvåkning gir en god indikasjon på eventuelle bevegelser i terrenget i og ved sporet. Slike observasjoner vil kunne gi et forvarsel om ras, setninger, eller utvikling av andre uønskede endringer av terrenget i og ved sporet. InSAR Satellitt overvåkning bør derfor vurderes innført som en permanent overvåkning av Ofotbanen.

6.2 UB2 – Steinmurer

6.2.1 Fyllinger og støttemurer - generelt

Se punkt 5.1.1 Fyllinger og støttemurer generelt. Kontroll av steinmurer ivaretas gjennom generisk kontroll.

6.2.2 Observasjoner

Kontinuerlige målinger med InSAR Satellitt overvåkning.

6.2.3 Konklusjoner

6.3 UB3 – Søsterbekk bru 1 og 2

Søsterbekkbruene, Søsterbekk bru 1 og 2, ved henholdsvis km 35,579 og km 35,989 er to av flere bruer på Ofotbanen hvor det har blitt gjennomført målinger gjennom denne prøvekjøringsperioden. Figur 41 og Figur 42 viser oversiktsbilder av de aktuelle bruene. Henviser til «Prøvekjøring med 32,5 tonns aksellast, hovedrapport» [1] for mer informasjon om de aktuelle bruene på Ofotbanen.



Figur 41: Bru 1 over Norddalen km 35,579.

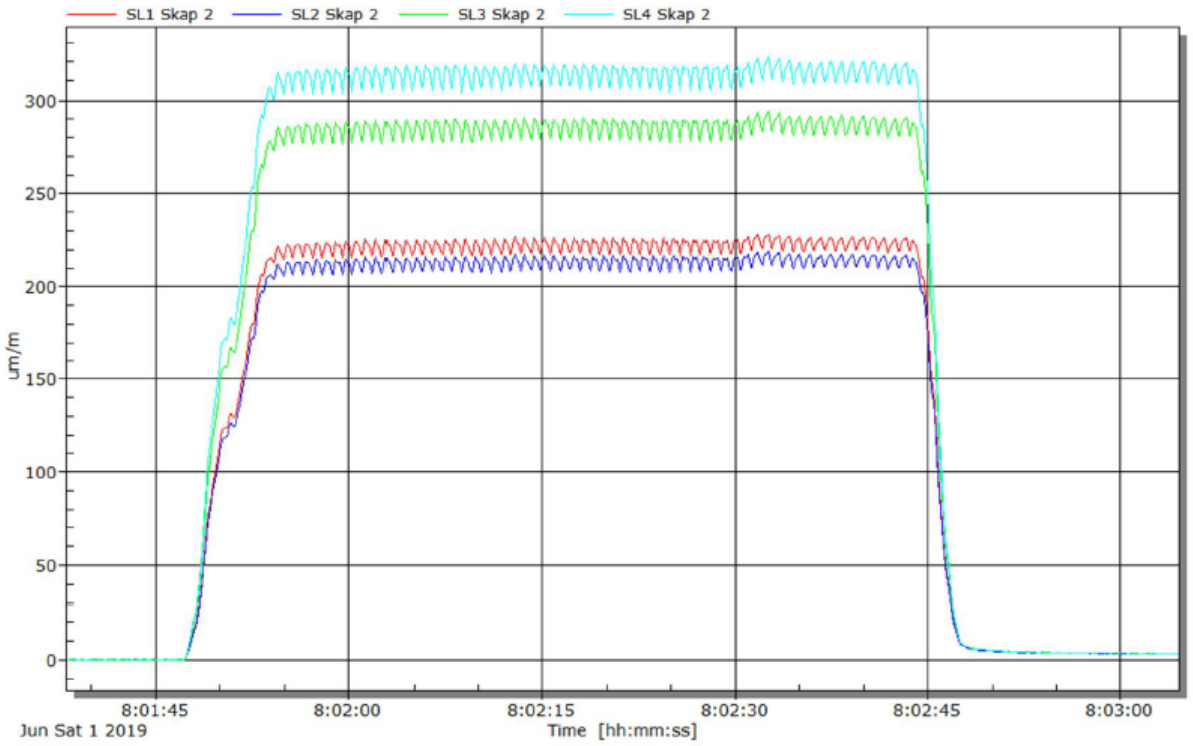


Figur 42: Bru 2 over Norddalen km 35,989. Den østligste av de to bruene på Søsterbekk, sett mot Narvik.

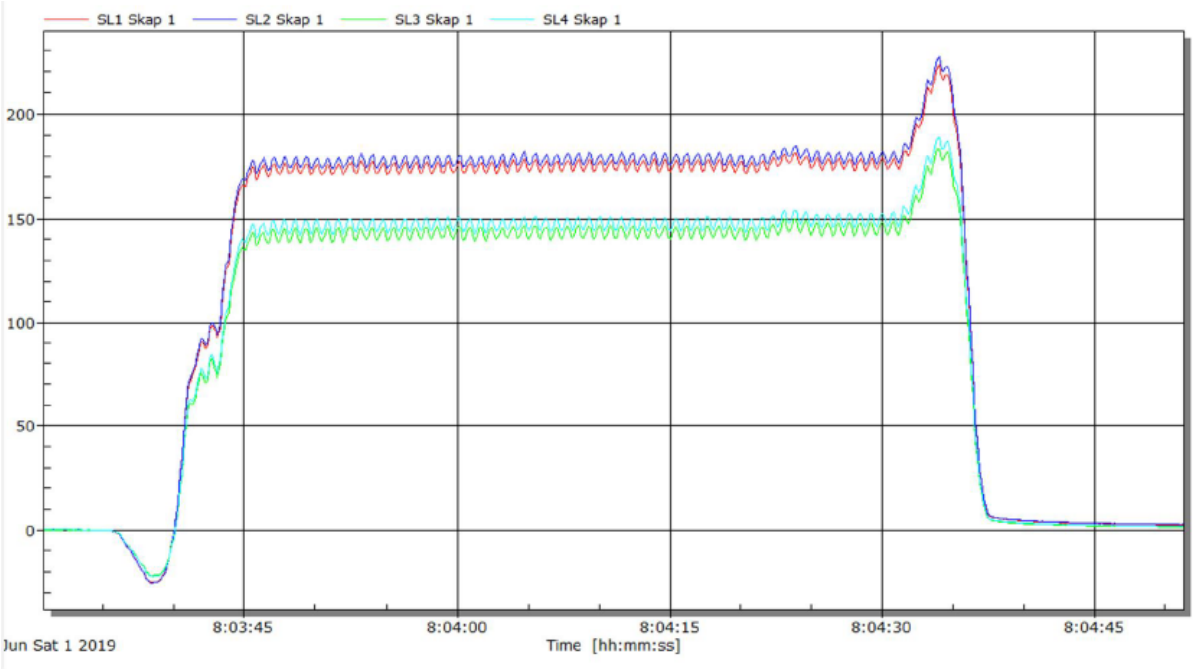
6.3.1 Observasjoner

Ved Søsterbekkbruene har de ulike parameterne tøyning, nedbøyning og vibrasjon blitt målt. Ansvarlig for rapportering er Rambøll på oppdrag fra Bane NOR. Brurapportene fra Rambøll har blitt vedlagt enkelte månedsrapporter og danner grunnlagsdokumentasjon for sluttrapporten. I denne rapporten presenteres kun et utvalg av resultatene, og det henvises derfor til Rambølls sluttrapport IUP-00-A-20547 [6] for ytterligere observasjoner og resultater.

Tøyningene ved Søsterbekkbruene ble målt gjennom en prøveperiode fra desember 2016 til november 2020, med enkelte opphold pga. strømbrudd, vedlikehold og lignende. For å kunne observere tøyningen på bruene ble det montert strekklapper på frilagt armering i underkant av bjelkene på bruene. Figur 43 og Figur 44 viser tøyningsmålinger for en enkelt togpassering for henholdsvis bru 1 og 2. Ved bru 1 øker tøyningene til det er full last på brua med malmvogner, og dette holder seg til toget har passert. Observasjonene ved bru 2 varierer litt fra bru 1. Ved bru 2 observerer man at malmtoget gir en liten reduksjon i tøyning i det toget ruller inn på brua for deretter å øke til full tøyning når hele brua er belastet.

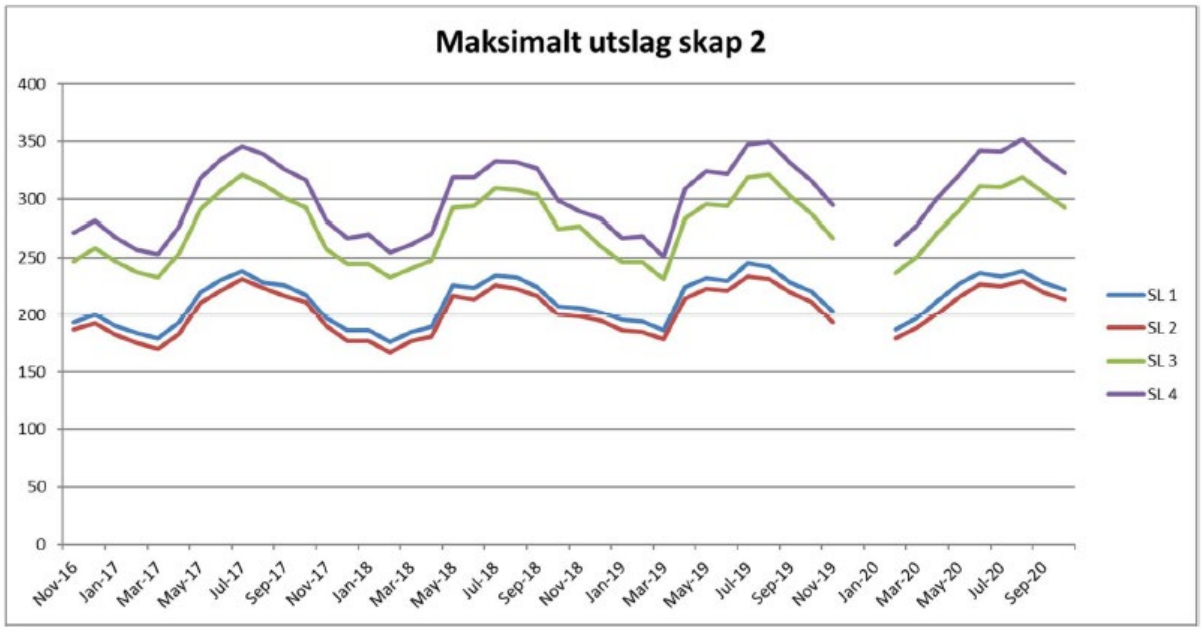


Figur 43: Fullastet malmtog på vei mot Narvik over bru 1.

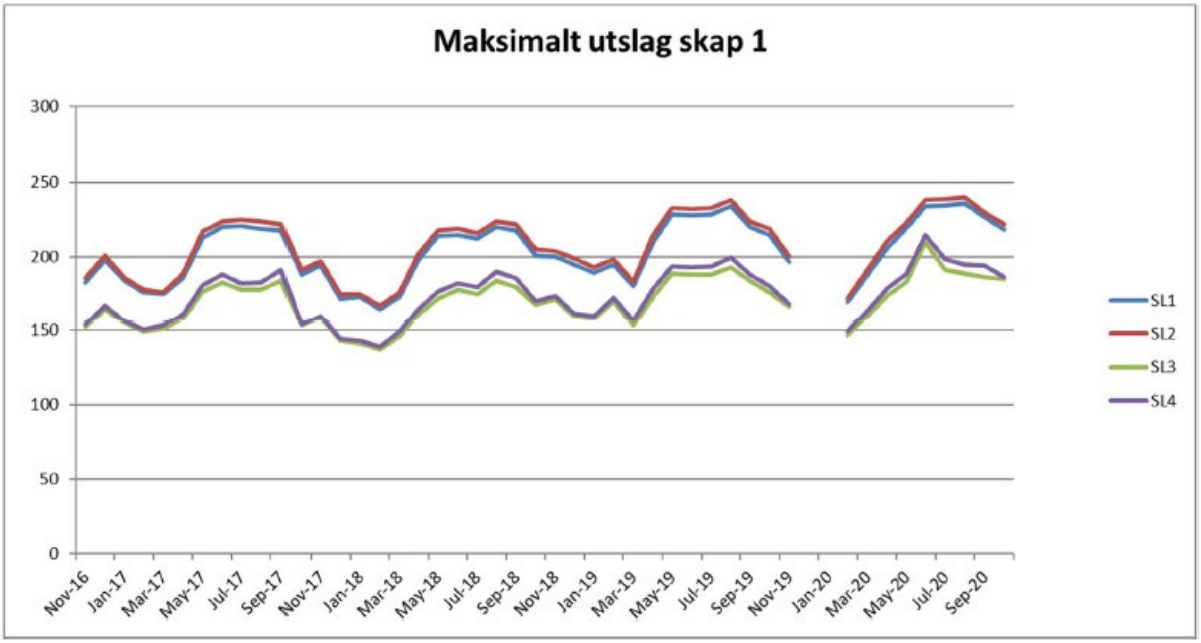


Figur 44: Fullastet malmtog på vei mot Narvik over bru 2.

Figur 45 og Figur 46 viser maksimalt tøyningsutslag for hver måned under prøveperioden. Det observeres sesongmessig variasjon i utslagene, hvor sommerperioden gir større utslag enn vinterperioden. August er den måneden hvor man har registrert de største utslagene. Tomrommet skyldes nedetid som følge av kalibrering og utskifting av systemet vinteren 2019/2020.



Figur 45: Maksimalt utslag hver måned for hele prøveperioden, bru 1.



Figur 46: Maksimalt utslag hver måned for hele prøveperioden, bru 2.

Videre har man sammenlignet tøyningsresultatene for tog merket med 32,5 tonn aksellast mot tog som ikke er merket med 32,5 tonn aksellast. Her har man sammenlignet togpasseringene på samme dag for at forholdene og forutsetningene skal være mest mulig like. Resultatene viser at togpasseringene merket med 32,5 tonn aksellast i snitt gir 2,1% høyere utslag på målingene. Det gjøres oppmerksom på at denne sammenligningen er basert på testtogene som var *merket* med 32,5 tonn aksellast, og at det vil være avgjørende for resultatene å sjekke hvilken aksellast de aktuelle testtogene faktisk hadde.

I påfølgende Tabell 5-A vises sammenheng mellom målte toglaster og gjennomsnittlig tøyningsutslag. Ved å sammenligne hver enkelt last for et passerende testtog med tøyningene er det tydelig at tøyningene speiler aksellasten. Det kommer spesielt godt frem for malmtogene med tomme vogner.

Tabell 5-A: Sammenligning mellom toglaster og tøyning i armering. Testtog juni-september 2019

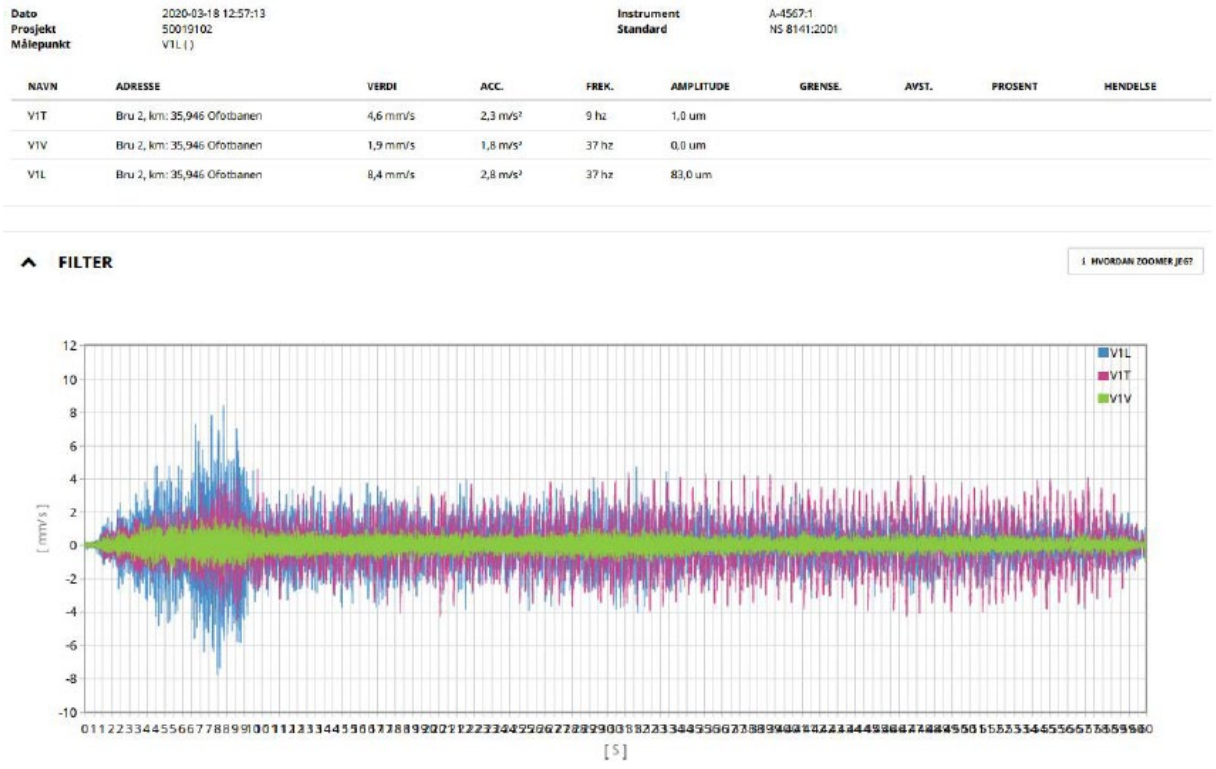
						Snitt utslag	
		Tonn sum	Tonn snitt	Tonn max		Bru 1 um/m	Bru 2 um/m
	1/6/2019 07:55	8638	30	32		266	205
	25/6/2019 14:58	8627	30	32		267	210
	28/7/2019 10:58	8756	31	34		286	201
	31/7/2019 18:52	8679	31	34		285	208
	5/8/2019 19:11	8771	31	32		282	211
	15/8/2019 20:02	8738	31	32		285	215
	17/8/2019 11:02	8444	31	32		280	208
	29/9/2019 16:27	8163	30	32		269	202
Før	1/6/2019 07:03	1899	7	31		148	127
	25/6/2019 14:48	973	7	23		69	68
	28/7/2019 10:20	1477	14	22		97	73
	31/7/2019 18:12	8027	28	30		257	188
	2/8/2019 11:35	296	15	21		58	65
	5/8/2019 18:25	1009	7	22		76	75
	17/8/2019 09:36	7982	28	30		259	192
	29/9/2019 15:58	1903	7	31		147	121
Etter	1/6/2019 09:58	8154	29	30		242	188
	25/6/2019 15:21	1902	7	31		146	125
	28/7/2019 11:13	7963	28	30		254	176
	31/7/2019 19:57	8181	29	32		265	196
	5/8/2019 19:25	296	15	20		58	65
	15/8/2019 21:29	940	14	22		61	67
	17/8/2019 11:43	4347	29	32		261	208
	29/9/2019 17:56	1904	7	31		148	121

I tillegg til tøyning har også vibrasjonene ved togpassering på Søsterbekkbruene blitt målt. Vibrasjonene ble målt gjennom samme prøveperiode som tøyningsmålingene fra desember 2016 til november 2020. For å kunne observere vibrasjonene ble det etablert vibrasjonsmålere på samme sted som tøyningsmålerne for å kontrollere svingebevegelsene. Verdiene måles i tre akser. V er vertikale, T er transversale og L er langsgående. Resultatene viser at sideveis belastning er årsaken til de største svingehastighetene på bru 2, noe som er naturlig da denne ligger i en svak kurve.

Figur 47 og Figur 48 viser typiske målinger av vibrasjon for henholdsvis bru 1 og 2. Observasjoner viser at vibrasjonene er størst i det lokomotivene til malmtogene ruller innover bruene og deretter tilnærmet konstante, men med lavere frekvens, til siste malmvogn har passert. Måleresultatene viser ikke svært høyfrekvente bølger og svingehastighetene er i gjennomsnitt veldig lave.



Figur 47: Vibrasjonsmålinger for fullastet malmtog på vei mot Narvik. Bru 1.



Figur 48: Vibrasjonsmålinger for fullastet malmtog på vei mot Narvik. Bru 2.

De høyeste verdiene for tøyning og vibrasjon er også sett i sammenheng med de tyngste togene. Observasjonene viser at de tyngste togene ikke gir de høyeste utslagene på tøyning og vibrasjon. De høyeste verdiene for tøyning samsvarer heller ikke med de høyeste verdiene

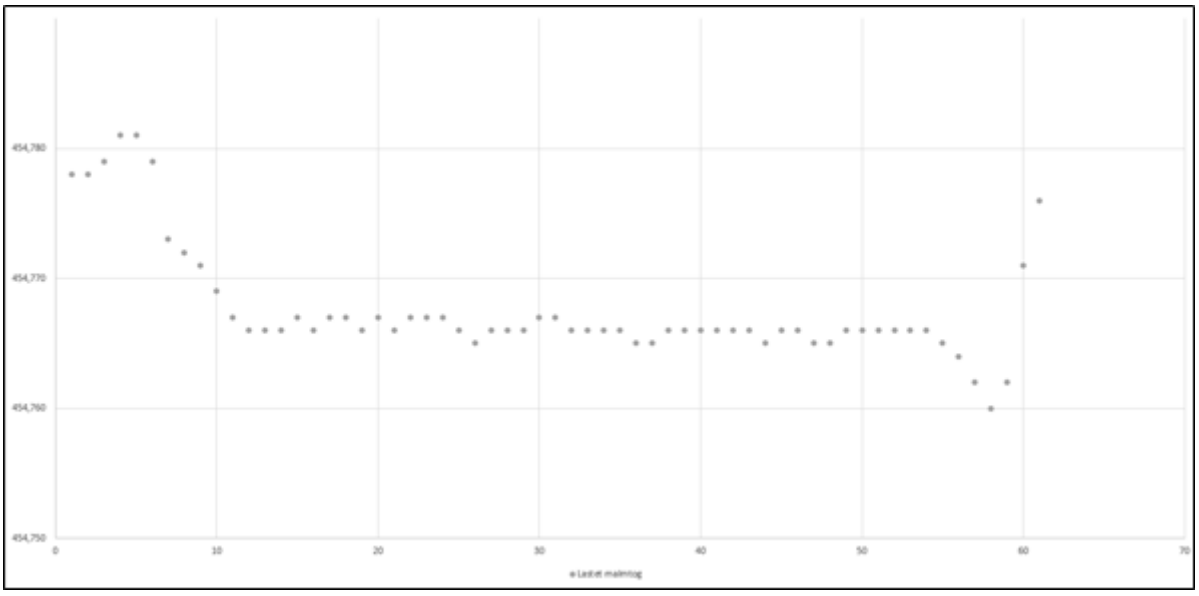
for vibrasjoner. Ifølge Rambøll kan dette skyldes ujevnheter i hjul og forskjellig hastighet på togene, kombinert med måleusikkerhet.

Det er utført klassifisering av Søsterbekkbruene, der reell nedbøyning har blitt sammenlignet med teoretisk nedbøyning. Den reelle nedbøyningen ble målt med totalstasjon og fastmonterte prismer på bruene. Tabell 5-B viser resultatene av den teoretiske nedbøyningen sammenlignet med den reelle nedbøyningen for begge bruene. Her ser man tydelig at det er godt samsvar mellom de teoretiske beregningene og den reelle nedbøyningen. Henviser til beregningsdokumentet for bruene for detaljer rundt de teoretiske beregningene.

Tabell 5-B: Klassifisering av bruene mot målte nedbøyninger.

Bru	Teoretisk nedbøyning for 30 tonns aksler før lastøkning	Teoretisk nedbøyning for 32,5 tonns aksler etter lastøkning	Målt reell nedbøyning for fullt lastet malmtog
Søsterbekk bru 1	20,4 mm	22 mm	20 mm
Søsterbekk bru 2	18 mm	19,5 mm	18 mm

I forbindelse med måling av nedbøyning på Bru 2 er det også gjennomført en fortløpende måling ved passering av et lastet malmtog. I følgende diagram vises nedbøyningen i vertikalaksen og tiden i horisontalaksen. Det er 1 sekund mellom hver måling. Bru 2 har to felt hvorav punkt S7 er i feltet nærmest Narvik, derfor kommer setningspunktet opp i start. Målt reell nedbøyning vil derfor bare opptre en svært kort stund, mens den vedvarende nedbøyningen ved togets passering ligger på 11-12 millimeter.



Figur 49:

6.3.2 Konklusjoner

Resultatene og observasjonene av Søsterbekkbruene viser ingen negativ utvikling i prøveperioden for de målte parameterne tøyning, vibrasjon og nedbøyning. Kravet til testtogene var at det skulle kjøres minimum 100 tog med makslaster opp mot 32,5. Ved

nærmere gjennomgang av totallastene var det få testtog som hadde aksler opp mot 32,5 tonn, og de fleste mellom 30 og 31 tonn. Som følge av dette vil det være vanskelig å påstå at man uproblematisk kan godkjenne kjøring med aksler på inntil 32,5 tonn.

6.4 UB4 – Steinhvelvbruer

Det er totalt fire steinhvelbruer på Ofotbanen. Dette er brua over Mølle elv ved km 4,288, to bruer ved Djupvik stasjon ved km 7,608 og km 8,266, samt ei bru ved km 33,821. Alle bruene er oppført i 1902. Observasjonene for Grunstadbru vil også bli inkludert her, selv om det er en betongbru. For mer informasjon om de enkelte bruene henvises det til «Prøvekjøring med 32,5 tonns aksellast, hovedrapport» [1].

6.4.1 Observasjoner

Ved steinhvelvbruene har det blitt gjennomført 3D skanning og inspeksjon av bruene. Hovedinspeksjon ble gjennomført i juni 2017 av Rambøll på oppdrag for Bane NOR. Ved Grunstadbrua har det blitt gjennomført geometriske kontroller for å avdekke eventuelle deformasjoner i konstruksjonen. Rambøll var ansvarlig for arbeidet på alle bruene under prøveperioden, og det henvises til Rambølls sluttrapport IUP-00-A-20547 [6] for ytterlige resultater og observasjoner.

Ut fra inspeksjoner og sammenligning av fotodokumentasjon har man kunnet observere hvorvidt bruene har blitt utsatt for deformasjon gjennom denne prøveperioden. Ved mistanke om utvikling av nye riss har man kunnet benyttet prosessering av laser-scan for å kunne beregne eventuelle endringer på rissene. Observasjoner av bruene viser dog at det ikke er noen tegn til deformasjon. Dette er gjennomgående for alle bruene og man har derfor valgt å ikke gjennomføre prosessering av laser-scan, da dette ikke ansees som nødvendig. Figur 50 viser en scannet versjon av brua over Mølle elv.



Figur 50: Scannet versjon av bru over Mølle elv.

Utførte målinger ved Grunstadbru viser heller ingen deformasjon utover oppgitt standardfeil og ingen tendens til deformasjon. Brua har blitt 3D-scannet en gang for kontroll ved framtidig mistanke om riss eller deformasjoner. Figur 51 viser pågående scanning ved brua.



Figur 51: Scanning ved Grunstadbrua

6.4.2 Konklusjoner

Som for ved Søsterbekkbruene har det heller ikke her vært tegn til at steinhvelvbruene har hatt en negativ effekt av testtogene. Inspeksjoner og 3D-scan viser ingen tegn til deformasjon. Konklusjonen er dog den samme som for Søsterbekkbruene. Med grunnlag i toglastene og at man ikke har hatt nok tog med aksler opp mot 32,5 tonn, vil det være vanskelig å kunne godkjenne kjøring med aksler inntil 32,5 tonn.

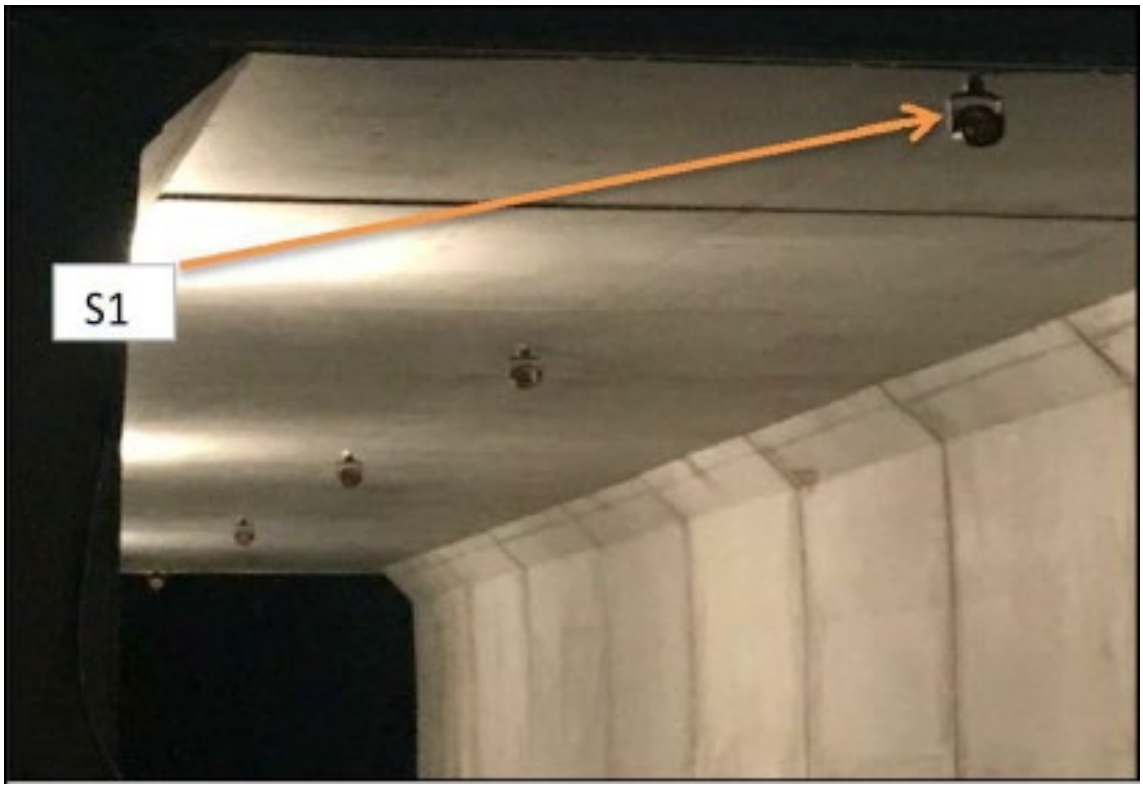
6.5 UB5 – Kulverter

Totalt tre kulverter/underganger har vært med i dette prosjektet. Dette er undergang Rombak ved km 21,182, undergang Solheim ved km 38,669 og undergang Bjørnfjell ved km 40,420. For mer informasjon om de enkelte kulvertene/undergangene henvises det til «Prøvekjøring med 32,5 tonns aksellast, hovedrapport» [1].

6.5.1 Observasjoner

Det har blitt gjennomført inspeksjon og 3D skanning av de aktuelle kulvertene. Hovedinspeksjon ble gjennomført i juni 2017 av Rambøll. Ansvarlig for rapportering av arbeidet er Rambøll på oppdrag fra Bane NOR, og det henvises derfor til Rambølls sluttrapport IUP-00-A-20547 [6] for ytterlige resultater og observasjoner.

Måleprogrammet for kulvertene innebærer et gitt antall fastmerker, samt et gitt antall setningsbolter. Observasjonene viser ingen deformasjon utover oppgitt standardfeil og heller ingen tendens til deformasjon for de to betongkulvertene (Rombak og Bjørnfjell). Ved undergang Solheim har det blitt etablert 10 setningsbolter navngitt fra S1-S10, hvor disse er plassert i tørrsteinsmuren som omkranser stålrøret og i betongvangen. Utførte målinger av denne undergangen viser ingen tegn til deformasjon utover oppgitt standardfeil med unntak av i punkt S10. I Figur 53 ser man at dette punktet er på enden av betongvangen.



Figur 52: Måling av kulverten på Bjørnfjell



Figur 53: Kulverten i Solheimsfyllinga km 38,67033 med henvisning til punkt S10.

6.5.2 Konklusjoner

Som nevnt viser betongkulvertene på Rombak og Bjørnfjell ingen tendens til deformasjon som følge av testtogene. Det samme gjelder for undergang Solheim med unntak av et punkt (S10). Området rundt S10 bør derfor gis oppmerksomhet i fremtiden. Konklusjonen er den samme som for de foregående bruene. Det vil være vanskelig å påstå at man uproblematisk kan godkjenne kjøring med aksler på inntil 32,5 tonn fordi man ikke har hatt tilstrekkelig aksellast på alle testtog.

6.6 UB6 – Stikkrenner

6.6.1 Drenering og stikkrenner

6.6.1.1 Tilstand

Det ble utført en tilstandskartlegging av stikkrenner i forbindelse med 30 tonns prosjektet. I henhold til rapport ble stikkrenner med for liten overdekning utbedret, og øvrige mangler ble ivaretatt gjennom Forvaltning Ofotbanen sin vedlikeholdsplan. Det er ikke utført registrering av tilstand for drenering og stikkrenner i dette prosjektet. Det er meget viktig at stikkrenner og dreneringssystem vedlikeholdes for å unngå oppdemning og oppbygging av poretrykk i jernbanefyllingen.

6.6.1.2 Bæreevne

I de vurderinger av stikkrenners stabilitet og bæreevne som ble utført i 40 tonns prosjektet er det sett på både tradisjonelle rektangulære steinsatte stikkrenner og nyere sirkulære betongstikkrenner for lastsituasjon 30 tonn respektive 40 tonn. Rapporten konkluderer med at det ikke er sannsynlig at lastsituasjon 30 tonn eller 40 tonn truer stabilitet eller bæreevne for stikkrenner som ellers er i god stand. Det kan dog påregnes økning av deformasjoner som følge av last økning, men disse vurderes å være av akseptabel størrelse.

6.6.1.3 Kapasitet

Stikkrenners kapasitet ble beregnet av studenter i løpet av sommer og høst 2016. Kapasitetsberegninger ble utført basert på informasjon fra Banedata, det ble ikke utført egne befaringer eller målinger. Beregningene er utført iht. krav om 200 års returperiode med 20% klimafaktor. Beregninger viser at 22 av 244 stikkrenner har underkapasitet på mer enn 300%. Basert på dette resultatet stilles det spørsmål til hvorvidt Banedata er oppdatert med riktig informasjon.

6.6.1.4 Anbefalte tiltak

For banens stabilitet er det meget viktig at dreneringssystem og stikkrenner vedlikeholdes. Mangler og avvik i dreneringens og stikkrenners tilstand er ikke vurdert i dette prosjekt da det er en oppgave som inngår i Ofotbanen sin plan for generisk vedlikehold. Det anbefales at det legges stor vekt på dette gjennom oppfølgning av utført skredfarekartlegging og rutiner for generisk vedlikehold fra banesjefens organisasjon.

Eventuelle tiltak for kapasitetsøkning er ikke vurdert i dette prosjekt selv om kapasitetsberegninger viste betydelig underkapasitet i mange tilfeller. Det anbefales at Ofotbanen i banesjefens organisasjon iverksetter tiltak for kapasitetsøkning basert på en vurdering av riktighet av informasjonen i Banedata.

I forbindelse med kontrollprogrammet for prøvekjøring 32,5 tonn ble det anbefalt å installere utstyr for overvåking/måling av deformasjoner ved togpassasjer for én utvalgt stikkrenne. Det ble valgt ut stikkrenne ved km 11,915 av murt stein med dimensjon 800x900 mm med 1 m overdekning.

6.6.2 Observasjoner

Det anbefalte måleprogrammet for stikkrenner med inspeksjoner + eventuell strekktape eller fiberoptisk måling, har ikke blitt gjennomført. Dette betyr at stikkrennene ikke har blitt kontrollert med hensyn på økt aksellast 32,5 tonn i prøveperioden. Erfaringene fra Ofotbanen er at flere av de 120 år gamle stein-kistene begynner å nå sin maksimale levealder. Dette gir seg utslag i topp-heller som knekker og vegger som trykkes inn, samt forskyvninger av heller/blokker med enkelte lekkasjepunkt. Det vurderes som lite sannsynlig at man ville ha fått noe indikasjon om slike forhold ved å montere strekktape eller fiberoptisk måling i stikkrennene med så få tog under en så kort prøveperiode. På svensk side ble det foretatt fiberoptisk måling i en stikkrenne og det var knapt synlige utslag ved passering av 32,5 tonns tog sammenlignet med 30 tonns tog. Ut fra en samlet vurdering bør det heller settes inn tiltak for å motvirke kollaps av stikkrenner, for eksempel ved bruk av lining. Det kan forventes at Insar vil gi indikasjon ved deformasjoner over stikkrenner.

Det er så langt ikke gjort noen indikasjoner/funn fra Insar.

6.6.3 Konklusjoner

For banens stabilitet er det meget viktig at dreneringssystem og stikkrenner vedlikeholdes. Mangler og avvik i dreneringens og stikkrenners tilstand er ikke vurdert i dette prosjekt da det er en oppgave som inngår i Ofotbanen sin plan for generisk vedlikehold. Det anbefales at det legges stor vekt på dette gjennom oppfølgning av utført skredfarekartlegging og rutiner for generisk vedlikehold fra banesjefens organisasjon.

Eventuelle tiltak for kapasitetsøkning er ikke vurdert i dette prosjekt selv om kapasitetsberegninger viste betydelig underkapasitet i mange tilfeller. Det anbefales at Ofotbanen i banesjefens organisasjon iverksetter tiltak for kapasitetsøkning basert på en vurdering av riktighet av informasjonen i Banedata.

Flere av de 120 år gamle stein-kistene begynner å nå sin maksimale levealder. Dette gir seg utslag i topp-heller som knekker og vegger som trykkes inn, samt forskyvninger av heller/blokker med enkelte lekkasjepunkt. Ut fra en samlet vurdering bør det settes inn tiltak for å motvirke kollaps av stikkrenner, for eksempel ved bruk av lining.

6.7 UB7 – Fyllinger og murer (stagforankring)



Figur 54: Montering av stagforankring på støttemur 1999-2000

Montering av stagforankring på støttemur 1999-2000. Stag type Ischebeck Titan 40/16 med bruddlast 660 kN.

6.7.1 Observasjoner

Det er så langt ikke gjort noen indikasjoner/funn fra Insar.

6.7.2 Konklusjoner

Bane NOR har utarbeidet et notat 05.05.2020, vedrørende eksisterende forankringsstag (jordnagler) som ble montert i forbindelse med oppgradering til 30 tonns aksellast.

Anbefaling:

Det anbefales at samtlige stag satt i fyllinger kontrolleres og strammes opp til prosjektert spennkraft på 60kN. Hvilke stag som etterstrammes eller kontrolleres registreres sammen med beskrivelse av metode for oppstramming/kontroll.

Setningsmåling basert på Insar satellittmålinger brukes i 32,5t prosjektet for overvåkning av setninger for hele Ofotbanen. Det anbefales å ta Insar i bruk på permanent basis for setningsovervåkning og bruke dette til å følge utvikling der stag er montert. Det anbefales også at stag kontrolleres/oppspennes hvert 3. år eller hvis Insar-målinger indikerer utvikling. Stag bør registreres i banedata med 3.årlig repeterende arbeidsordre for kontroll/ oppspenning samt

for registrering av historikk. Det er vesentlig å kjenne til historikk for stag som trenger hyppige korreksjoner.

Stag i støttemurer vil naturlig kontrolleres sammen med generisk kontroll støttemurer. Sammen med Insar ansees dette tilstrekkelig for kontroll av stabilitet for støttemurer.

6.8 UB8 – Grunnforhold ved Grunstad bru

6.8.1 Observasjoner

Det er gjort flere beregninger mht. bruene. Beregningene viser at betongbruene ikke vil nå sine bruddkapasiteter med kjøring med 32,5 tonns aksellast (ref.) Grunstad bro får redusert levetid på grunn av at lastvekslingen kommer over utmattingsgrensen ved kjøring med aksellast på 32,5 tonn. Konsekvensen er at brua må skiftes ut noe tidligere enn ellers. Beregningene viser dessuten at steinhvelvbruene er lite påkjent. De vil tåle 32.5 tonns aksellast.

Iht. RAMS-vurderingen ble det konkludert med at økt aksellast vil medføre redusert levetid for Grunstad bru. Forholdet er ansett som håndterbart og kun et RAM-forhold da det vil bli montert instrumenter for måling og kontroll.

Setningspunkter.



Figur 55: Bilde fra kontrollmåling ved Grunstad bru

6.8.2 Konklusjoner

Grunstad bro får redusert levetid på grunn av at lastvekslingen kommer over utmattingsgrensen ved kjøring med aksellast på 32,5 tonn. Konsekvensen er at brua må skiftes ut noe tidligere enn ellers.

7 KONTROLLPROGRAM SIGNAL OG TELE

7.1 Si1 – ATC Bremseprøve

7.1.1 Observasjoner

Rapport etter ATC bremseprøve 1. desember 2016 [3] skulle avklare om togfremførings-sikkerhet var tilstrekkelig ivaretatt ved de aktuelle forsignalerings- og bremseavstander for prøvetog på Ofotbanen. Her ble det anbefalt særskilt vurdering enkelte steder som kom ut med svært kort stoppmargin.

Ved gjennomgang av tematikken ble behov for flere tester bekreftet og da med spesielt fokus på «frislipphastighet». Begrepet brukes når tog under ATC innbremsing inn mot signal i stopp kommer ned til 40 km/t. Da løses toget fra bremsekurven og lokfører kan selv justere inn resterende bremsing. Dette kan i «worst case» føre til at tog passerer utkjør som viser signal stopp. Relevant bremsestrekning er da frem mot neste motrettede signal som da er innkjør hovedsignal.

Det visste seg i sammenstillingsdokument 201720128-34 [5] hvor resultater av bremsetesting ble drøftet og konsolidert med Teknologi og regelverk, Digitalisering og Teknologi at beregningene var riktig. På bakgrunn av funn i prosessen ble tre tiltak iverksatt.

Midlertidig hastighet Straumsnes stasjon for å redusere risiko for sammenstøt tog – tog inntil minimumsavstand kunne etableres.

Permanent utflytting av innkjør A og forsignal A Straumsnes for å skap tilstrekkelig bremseavstand.

Permanent utflytting av forsignal B og hovedsignal B Narvik stasjon, noe som ble løst ifm pågående prosjekt for stasjonen.

Evaluering av situasjon og bekreftende tilbakemelding fra retningsgivende instanser som vist til i Sammenstillingsdokument 201720128-34 [5]

7.1.2 Konklusjoner

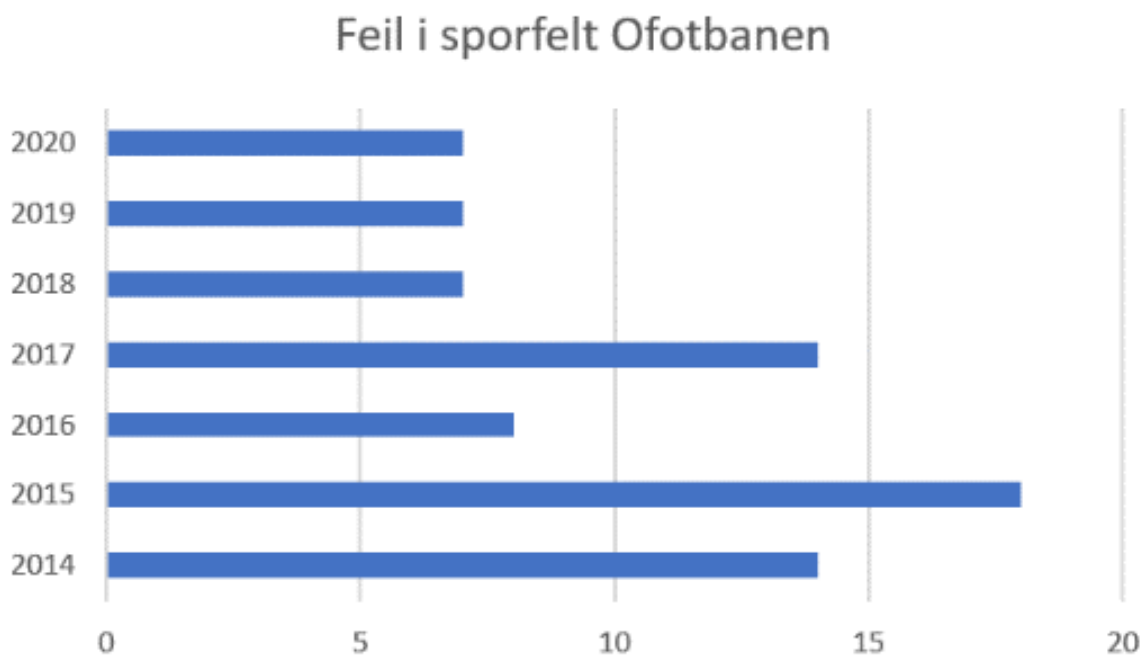
Etter gjennomgang av ATC bremseprøver og korrigering av svake punkt har Ofotbanen mulighet til å fremføre tog med de forsignaleringer som foreligger. Det må presiseres korte avstander er utfordrende for fører da ATC vil automatisk hoppe over de forberedende varslingssteg og gå tilnærmet rett i driftsbrems. Avstandene er for korte for å gi systemet mulighet til å agere som designet for lokfører, men toget vil rekke å stanse foran målpunktet. De ulemper som dette medfører kan sees i sammenheng med utrulling av ERTMS på strekningen som vil ivareta tilstrekkelig varselavstand utenom dagens forvarslingspunkt.

7.2 Si2 – Sjekk av sporfelt

7.2.1 Observasjoner

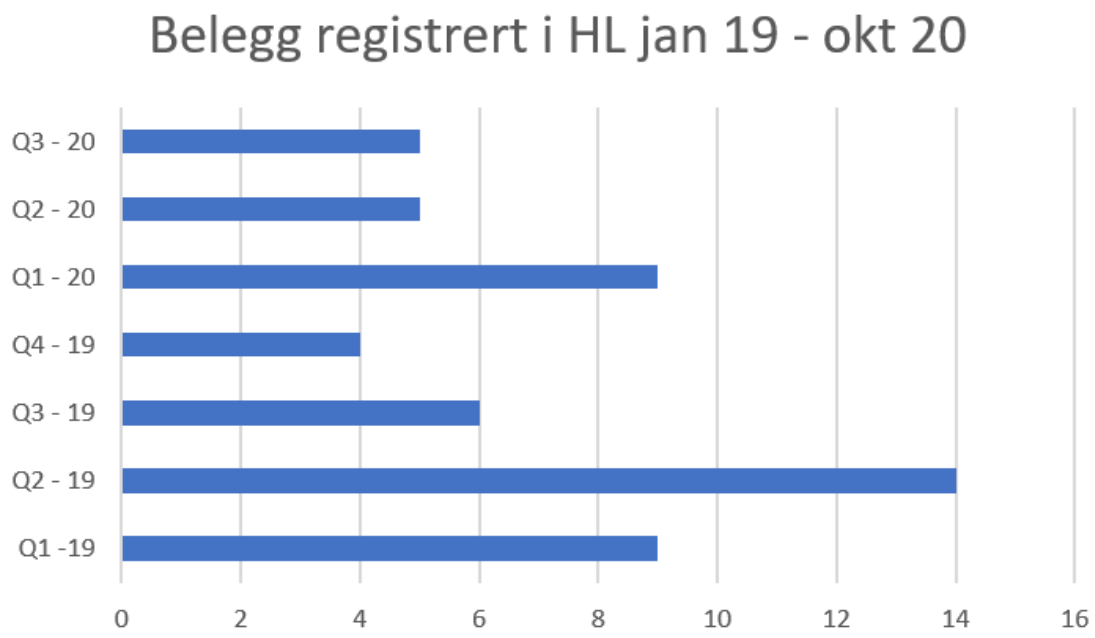
Opprinnelig skulle sporfeltfeil registreres via Dupline digital overvåkning viste seg vanskelig på Ofotbanen med til relativt stor induksjon i kobberkabler. Nyere teknologi med digital avlesning og fiberoverføring er ikke utbygd over hele banen og gir i denne omgang ikke en god oversikt for sporfelt utfordringene.

Menneskelig registrering skjer i BaneData. Sporfeltfeil registreres som akutt korrektivt vedlikehold. Figuren under viser frekvens av sporfeltfeil fra 2014 frem til medio november 2020 hvor vedlikeholdspersonale har rykket ut for å rette feil.



Figur 56: Antall feil i sporfelt Ofotbanen

Bane NOR benytter fra måleprogrammets start også hendelseslogg i BaneData. Her registreres også feil som forsvant uten feilretting. Tallene i figur under viser både forbigående feil og korrigert ved uttrykning.

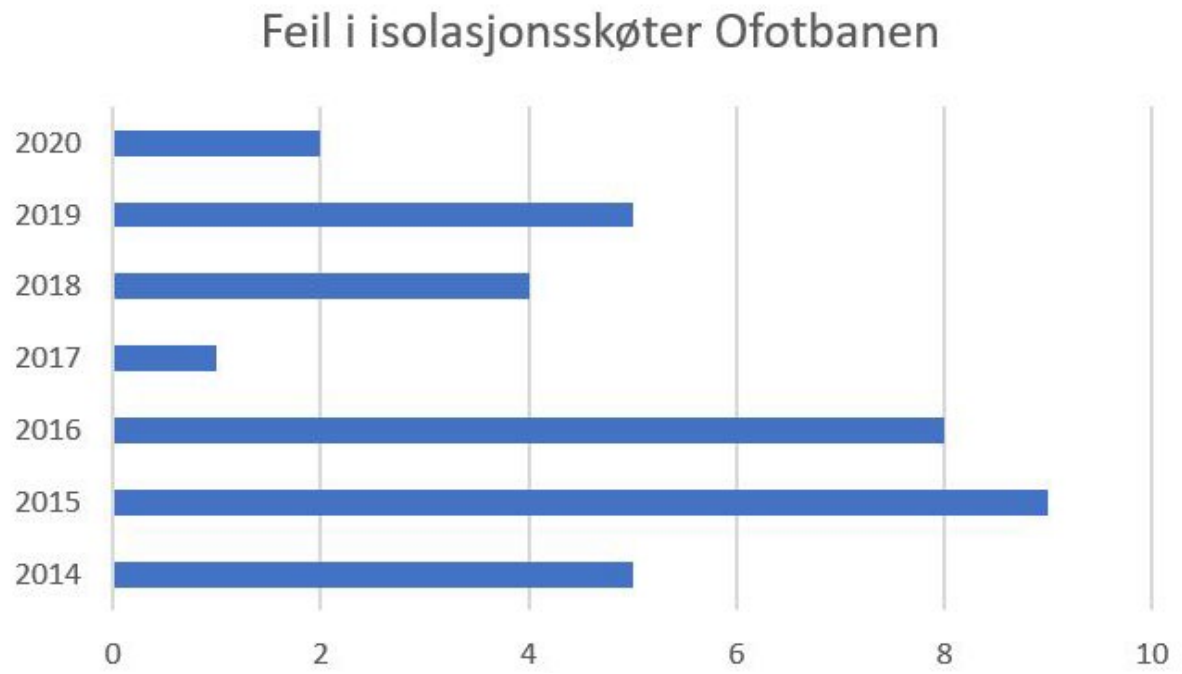


Figur 57: Antall belegg registrert i HL jan 19 – okt 20

Sporfeltfeil kan ha flere årsaker. Skinnebrudd, defekte isolasjonsskjøter, forurenset ballast, defekt isolasjon i sville og befestningskonstruksjon, nærhet og kontakt med ledende konstruksjoner. Likevel kan det være en nyttig pekepinn og se feilrate i sammenheng med feilstatestikk utelukkende for isolasjonsskjøter. Isolerte skinneskjøter er en kritisk komponent for god oppetid. Defekt komponent kan fortsatt ha mekanisk restlevetid mens den elektriske

isolasjonsevnen er redusert til under isolasjonskrav for sporfelt. Det jobbes målbevisst med å ta unna defekte isolasjonsskjøter fortløpende.

Utviklingen samlet for sporfeltfeil og feil i isolasjonsskjøter viser nedgang senere år.



Figur 58: Antall feil i isolasjonsskjøter Ofotbanen

7.2.2 Konklusjoner

Prøvekjøringsperioden har ikke medført nye utfordringer for sporfelter på Ofotbanen.

7.3 Te – Induksjon i langlinjekabel

7.3.1 Observasjoner

Fiberteknologi har i stor grad tatt over for langlinjekabler langs Ofotbanen. Det er kun en tjeneste igjen i kabelen anno 2020, blokkindikering. Det har ikke vært meldt avvik på blokkindikeringene som følge av prøvekjøringen.

7.3.2 Konklusjoner

Kommunikasjon på langlinjekabel må antas å være i slutten av teknologisk alder. Med dagens kommunikasjonsløsninger basert på fiber vil nye tjenester legges til fibertransmisjon.

7.4 Te – GSM-R kommunikasjon i lange tunneler

7.4.1 Observasjoner

Kommunikasjon til lokomotiv i tunnel var ansett som mulig utfordring i forkant av prøveperioden. Større fyllingsgrad på mange vogner vil minske GSM-R signaler fra basestasjon i ene enden av tunnelen og frem til lokomotiv, som har hele vognsettet mellom seg og basestasjon i andre enden av tunnelen. Med antenne i en ende og 68 fulle vogner var det behov for å avklare om større oppfyllingsgrad ble et problem. Anno 2020 er det nå 2 innstrålingspunkter- og/eller strålekabel for de lengste tunnelene noe som eliminerer dette problemet:

Tabell 6-A: Tunnel lengder Ofotbanen

Beskrivelse		Km fra	Km til	Lengde (m)
Tunnel	Strekning			
Brennhågen tunnel	Dypvik	8.178	9.01	831
Middagselvtunnel	Rom - Kat	26.834	27.361	527
Hundalstunnelen	Katterat	29.243	30.170	927
Katterattunnel	Kat - Bjf	31.153	31.684	531
Nordalstunnel	Kat – Bjf	34.485	35.145	660

7.4.2 Konklusjoner

Problemstillingen i lange tunneler løst med flere innstrålingspunkt og strålekabel.

8 KONTROLLPROGRAM STRØMFORSYNING

8.1 Ingen tiltak

I utredningsfasen ble det utført en enkel simulering basert på ruteplan og infrastruktur som beskrevet i dokument EB.100991-000 «Simuleringsrapport – Banestrømforsyningen på Ofotbanen i forbindelse med fornyelse av fjernledningen».

Simuleringen ble gjort for å finne relativ forskjell mellom høyeste belastning av omformere og kontaktledning med og uten økning av aksellast. Konklusjonen ble at selv om alle malmtog tillates større aksellast vil banestrømforsyning og andre anlegg påvirkes minimalt.

På bakgrunn av konklusjonen fra utredningsfasen ble det ikke foretatt kontrollaktiviteter for fagområdet strømforsyning under prøvekjøringen.

8.1.1 Observasjoner

Det ble ikke registrert noen obervasjoner.

8.1.2 Konklusjoner

Konklusjonen fra utredningsfasen opprettholdes: «Selv om alle malmtog tillates større aksellast vil banestrømforsyning og andre anlegg påvirkes minimalt.»

9 KONTROLLPROGRAM TRAFIKKSTYRING

9.1 Fullskala bremseprøve

Se kapittel 6 Kontrollprogram Signal og tele, 6.1 Si1 – ATC Bremseprøve.

10 SIKKERHETSSTYRING

I starten av prosjektet ble det gjort en vurdering av prosjektets omfang og kompleksitet og basert på dette la man til grunn at RAMS-standarden i sin helhet ikke kom til anvendelse. Det ble derfor gjort en vurdering av hvilke RAMS-aktiviteter som var hensiktsmessige for prosjektet og at disse aktivitetene skulle tas inn i hovedrapporten. Formålet med sikkerhetsstyringen var at forhold som kunne påvirke sikkerheten skulle identifiseres, vurderes og håndteres på en tilstrekkelig og korrekt måte.

Følgende aktiviteter ble vurdert som nødvendige for å ivareta sikkerhetsstyringen i prosjektet:

- Etablere systemdefinisjon
- Gjennomføre RAMS-vurdering
- Risikovurdering Signalplassering
- Oppfølging av farer og RAM-forhold i Farelogg
- Avvikssøknad om dispensasjon fra Teknisk Regelverk
- Melding til Statens Jernbanetilsyn
- Samkjøring av sikkerhetsaktiviteter med Trafikverket og LKAB
- Oppfølging av farer gjennom kontrollaktiviteter i prøvekjøringen
- Plan for iverksettelse av tiltak evt. avbryte prøvekjøring dersom negativ påvirkning på sikkerheten

Erfaringsutveksling med tilsvarende prosjekt på søndre Malmbanen, samt en tett dialog med LKAB og Trafikverket har vært en svært viktig del av sikkerhetsstyringen i prosjektet.

Som forutsetninger for å starte opp prøvekjøringen innhentet prosjektet tillatelse fra norske og svenske tilsynsmyndigheter:

- *Tillatelse til prøvekjøring på svensk side, gitt av Transportstyrelsen [19]*
- *Tillatelse til prøvekjøring på norsk side gitt av Statens Jernbanetilsyn [20]*
- *Tillatelse til prøvekjøring med rullende materiell - LKAB gitt av Statens Jernbanetilsyn [21]*

Eksisterende overbygning er bygd opp iht. overbygningsklasse, Ofotbanen 30 tonn i Bane NOR sitt tekniske regelverk. For å kunne gjennomføre prøvekjøring med høyere aksellast, har prosjektet søkt om og fått innvilget dispensasjon til å fravike krav til overbygningsklasse Ofotbanen 30 tonn, disp. 531-001174 [22].

Ivaretakelse av sikkerhet til eksisterende infrastruktur har vært første prioritet i prosjektet. Man har ved oppfølging av kontrollprogrammet sørget for å kunne fange opp evt. negativ påvirkning på infrastrukturen slik at tiltak kunne iverksettes, evt. at prøvekjøringen skulle avbrytes dersom sikkerheten ble påvirket i negativ retning.

Generelt har det vært avgjørende for sikkerheten at kontrollprogrammet ble fugt og at resultat fra kontrollene fortløpende ble vurdert opp mot påvirkning på sikkerheten.

10.1 RAMS

I starten av prosjektet ble det etablert en systemdefinisjon for å beskrive alle fagområder, interessenter og alle grensesnitt som ble berørt av prøvekjøringen. Systemdefinisjonen har fungert som underlag ved risikovurderinger og som en overordnet beskrivelse av prosjektet.

Videre ble det gjennomført en RAMS-analyse av prøvekjøringen. Formålet med RAMS analysen var å kartlegge usikkerheter og identifisere tiltak som måtte gjennomføres for å starte opp prøvekjøring av 32,5 tonns aksellast på strekningen «Riksgrensen – Narvik terminal».

RAMS-analysen ble gjennomført 26.01.2017 med deltakere fra Bane NOR, LKAB og Trafikverket. Resultatet fremkommer av RAMS-rapport IUP-00-Q-05005 Rev. 00E [18] datert 22.02.2017.

Det ble under analysen identifisert 26 farer og 27-RAM-forhold relatert til prøvekjøringen. Ingen av farene ble vurdert som sikkerhetskritiske mht. gjennomførbarhet av prosjektet, som følge av implementere tiltak før og under prøvekjøringen.

RAMS-vurderingen konkluderte med at risikoen totalt sett ble vurdert som akseptabel og at prøvekjøringen kunne gjennomføres som planlagt. Følgende RAMS momenter ble påpekt:

Tabell -A: Identifiserte RAMS farer (utdrag fra Fareloggen)

Delsystem/fag		Fare	Tiltak for prøvekjøring
Spor	Skinne	Skinnebrudd (Økt slitasje på hjul som mister konisitet (hulprofil/dobbelflens). Dette medfører utmattingsskade på skinne der sporvidden er over 1450 og R< 450 m. Skadene på skinnehodet kan medføre sprekker og skinnebrudd som igjen kan føre til avsporing.)	Maks tillatt hulprofil på 2 mm endres for aksellaster > 25 tonn til 0,5 mm.
	Skinne	Skinnebrudd i sveis	Oppfølging i vedlikeholdsprogram
	Skinne	Skinnevandring og sporvandring som følge av økte krefter på spor ved nedbremsing	Oppfølging i vedlikeholdsprogram
	Sville	Skader på betongsville	Oppfølging i vedlikeholdsprogram
	Sville	Nedgravning i underlagsplate i tresville på grunn av større vertikale og laterale belastninger mot trevirke	Oppfølging i vedlikeholdsprogram. Spesielt fokus på sirkelkurver og overgangskurver.
	Sville	Skjevstilling av sviller i kurver og overgangskurver	Oppfølging i vedlikeholdsprogram
	Befestigelse	Slitasje på befestigelse medfører fare for økt sporvidde	Oppfølging i vedlikeholdsprogram
	Sporveksel	Slitasje på skinne i veksler med skinneprofil 49E1 (sidespor), dersom prøvetog unntaksvis må kjøre i disse vekslene.	Innføre rutine om inspeksjon av vekselen dersom prøvetog med 32,5 tonns aksellast kjører i denne type veksel
	Sporveksel	Brakett som fester ledeskinne i sporvekselen, kan ryke som følge av økt sidekraft	Økt kontroll av sporveksler med avvik < 1:12 Vurdere forsterkning av brakett dersom målinger tilser det.
Signal		Sikkerhetsavstand kan bli for kort ved økning av bremselengde	1. Bremsetest gjennomføres 3. Ved identifikasjon av steder med for kort sikkerhetsavstand må signaler flyttes. 2. Alle plasseringer av signaler og forsignaler gjennomgås og sikkerhetsavstander vurderes opp mot testresultater og beregninger
Bruer		Setninger og sprekker i steinhvelvbruer	Registrering av riss og sprekker på alle betongbruer og kulverter for oppfølging av rissutvikling. Oppfølging i vedlikeholdsprogram
		Skjevhet i bru som ikke er fundamentert i fjell	Geotekniker utfører ytterligere vurderinger av grunnforhold ved bruer. Oppfølging i vedlikeholdsprogram

Under-bygning	Fyllinger	Løse stag	Oppfølging i vedlikeholdsprogram
	Fyllinger	Identifisert utsatt område med fare for utglidning av steinmurer ved km 7	Oppfølging i vedlikeholdsprogram

Størst usikkerhet i risikobidrag som potensielt fører til sammenstøt tog-tog, er forbundet med økt bremselengde og plassering av dagens signaler. Dette måtte derfor vurderes i egen risikoanalyse. [3] Denne risikoanalysen viste at bremselengden øker med økt aksellast og at sikkerhetsavstandene kan bli for korte og potensielt føre til sammenstøt tog-tog ved passering *av hovedsignal. Dette var det største risikobidraget ved prøvekjøring med malmtog med aksellast inntil 32,5tonn.* Risikoanalysen for signal anbefalte to permanente tiltak for økning av sikkerhetsavstander til akseptabelt nivå;

- Flytte ut hovedsignal A og forsignal A på Straumsnes stasjon (T6).
- Flytte ut hovedsignal B og forsignal B på Narvik stasjon (T7).

Tiltak med flytting av signaler ble utført og alle identifiserte farer er fulgt opp og svart ut i prosjektets Farelogg [23].

Økt aksellast vil medføre et større vedlikeholdsbehov og kortere levetid knyttet til flere delområder av jernbanens infrastruktur (RAM-forhold). Under prøvekjøringen ble dette kompensert for, ved økt inspeksjon og vedlikehold som er en sentral forutsetning for gjennomføring av prøvekjøringen.

Alle identifiserte farer i risikoanalysen utført av Bane NOR, av LKAB og av Trafikverket, ble gjennomgått sammen i møte hos LKAB i Kiruna i mars 2017 for å sikre at alle farer var avdekket og grensesnitt ivaretatt.

Ved forlenget varighet av prosjektet, ble det gjort en felles gjennomgang av fareloggen i prosjektgruppen, for å se om dette introduserte nye farer eller om de avdekkede farene var endret siden oppstart av prøvekjøringen. Det ble da konkludert med at det ikke fremkom nye farer pga. forlenget prøvekjøringsperiode og at de identifiserte farene ikke var endret.

Konklusjon:

Sikkerheten har vært godt ivaretatt under prøvekjøringsperioden med 32,5 tonns aksellast. Dette gjennom en grundig fareidentifisering tidlig i prosjektet og gjennom kontinuerlig overvåkning av infrastrukturen ved oppfølging av kontrollprogrammet gjennom hele prøvekjøringsperioden. Generelt har det vært avgjørende for sikkerheten at kontrollprogrammet ble fulgt og at resultat fra kontrollene fortløpende ble vurdert opp mot påvirkning på sikkerheten. Godt samarbeid med LKAB og Trafikverket, har gitt en god grensesnitthåndtering mellom infrastruktur på norsk/svensk side og det rullende materiellet.

For resultat av kontrollprogram og påvirkning infrastrukturens RAMS egenskaper ved økt aksellast, vises det til hvert enkelt fagkapittel i denne rapporten.

10.2 SHA

SHA i forbindelse med prøvekjøring 32,5 tonn har i hovedsak vært knyttet opp til befaringer, innmålingsarbeider og brukontroller. Det har vært benyttet hovedsikkerhetsvakt på alle befaringer, innmålingsarbeider og brukontroller. I tillegg har det vært utført sikker-jobb-analyser, SJA.

I forbindelse med brukontrollene på Søsterbekk bru 1 og 2, har det vært et eget regime for godkjenning av stillaser før hver bruk. Stillasene måtte godkjennes av autorisert stillasmontør før hver bruk. Godkjenningskortet for stillasene ble fjernet etter avsluttet arbeid/brukontroll.

11 OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER

11.1 Overbygning

For overbygningen er det generelt skinnebrudd i sveiseskjøter, skader på skinnenes kjøreflate og skinnekryss i sporveksler fra hjul med hulprofiler, sprekkdannelser i underlagsplater på tresviller og skade på svilleanker og isolatorer på betongsviller som 32,5 tonns prosjektet har avdekt som de svakeste komponentene. Disse skadene kan imidlertid ikke føres direkte tilbake til testtogene med aksellast på 32,5 tonn.

De resterende komponentene viser lite eller ingen skader. Skinneslitasjen vil antagelig få en liten økning. En økning i aksellasten på ca. 10% vil gi mindre enn 10% økning i skinneslitasjen.

Skinnebrudd: Alle registrerte skinnebruddene er på 54 kg skinnene, og av disse er ca. 85 % i varmesonene til termittsveisene.

Det anbefales derfor å kjøpe inn lengre skinner for å redusere antall skinnesveis ved skinnebytte. Det bør også undersøkes om det finnes andre sveisemetoder som er sterkere enn de som benyttes i dag. Ved befaring på Bjørnfjell og Narvik stasjoner ble det oppdaget 2 tilfeller av sprek i sveis og varmesoner. Disse skadene er begynnende skinnebrudd som ikke blir detektert via signalsystemet med sporfelt. En bør derfor se på en fysisk befaringsrutine av skinneveis 3 – 4 ganger pr. år på hele banestrekningen for å avdekke begynnende skinnebrudd i sveis og varmesoner.

Skade på sporveksler: Det anbefales å igangsettes et fellesprosjekt mellom Bane NOR, Trafikverket og trafikoperatørene for å vurdere tillatte grenseverdier for hulprofil på hjul. Teknisk regelverk gir tillatelse til hulprofil inntil 2 mm. Ut fra de skadene som avdekkes på sporvekslene bør det derfor sees på om grenseverdien på 2 mm er for stor og om den bør reduseres.

Det bør også snarest installeres en detektor for å avdekke hjul med hulprofiler som skader sporvekslene, men også svekker styreegenskapene for en hjulaksel i kurver.

Underlagsplatene på tresviller: Skadde og nedtrykte underlagsplater påvirker sporvidden. Dette kan i verste fall medføre at hjul skader skinnehodet som igjen reduserer skinnenes levetid betraktelig. Det bør gjennomføres en befaring langs hele Ofotbanen for å avdekke omfanget av både nedtrykte og knekte underlagsplater. Omfanget settes inn i vedlikeholdsplanen for svillebytte. Ut fra observasjonene ser det ut som skadene er i kurver med R < 450 meter.

Skade på befestigelse på betongsviller: For å avdekke årsaken til skadene på anker og isolatorer på betongsviller bør det instrumenteres sensorer på de aktuelle komponentene for å dokumentere sporkreftene som overføres fra skinnen til befestigelseskomponentene. Det er også problem med mellomlegg som presses ut i festene og som får svillene til å vri seg pga. store traksjons- og bremsekrefter.

Prosjektet bør ha som mål i samarbeid med leverandør av befestigelse å utarbeide forslag til forsterkning av komponentene for å tåle de målte sporkreften. Ut fra observasjonene ser det ut som det er i kurver med R < 450 meter og på stasjonsområdene skadene/problemene mest oppstår.

Det er valgt ut 2 perioder for kontroll av sporkvaliteten, årene 2015 – 2018 og 2019 – 2020. Perioden 2015 – 2018 er før testtogene startet opp. Ut fra målingene er det ingen indikasjoner på at testtogene har påvirket sporkvaliteten i testperioden.

Det anbefales at det fortsettes med et overvåkingsprogram og nye forskningsprosjekter for Overbygning da det er flere komponenter som viser svakhetspunkter allerede ved 30 tonn aksellast. Svakheten fører til redusert forventet livslengden og økt nedbrytningen som vil føre til økte vedlikeholdskostnader for disse komponentene.

11.2 Underbygning

Bruer: I løpet av denne prøveperioden har det blitt gjennomført en rekke målinger og observasjoner av bruene på Ofotbanen. Dette inkluderer 5 betongbruer, 4 steinbruer og 1 stålbru. Ved de største betongbruene, Søsterbekkbruene, har det blitt gjennomført målinger av tøyning, vibrasjon og nedbøyning. Ved de øvrige bruene har det blitt utført geometriske kontroller med målepunkter og laserskyer.

Ved gjennomgang av observasjoner og målinger fra de to Søsterbekkbruene er det ingen tegn til at bruene har hatt en negativ utvikling som følge av testtogene. Målingene viser ingen unormale bevegelser eller vibrasjoner, og ved tøyning og nedbøyning har bruene oppført seg som forventet. De høyeste verdiene for tøyning og vibrasjon har blitt sett i sammenheng med de tyngeste togene, og det er ingen naturlig sammenheng her. De tyngste togene gir ikke de høyeste utslagene for hverken tøyning eller vibrasjon. Dette forteller oss at det kanskje er andre faktorer som har like stor innvirkning på bruene som aksellasten. Dette kan for eksempel være hastighet, ujevnheter i hjul og selvfølgelig måleusikkerhet. For de resterende konstruksjonene har man gjennomført en 3D-scanningen for å kunne oppdage bevegelser gjennom testperioden. Det har ikke blitt oppdaget noe tegn til deformasjon ved noen av disse bruene, med unntak av et punkt (S10) på undergang Solheim. Henviser til Rambølls sluttrapport for mer informasjon om de enkelte målingene [6].

Resultatene tilsier at bruene skulle tåle en økning i aksellast på inntil 32,5 tonn, men en gjennomgang av totallast og aksellast for testtogene viser at det kun er et fåtall aksler som ligger opp mot 32,5 tonn og at de fleste ligger mellom 30 og 31 tonn. Som følge av dette har man derfor ikke nok grunnlag til å uproblematisk kunne godkjenne kjøring av aksellaster på inntil 32,5 tonn på bruene.

Fyllinger: Basert på geoteknisk modellering av økt aksellast forventes ingen setninger i fyllinger. Målinger utført viser ingen endringer som kan forklares av prøvekjøringen.

Det anbefales at samtlige stag satt i fyllinger kontrolleres og strammes opp til prosjektert spennkraft på 60kN. Hvilke stag som etterstrammes eller kontrolleres registreres sammen med beskrivelse av metode for oppstramming/kontroll.

Setningsmåling basert på Insar satellittmålinger brukes i 32,5t prosjektet for overvåkning av setninger for hele Ofotbanen. Det anbefales å ta Insar i bruk på permanent basis for setningsovervåkning og bruke dette til å følge utvikling der stag er montert. Det anbefales også at stag kontrolleres/oppspennes hvert 3. år eller hvis Insar-målinger indikerer utvikling. Stag bør registreres i banedata med 3.årlig repeterende arbeidsordre for kontroll/oppspenning samt for registrering av historikk. Det er vesentlig å kjenne til historikk for stag som trenger hyppige korreksjoner.

Stag i støttemurer vil naturlig kontrolleres sammen med generisk kontroll støttemurer. Sammen med Insar ansees dette tilstrekkelig for kontroll av stabilitet for støttemurer.

Stikkrenner: For banens stabilitet er det meget viktig at dreneringssystem og stikkrenner vedlikeholdes. Mangler og avvik i dreneringens og stikkrenners tilstand er ikke vurdert i dette prosjekt da det er en oppgave som inngår i Ofotbanen sin plan for generisk vedlikehold.

Flere av de 120 år gamle stein-kistene begynner å nå sin maksimale levealder. Dette gir seg utslag i topp-heller som knekker og vegger som trykkes inn, samt forskyvninger av heller/blokker med enkelte lekkasjepunkt. Ut fra en samlet vurdering bør det settes inn tiltak for å motvirke kollaps av stikkrenner, for eksempel ved bruk av lining.

11.3 Signal og Tele

For signalsystemene har det i prøveperioden vært behov for å justere lengden på sikkerhetssonen ved 2 stasjoner, som følge av ATC frislipphastighet. Øvrige signalavstander er vurdert tilstrekkelige men generelt korte. Dette har sammenheng med lang responstid i bremsesystem for svært lange togsett sammen med forsignalavstander basert på kortere tog med færre vogner. Kort strekning fra forsignal til målpunktet fører til nesten umiddelbar driftsbrems ved signal stopp i tilhørende hovedsignal.

For sporfeltene kan det ikke påvises særskilte utfordringer som følge av prøvekjøringen. Banens oppetid søkes stadig bedret og pågående forbedringsaktiviteter demper forsinkelsesbidrag for sporfelter. Pågående forbedringsprosesser og naturlige variasjoner påvirker resultatene som viser en bedring over de senere år. Med den beskjedne vektøkningen i selve prøvekjøringen er det lite tegn til konkrete utfordringer knyttet til sporfelter.

Telekommunikasjon inngikk ikke måleprogrammet for prøvekjøringen. To forhold har vært fulgt opp uten spesifikke måling.

GSM-R dekningsgrad inne i tunnel når fullastet malmtog passerer GSM-R antenne og togsettet fyller nesten hele tunnelprofilet. Vil vi da med 68 vogner og 2,5 tonn mer malm per aksling likevel få frem GSM-R signalering til et sikkerhetskritisk system fremme i lokomotivet? Forholdet var å anse som utfordrende, men er nå utbedret ved at alle de lengste tunnelene er utstyrt med enten strålekabel i hele eller deler av tunnel, eller bruk av innstråling fra begge ender.

Langlinje kablene har enda trafikk og her har det ikke vært påvist forstyrrelser for blokk-indikering, som er eneste gjenværende tjeneste i denne kabeltypen.

11.4 Strømforsyning

I utredningsfasen ble det utført en enkel simulering basert på ruteplan og infrastruktur som beskrevet i dokument EB.100991-000 «Simuleringsrapport – Banestrømforsyningen på Ofotbanen i forbindelse med fornyelse av fjernledningen».

Simuleringen ble gjort for å finne relativ forskjell mellom høyeste belastning av omformere og kontaktledning med og uten økning av aksellast. Konklusjonen ble at selv om alle malmtog tillates større aksellast vil banestrømforsyning og andre anlegg påvirkes minimalt.

På bakgrunn av konklusjonen fra utredningsfasen ble det ikke foretatt kontrollaktiviteter for fagområdet strømforsyning under prøvekjøringen.

Konklusjonen fra utredningsfasen opprettholdes: «Selv om alle malmtog tillates større aksellast vil banestrømforsyning og andre anlegg påvirkes minimalt.»

11.5 Trafikkstyring

Etter gjennomgang av ATC bremseprøver og korrigering av svake punkt har Ofotbanen mulighet til å fremføre tog med de forsignaleringer som foreligger. Det må presiseres at korte avstander er utfordrende for fører da ATC vil automatisk hoppe over de forberedende varslingssteg og gå tilnærmet rett i driftsbrems. Avstandene er for korte for å gi systemet mulighet til å agere som designet for lokfører, men toget vil rekke å stanse foran målpunktet. De ulemper som dette medfører kan sees i sammenheng med utrulling av ERTMS på strekningen som vil ivareta tilstrekkelig varselavstand utenom dagens forvarslingspunkt.

11.6 Sikkerhet

Sikkerheten har vært godt ivaretatt under prøvekjøringsperioden med 32,5 tonns aksellast. Dette gjennom en grundig fareidentifisering tidlig i prosjektet og gjennom kontinuerlig overvåkning av infrastrukturen ved oppfølging av kontrollprogrammet gjennom hele

prøvekjøringsperioden. Generelt har det vært avgjørende for sikkerheten at kontrollprogrammet ble fulgt og at resultat fra kontrollene fortløpende ble vurdert opp mot påvirkning på sikkerheten. Godt samarbeid med LKAB og Trafikverket, har gitt en god grensesnitthåndtering mellom infrastruktur på norsk/svensk side og det rullende materiellet.

For resultat av kontrollprogram og påvirkning infrastrukturens RAMS egenskaper ved økt aksellast, vises det til hvert enkelt fagkapittel i denne rapporten.

11.7 Samlet vurdering og anbefaling

11.7.1 Samlet vurdering

Det er vanskelig å finne de direkte effektene på banestrekningen fra testtogene med tillatt aksellast på 32,5 tonn, da det over en periode fra februar 2019 til oktober 2020 bare ble kjørt 356 godkjente testtog. I perioden fra 2018 til 2020 viser de gjennomsnittlige aksellastene 28,33 tonn for 2018, 28,10 tonn for 2019 og 28,32 tonn for 2020.

Erfaringsgrunnlaget fra prøvekjøringen er for tynt til å kunne anbefale en økning til 32,5 tonns aksellast på Ofotbanen. Det vil imidlertid være interessant å øke aksellasten permanent fra 30 til 31 tonn, slik det er gjort på svensk side på søndre omløp Gjällivare-Luleå, men uten å tillate overlast utover 31 tonn. På den måten kan man høste mer erfaringer med tyngre aksellast uten å gå på akkord med sikkerheten. En eventuell økning til 31 tonns aksellast bør følges opp med et måleprogram, kombinert med enkelte nye generiske rutiner.

Erfaringsdriften viser at overbygningen får stor slitasje av de tunge togene, og at dette ikke nødvendigvis er relatert til om aksellasten er 30 eller 32,5 tonn, men at dagens overbygning rett og slett er noe svak i forhold til den tunge aksellasten. Ettersom overbygningen ser ut til å være det svakeste punktet bør dette følges nærmere opp i forhold til en eventuell økning til 31 tonns aksellast.

Videre ser det ut til at underbygningen synes å være sterk nok for både 30 tonn og 32,5 tonn, men at det er for tynt erfaringsgrunnlag til å konkludere, spesielt i forhold til bruer. Bruer og støttemurer følges opp i eksisterende generisk vedlikehold, men fyllingene som er sikret med forankringsstag må også tas inn i generisk vedlikehold. Videre bør alle fyllinger og murer overvåkes med satellittovervåkningsprogrammet INSAR, slik at det er mulig å få et forvarsel om eventuelle endringer i terrenget på og ved sporet.

De årlige kostnadene i tilknytning til måleprogrammet og de nye generiske rutinene vurderes å bli ca. 2,5 MNOK.

På lengre sikt bør overbygningen på Ofotbanen gradvis skiftes ut til overbygningsklasse 35 tonn. Utskiftning av overbygningen på fri linje anslås å koste ca. 12.000 kr/m. For den 42km lange Ofotbanen anslås dette å ville utgjøre en samlet kostnad på ca. 500 MNOK.

11.7.2 Anbefaling

På bakgrunn av en samlet vurdering fra prøvekjøring med aksellast 32,5 tonn for ett tog pr. dag i ett år anbefales følgende.

- **Aksellast:** Maks tillatt aksellast økes fra 30 tonn til 31 tonn. Det tillates ikke overlast.
- **Kontrollprogram:**
    - Eksisterende kontrollprogram for overbygning foreslås videreført
    - INSAR satellittovervåkning av fyllinger og murer foreslås videreført
- **Nye generiske rutiner for stagforankring:**

Eksisterende stagforankring av fyllinger tas inn i generiske rutiner. Stag kontrolleres/oppspennes hvert 3. år eller hvis Insar-målinger indikerer utvikling.

- **Kostnader:**

På bakgrunn av erfaringene fra prøvekjøringen anslås de årlige kostnadene til ca. 2,5 MNOK.

- **Annet:**
    - Hulprofil på vognhjul: Om dagens forskrift i teknisk regelverk Rolling Stock pkt. 3.3.3.1 som setter en grenseverdi på hulprofilet på 2 millimeter, er riktig for aksellaster over 22,5 tonn, bør vurderes nærmere sammen med Trafikverket, der det tilstrebes etter et likelydende regelverk for hjulprofiler og tillatt grenseverdier på hulprofiler, for å redusere skadene på spor og sporvekslene.
    - Hjulprofilmåler: Det bør installeres en hjulprofilmåler mellom Kiruna og Narvik for å kunne ta ut vogner med feil hjulprofil.
    - Skinnelengder: Bane NOR bør vurdere å øke skinneledningen for å redusere antall sveiser på nye skinner ved skinnebytte.
    - Sveisemetoder: Bane NOR bør vurdere alternative sveisemetoder for å unngå skinnebrudd i varmesoner til sveiser.

- **Løsning på lengre sikt**

På lengre sikt bør overbygningen på Ofotbanen gradvis skiftes ut til overbygningsklasse 35 tonn. Utskiftning av overbygningen på fri linje anslås å koste ca. 12.000 kr/m. For den 42km lange Ofotbanen anslås dette å ville utgjøre en samlet kostnad på ca. 500 MNOK.

12 REFERANSER

[1] IUP-00A-18720 Rev. 01A
[2] IUP-00-A-07676 Rev. 00A Prøvekjøring 32,5 tonns aksellast - Evalueringsrapport
[3] IUP-00-A-18722 Rev. 00A Rapport ATC Bremseprøve
[4] Kontrollprogram for prøvekjøringen. Kontrollplan datert 17.01.2018
[5] 201720128-34 Sammenstillingsdokument saksrom ref
[6] IUP-00-A-20547 Rev. 00A Instrumentering av bruer, Sluttrapport desember 2020
[7] Statiske analyser sporveksel 2 Narvik stasjon pr. august 2019
[8] Notat vedrørende stagforankring 05.05.2020
[9] Oversikt skinnebrudd 2014-2020
[10] Befaringsrapport sporveksel 2 – Straumsnes stasjon
[11] Hovedinspeksjon bruer uke 25 2017
[12] Instrumentering av bruer, månedsrapport mai 2018
[13] Instrumentering av bruer, månedsrapport november 2018
[14] Delrapport bruer tom februar 2020
[15] Befaringsrapport Bjørnfjell – Km 41
[16] Befaringsrapport Bjørnfjell og Rombak stasjon
[17] Befaringsrapport Km 5,5
[18] RAMS-rapport, IUP-00-Q-05005 Rev.00E
[19] Tillatelse til prøvekjøring på svensk side, gitt av Transportstyrelsen, saksref. 201720128-52
[20] Tillatelse til prøvekjøring på norsk side gitt av Statens Jernbanetilsyn, melding saksref. 201720128-41 og svar på melding, saksref. 201720128-51
[21] Tillatelse til prøvekjøring med rullende materiell - LKAB gitt av Statens Jernbanetilsyn, saksref. 201720128-41
[22] Ofotbanen 30 tonn, disp. 531-001174, saksref. 201720128-45
[23] Farelogg. IUP-00-Q-02820 Rev 00E.
[24] IUP-00-A-18770, Geoteknisk Notat