Skinneprofilbearbeiding
Status og strategi videre



Infrastrukturdivisjonen
Teknisk avdeling
Desember 2017

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 INNLEDNING 3
2 TEORIGRUNNLAG 4
2.1 DEFINISJONER 4
2.1.1 Rifler og bølger 4
2.1.2 Ruhet 5
2.1.3 Slitasje, utmatning og indre feil 5
2.2 KONSEKVENSER AV RIFLER / BØLGER OG SLITASJE 5
2.2.1 Nedbrytende effekter fra rifler og bølger 5
2.2.2 Tverrprofilet 6
2.3 MÅLINGER OG OBSERVASJONER 6
2.3.1 Målevogner 6
2.3.2 CAT – Corrugation Analysis Trolley 8
2.3.3 Ultralydtesting av skinner 8
2.3.4 Hvirvelstrømtesting av skinner («Eddy current») 8
2.3.5 Supplerende observasjoner / måling i sporet 9
2.4 SKINNEPROFILBEARBEIDING 9
2.4.1 Planlegging og forberedelser 9
2.4.2 Metoder for skinneprofilbearbeiding 9
2.4.3 Preventiv skinneprofilbearbeiding 9
2.4.4 Korrektiv skinneprofilbearbeiding 10
2.4.5 Skinneprofilbearbeiding for å tilpasse spesialprofiler 10
2.4.6 Produksjonmetoder 10
2.5 EFFEKTER AV SKINNEPROFILBEARBEIDING 11
2.5.1 Skinner 11
2.5.2 Andre sporkomponenter 11
2.5.3 Sporets justering 11
2.5.4 Rullende materiell 11
2.5.5 Støy 11
2.5.6 Baner med høyere hastigheter 12
3 SITUASJONSBESKRIVELSE 13
3.1 GJELDENDE KRAV I TEKNISK REGELVERK 13
3.2 SKINNEPROFILBEARBEIDING I PERIODEN 2011 - 2016 13
3.3 KOSTNADER 17
3.4 TILSTAND MED HENSYN PÅ BØLGER 17
4 STRATEGI FOR SKINNEPROFILBEARBEIDING 18
4.1 GENERELT 18
4.2 ANBEFALTE INNGREPSKRITERIER FOR KORTE BØLGER 19
4.3 FORSLAG TIL PRIORITERINGER 20
4.4 SKINNEPROFILBEARBEIDING VERSUS SKINNEBYTTE 21
5 BANER MED HØYERE HASTIGHET 24
5.1 GENERELT 24
6 OPPSUMMERING 26
6.1 STRATEGIER 26
6.2 ANSKAFFELSESSTRATEGI FOR SKINNEPROFILBEARBEIDING 26
6.3 ORGANISERING 26

1 INNLEDNING

Bearbeiding av skinner foretas i hovedsak for å forlenge levetiden på skinner og andre sporkomponenter. Bearbeiding utføres for å:

- ferne periodiske feil i skinnenes lengderetning, dvs. rifler og bølger
- fjerne initielle ujevnheter og glødeskall på nye skinner
- forhindre utvikling av kontaktutmattingsskader
- korrigere eller tilpasse skinnenes tverrprofil

Bølgedannelse på skinner kan ha flere ulike årsaker og bølgelengder, men det vanligste i Norge er korte bølger på innerstrengen i skarpe kurver som er forårsaket av at det innerste hjulet «slipper» på grunn av utilstrekkelig rulleradiusdifferanse. Men også rifler med kortere bølgelengder forekommer, spesielt ved høyere hastigheter. Konsekvensene er økt nedbrytning av spor og sporkomponenter, og nedbrytning av ballast.

De geometriske ujevnhetene i skinnens lengderetning vil generere støy ved togpassering. Slik sett er bearbeiding av skinner et viktig tiltak for å redusere støy og vibrasjoner mot omgivelsene.

Overflatesjiktet på nye skinner består av en allmenn overflateruhet og små ujevnheter, et tynt glødeskall (med mindre hardhet) ned til ca. 0.5 mm dyp.

Kontaktflaten mellom hjul og skinne er liten, noe som kan medføre høye kontaktspenninger. Ved gjentatte belastninger over tid kan materialet på, eller like under skinnenes overflate bli utmattet (kontaktutmatting) dersom ikke overflatesjiktet blir fjernet ved naturlig slitasje eller bearbeiding av skinnene. Bearbeiding av skinner kan benyttes som preventivt virkemiddel mot kontaktutmatting, dels ved periodisk fjerning av overflatemateriale og dels ved å tilpasse skinnenes tverrprofil slik at kontaktflaten mellom hjul og skinne økes.

Skinnenes tverrprofil har stor betydning for løpeegenskaper til tog både i kurver og på rettlinje. Skinnenes tverrprofil vil sammen med hjulprofiler og sporvidde bestemme de koniske egenskapene som er nødvendig for å styre hjulsett/boggier på sporet.

I kurver er det viktig å oppnå tilstrekkelig differanse i rulleradius for det indre- og ytre toghjul for å kompensere for den ulike lengden på skinnestrengene gjennom kurven. Ved høye hastigheter på rettlinje og i slake kurver er det viktig å unngå for stor konisk effekt («ekvivalent konisitet») for å unngå ustabil gange. Bearbeiding av skinner kan anvendes i begge tilfeller for å tilpasse tverrprofilet for best mulig løpeegenskaper.

Omfanget av skinneprofilbearbeiding må veies mot innsparinger pga. lengre levetid for sporkomponenter, lavere vedlikeholds- og utskiftningskostnader for sporet og kostnader til bygging av støyskjermer. Togenes forbedrede komfort og gangegenskaper må også vurderes. Likeså økt levetid og mindre vedlikeholdskostnader for det rullende materiell.

2 TEORIGRUNNLAG

2.1 DEFINISJONER

2.1.1 Rifler og bølger

Ujevnhetene som kan observeres på skinnehodet deles opp i rifler, korte bølger og lange bølger. Alle typene kjennetegnes ved at de dannes ved plastisk deformasjon av skinnhodets overflate og det dannes harde soner med martensitt. Årsakene til de forskjellige fenomenene er ulike, men felles er at vibrasjoner eller slipp (skinnehjulet spinner) fører til at overflatespenningene i skinnen overstiger stålets flytegrense.

Rifler

Rifler har en bølgelengde på 30 - 100 mm og en typisk bølgedybde på 0.02 - 0.4 mm. De forekommer hovedsakelig på rettlinje og i slake kurver. De danner regelmessige mønstre i skinneoverflaten med blanke topper i martensitt og matte bunner mellom riflene. Rifledannelse er vanlig på baner med høye hastigheter, og kan gi svært mye støy og vibrasjoner

Årsaken til rifledannelse er ennå ikke fullt ut forklart, men små initielle ujevnheter i skinnene som setter hjulsatsen i svingninger kan være en av flere faktorer. Av den grunn vil det kunne hjelpe å bearbeide skinneoverflaten på nye skinner umiddelbart etter innlegging for å fjerne valsehud og få en jevnere overflate. En annen mulig faktor er at sporet ikke er kontinuerlig opplagret.



Korte bølger

Korte bølger har en bølgelengde på 100-300 mm og en typisk bølgedybde på 0.1 - 1.2 mm. De forekommer i innerstrengen i skarpe kurver (R < 600 m). Alvorlige bølgedannelser skjer gjerne i kurver med R < 350-400 m

På grunn av kurvaturen ved Bane NORs baner er korte bølger svært vanlige, og er et stort problem på flere baner. De induserer kraftige vibrasjoner i hjulsatsene som øker kreftene i overbygningen vesentlig.

Årsaken til korte bølger er i hovedsak «rulleslipp»/spinn i kurver. Korte bølger også oppstå andre steder hvor materiellet settes i vibrasjon, f.eks. på steder hvor sporets elastisitet er ujevn, ved lave isolerte skjøter, ved sporveksler, ved brukar eller ved sveiste skjøter med dårlig geometri.



Lange bølger

Lange bølger har en bølgelengde på 0.25 - 2.0 m og en bølgedybde på 0.5 - 5 mm. De kan forekomme «overalt».

Lange bølger skyldes ujevnheter fra valsing, eller rullerettingen av skinnene i valseverket. Dersom kontrollen med valsene ikke er god nok, vil de kunne bli elliptiske og dermed lage periodiske ujevnhet i skinnene. Under påvirkning av det rullende materiellet blir så disse gradvis dypere. I tillegg kan lange bølger forekomme på baner som bare blir trafikkert av én type materiell hvor alle tog setter sporet i like vibrasjoner. Lange bølger forekommer i dag i svært liten grad på grunn av bedre kontroll med geometri i valseverk, og at eldre skinner med denne feilen er bearbeidet.

2.1.2 Ruhet

Ruhet er ujevnheter med bølgelengder i størrelsesorden < 10 mm. Ruhet brukes også om slipe-«ripene» som oppstår ved skinneprofilbearbeiding, dette er ikke en defekt i seg selv, men må holdes innen visse grenser. Begrepet ruhet brukes ofte i støysammenheng.

2.1.3 Slitasje, utmatning og indre feil

Slitasje vil si bortslitning av metall, ved utmatning dannes sprekker i skinnen som resulterer i avskallinger, eller skinnebrudd. Både slitasje og utmatning er oftest hovedårsaken til utskiftning av skinner.

Utmatningsskader kan initieres på tre ulike nivåer i skinnen; på overflaten, like under overflaten og lengre inn i skinnen.

Kontaktutmatningsskader er skader som har startet på overflaten og ned til 10-15 mm under overflaten. Dypere skader er feil som er initiert av inhomogeniteter fra produksjonen av skinnene.

2.2 KONSEKVENSER AV RIFLER / BØLGER OG SLITASJE

2.2.1 Nedbrytende effekter fra rifler og bølger

Rifler og bølger gir kraftige påvirkninger av spor og materiell pga. økte dynamiske krefter og vibrasjoner. Dette fører bl.a. til kortere levetid på sporets komponenter og på sporjusteringen, slitasje på rullende materiell, dårligere komfort, økt støy og økt energiforbruk.

Impulslaster som skyldes rifler og bølger har tydelig innflytelse på nedbrytningen av hele overbygningen. Dette kan observeres på steder som har slike feil, der det sannsynligvis vil finnes stor slitasje på sviller/befestning og nedbrytning av ballasten som følge av de store kreftene som oppstår.

Vibrasjonslastene i sporet som følge av rifler og bølger kan også bli meget store og bidra sterkt til nedbrytning av sporets komponenter. Både skinner, befestning, sviller og ballast utsettes for store krefter. Dersom kreftene har en frekvens som er lik konstruksjonens egenfrekvens, kan det dessuten

oppstå en risiko for resonans. Dette kan medføre sprekkdannelser i betongsviller og brudd i befestigelsesfjærer. Vibrasjonslaster kan også gi «flyt» i ballasten. Dette betyr at ballasten flytter seg litt for hver togpassering og sporets justeringsstandard vil raskt nedbrytes.

Bølger med stor stigning (f.eks. korte og dype bølger) på hard grunn, kan gi spesielt høye tilleggskrefter. «Hard grunn» forekommer mye ved Bane NORs spor pga. frosset spor vinterstid, samt tilnærmet også i fjellskjæringer etc. sommerstid.

Rifler og bølger har altså også store økonomiske virkninger i tillegg til virkningen på komforten.

2.2.2 Tverrprofilet

Skinnens tverrprofil spiller en viktig rolle. Kontakten mellom hjul og skinne bestemmer spenningene på skinneoverflaten. Uheldig kontaktgeometri kan forårsake utmatning på hjul og skinne.

Tverrprofilet er viktig for gangen/oppførselen til det rullende materiell. På rettlinje og i slake kurver vil hjulenes konisitet sentrere hjulsatsen slik at ingen av hjulflensene vil berøre skinnehodet. I skarpe kurver derimot ligger hjulflensen på det ledende hjul an mot skinnehodet på den ytre skinnen med en horisontalt rettet kraft. Dette medfører en sideveis slitasje.





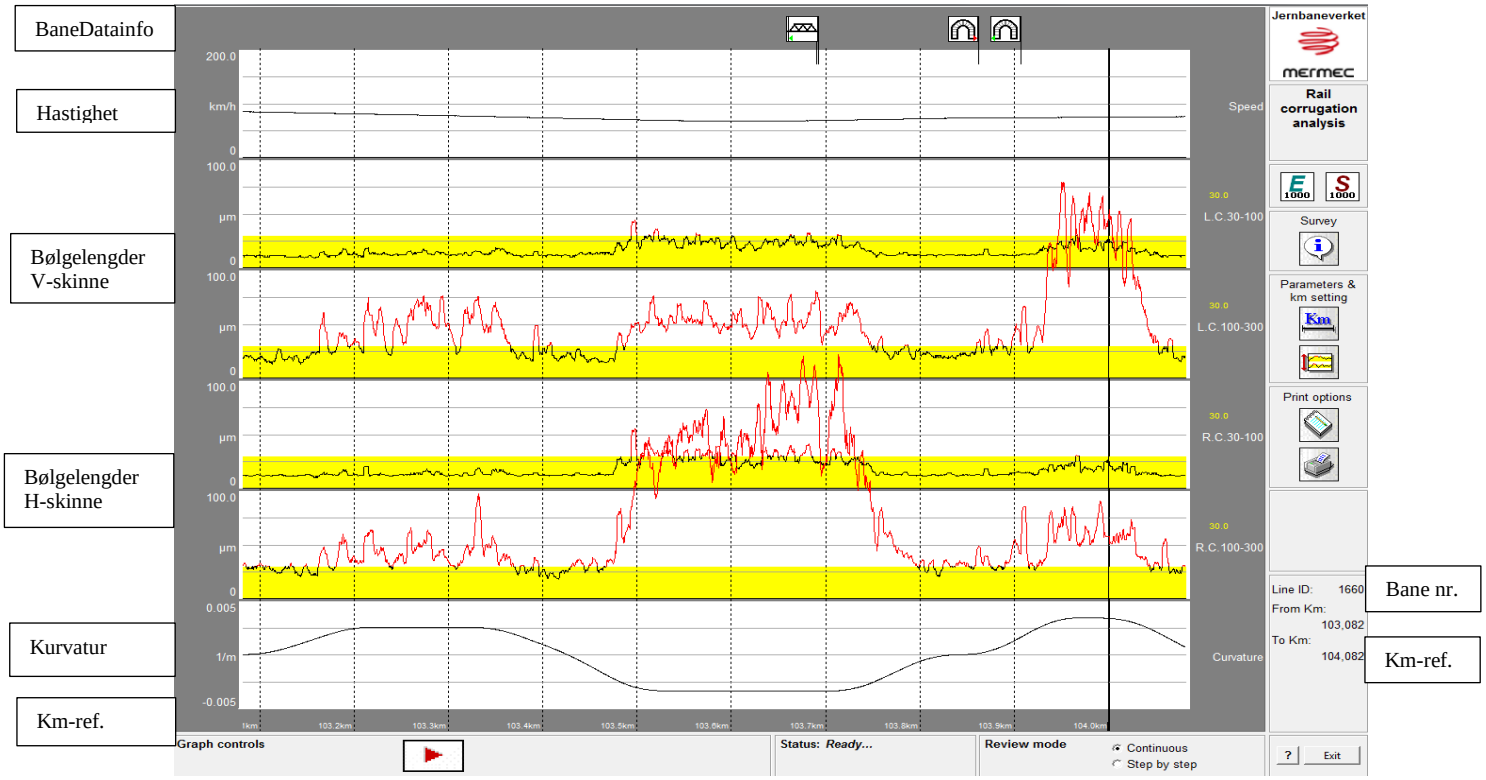
2.3 MÅLINGER OG OBSERVASJONER

2.3.1 Målevogner

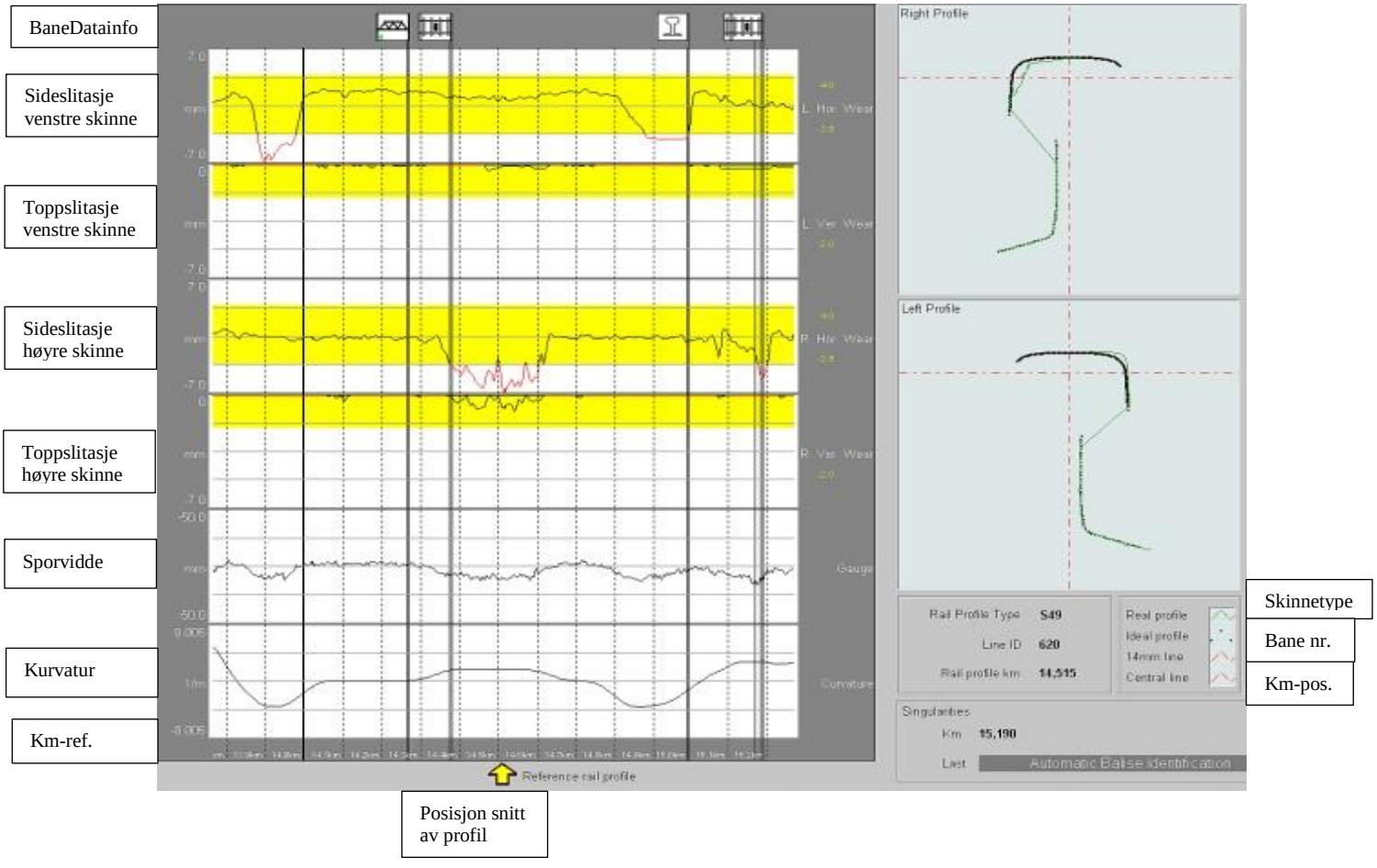
Sporgeometrimålinger med målevogn Roger 1000 gjennomføres for alle baner to ganger i året. For baner med hastighet større eller lik 200 km/t gjennomføres målinger 4 ganger. Målingene gir absolutte verdier for bølgedybder og bølgelengder for rifler og korte bølger. I tillegg måles skinneprofil der tverrprofilets form og dets avvik fra et gitt profil blir avdekket. Resultater fra disse målingene benyttes til å vurdere tilstanden på skinnene.

Eksempler på diagram fra måling med Roger 1000 som viser bølgedybde og skinneprofil er vist under. Valgte bølgelengder er 30-100mm og 100-300mm for begge skinner. Grenseverdi, som er markert med gult i diagrammet, er i dette tilfellet bølgedybde på 30µm. Dette er anbefalt grenseverdier for vedlikeholdssliping for denne aktuelle bane. Grenseverdien (RMS-verdi) er avhengig av hastighet og tonnasje på strekningen og varierer mellom 20µm og 50µm. Dette er nærmere beskrevet i kap. 4.1 om teknisk regelverk.

Det har imidlertid vist seg at Roger 1000 er relativt dårlig egnet for å gi informasjon om rifler med bølgelengder under 50-100 mm.



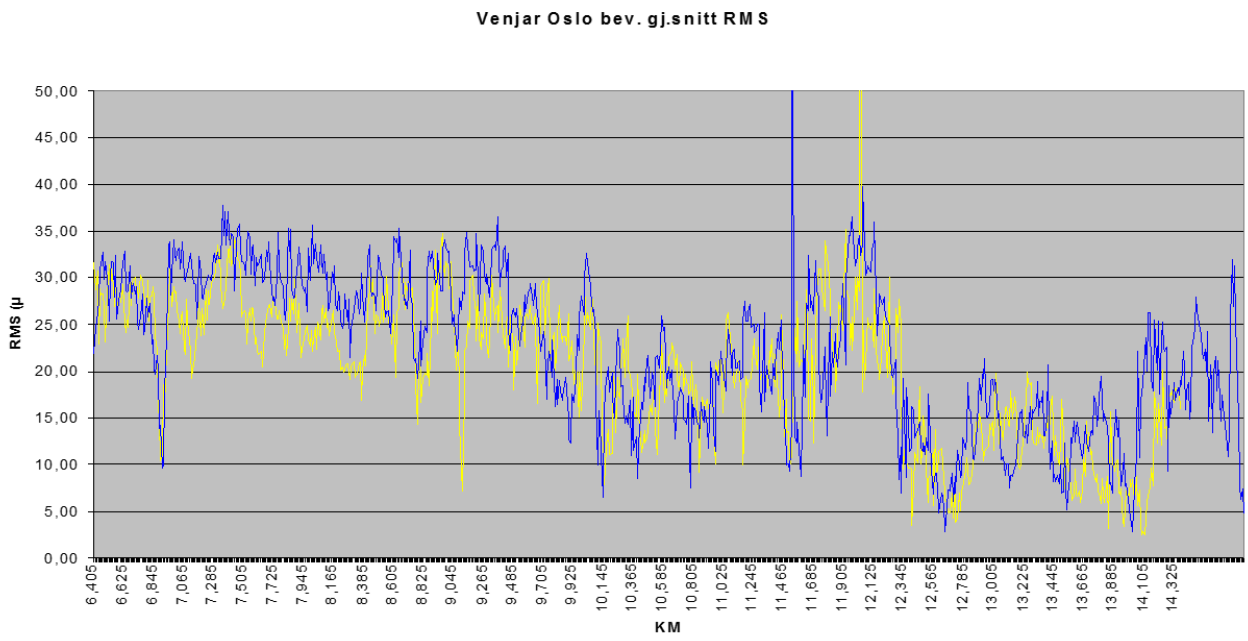
Skinneprofil:



2.3.2 CAT – Corrugation Analysis Trolley

På steder hvor man ønsker mer presis informasjon om rifler med bølgelengde < 50 mm, enn hva Roger 1000 kan gi, kan CAT (Corrugation Analysis Trolley) anvendes. Dette er en tralle med en måleenhet som man går med langs sporet i en hastighet på 2-5 km/h. Den gir en oppløsning på 0,001 mm og har en nøyaktighet på bedre enn 0,002 mm (RMS).





2.3.3 Ultralydtesting av skinner

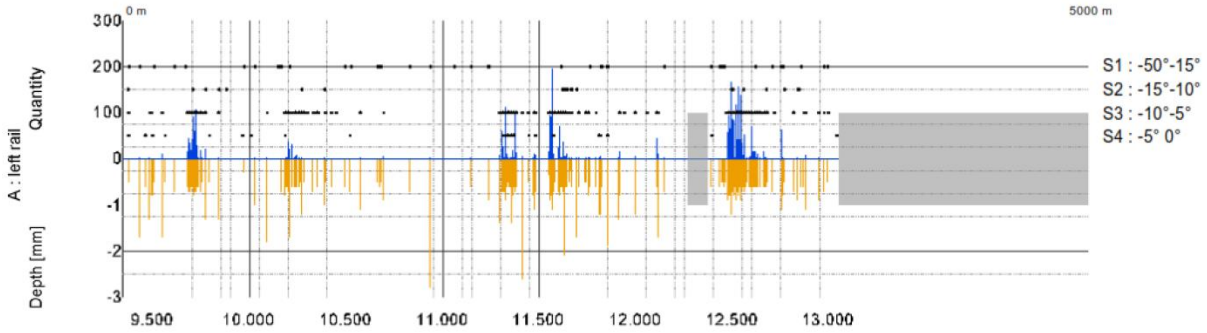
Det blir utført periodisk ultralydtesting av skinner. Ultralyd er godt egnet til å detektere sprekker inne i skinnene, men egner seg dårlig til å detektere feil i, eller like under overflaten på grunn av en dødsone på 4-6 mm. Skinnefeil som kan forhindres eller korrigeres ved hjelp av bearbeiding ligger gjerne i denne «dødsonen». Resultater fra ultralydtesting vil derfor i liten grad ha betydning for vurdering og planlegging av skinnebearbeiding.

2.3.4 Hvirvelstrømtesting av skinner («Eddy current»)

Som følge av begrensingene ultralyd har med hensyn til overflatefeil, er hvirvelstrømtesting av skinner blitt tatt i bruk de senere år i stadig flere europeiske jernbaneforvaltninger. Hvirvelstrøm er godt egnet til å kvantifisere kjørekantsprekker («Head checks») med hensyn til tetthet/mengde. Det er også mulig til en viss grad å måle sprekklengde med hvirvelstrøm, men ikke direkte dybde av sprekkene.

Hos oss i Norge har hvirvelstrømtesting forelpøig bare forsøksvis blitt anvendt. Senest i 2017 på Gardermobanen og Sandnes – Stavanger, hvor hvirvelstrømtesting ble utført sammen med ultralydtesting av skinnene. Hvirvelstrømtesting kan gi verdifull informasjon for vurdering og

planlegging av skinnebearbeiding på steder som er utsatt for kontaktutmatting. Hvirvelstrømtesting benyttes også av slipe- og freseoperatører for å verifisere at bearbeiding har fjernet alle sprekker.



2.3.5 Supplerende observasjoner / måling i sporet

I tillegg til målevognskjøringer, kan observasjoner i sporet fra f.eks tilstandskontrollører, banemontører og togførere benyttes som supplement til målediagrammene.

Kvalitet på skinnene mhp. bølgedannelse, kontroll av skinneprofilbearbeiding, geometrikontroll av sveis og retthet av kjøreflate/kjørekant kan også måles lokalt i sporet ved hjelp av håndholdt utstyr.

2.4 SKINNEPROFILBEARBEIDING

2.4.1 Planlegging og forberedelser

Planlegging av skinneprofilbearbeiding blir gjort på grunnlag av resultat fra målinger med målevogner og fra supplerende observasjoner i sporet utført av fagpersonell. Ut fra målingene og observasjoner lokaliseres de strekninger hvor bølgedannelser eller andre skinnefeil overstiger gitte krav, og som da vil ha behov for korrektiv skinneprofilbearbeiding.

I de senere årene er det utført stor grad av preventiv strekningsvis skinneprofilbearbeiding ved skinnesliping (eksempelvis det meste av Nordlandsbanen 2015-2017) for å eliminere problemer før de oppstår og for å forlenge levetiden for skinnene. I Slipeprogrammet er deler også basert på trafikkbelastning i mill.br.tonn og hastighet (Gardermobanen) og ikke på målbare/visuelle kriterier.

2.4.2 Metoder for skinneprofilbearbeiding

De forskjellige typer for skinneprofilbearbeiding kan deles inn på følgende måte:

- Preventiv skinneprofilbearbeiding
- Korrektiv skinneprofilbearbeiding
- ~~S~~kinneprofilbearbeiding for å tilpasse spesialprofiler

2.4.3 Preventiv skinneprofilbearbeiding

På nye skinner finnes det et spesielt overflateproblem. Overflatesjiktet på nye skinner består av en generell overflateruhet og små ujevnheter, samt et tynt glødeskall (med mindre hardhet) ned til ca. 0.5 mm dyp.

Begrepet preventiv skinneprofilbearbeiding er et forebyggende tiltak for overflateproblem på nye skinner eller for eldre brukte skinner for å hindre utvikling av bølgedannelser. Ved skinneprofil-bearbeiding av nye skinner forlenges initieringstiden for bølgedannelse og andre overflatedefekter. Preventivt tiltak ved skinneprofilbearbeiding bør gjøres relativt hyppig for å hindre eskalering av bølgedannelser og for å begrense omfanget av bearbeiding. Nødvendig frekvens for skinneprofilbearbeiding er avhengig av bl.a. trafikkbelastning, hastighet og aksellast.

2.4.4 Korrektiv skinneprofilbearbeiding

Korrektiv skinneprofilbearbeiding utføres der hvor det er observert eller målt større bølgedannelse eller andre defekter. Korrektiv skinneprofilbearbeiding er en reperasjon eller feilretting i motsetning til preventiv skinneprofilbearbeiding, som utføres før større defekter oppstår.

2.4.5 Skinneprofilbearbeiding for å tilpasse spesialprofiler

Skinner kan slipes eller freses med spesielle profiler:

- Asymmetriske profiler
- Profiler for å øke kontaktflate mellom hjul og skinne
- Profiler for å øke sporvidde
- Profiler for øke ekvivalent konisitet

Asymmetrisk skinneprofilbearbeiding kan utføres i skarpe kurver for å få en mest mulig gunstig kontaktflate mellom hjul og skinne. Dette vil gi mindre sideveis slitasje / flensslitasje og utmatning på skinnen. Målet med metoden er å optimalisere hjulets kontaktpunkt på skinnen slik at at nødvendig rulleradiusdifferanse kan oppnås. Metoden går i korthet ut på å slipe de steder på skinneoverflaten hvor det ikke ønskes kontakt mellom hjul og skinne.

På steder hvor skinnene er utsatt for kontaktutmattingsskader kan det bearbeides til spesialprofiler som øker kontaktflaten mellom hjul og skinne, og dermed reduserer kontaktspenningene. På steder med for liten sporvidde forårsaket av eldre betongsviller, kan bearbeiding av skinner til spesialprofiler som gir økt sporvidde, være et alternativ til svillebytte. På strekninger med høy hastighet og hvor det oppleves ustabil gange, kan skinnene bearbeides til spesialprofiler som øker den ekvivalente konisiteten, og dermed reduserer sannsynligheten for ustabilitet. Ofte kan to eller flere av de ovennevte effektene kombineres i samme profil.

Det normale målprofilet i Norge er 60 E1 eller 54E3 med helning 1:20. Hovedunntaket er for Ofotbanen hvor skinnene bearbeides til spesialprofiler tilpasset spesielt til malmtogenes hjulprofiler.

2.4.6 Produksjonmetoder

Det finnes flere aktuelle metoder for maskinell bearbeiding av skinneprofilet. De mest kjente er ordinær skinnesliping, høyhastighetssliping, skinnefresing og skinnehøvling. De siste tiår er det kun ordinær skinnesliping som har vært anvendt i Norge. Høyhastighetssliping og skinnefresing var med i vurderingen for fem år siden i forbindelse med siste anskaffelsesprosess for skinneprofilbearbeiding. Når det gjelder skinnehøvling ble metoden utprøvd i Norge for ca. 25 år siden, men har siden ikke vært aktuell, da ingen leverandører i Europa tilbyr dette.

Skinnesliping

Ordinær skinnesliping utføres både for spor og sporveksler med forskjellige typer av maskiner med ulike størrelser og antall roterende slipesteiner. Slipetogene anvendt i Norge seneste år er utstyrt med h.h.v. 48 slipesteiner for spor og 16 slipesteiner for sporveksler. Kapasitet på sporsliping er 5000 m/t og fjerning av stål inntil 0,5 mm pr. passasje. Preventiv sliping krever normalt 2-4 overkjøringer, korrektiv sliping 5-8 overkjøringer. For nylig korrektiv sliping mellom Sandnes-Stavanger ble det fjernet opp til 8 mm ved 18 passasjer.

Høyhastighetssliping

Høyhastighetssliping er en metode med passive slipesteiner som dras over skinnene i i hastigheter opp imot 80 km/t og der det ved overkjøring fjernes lite metall. Det kan fjernes metall inntil 0,05 mm pr. passasje. Høyhastighetssliping kan egne seg for hyppige slipinger på baner med høy trafikk og begrenset sportilgang.

Skinnefresing

Skinnefresing er en metode der skinneprofilet bearbeides ved overkjøring av tog med fresehjul tilpasset det aktuelle målprofilet som ønskes oppnådd for hver enkelt strekning. Denne betegnes som en agressiv metode, da den fjerner mye metall og kan etablere målprofil ved en overkjøring. Kapasitet på skinnefresing er 600-700 m/t avhengig av maskintype og fjerning av metall inntil 3 mm pr. passasje. Nye fresetog bygges nå for kapasitet på over 1000 m/t.

2.5 EFFEKTER AV SKINNEPROFILBEARBEIDING

2.5.1 Skinner

Skinner skal normalt bare byttes ut fordi de er nedslitte eller pga. utmatning, dvs. at grensen for slitasje eller utmatning er nådd. På dette tidspunktet har bruddfrekvensen økt utover det som er akseptabelt og arbeidet med stikkbytte av skinner blir så stort at det ikke lenger er økonomisk forsvarlig.

Forventet levetid for skinner antas å ligge i området 250 - 500 mill.br.tonn (Mbt). Imidlertid påvirkes dette av skinneprofil, stålkvalitet, kurvatur og andel tunge aksler. Ved å redusere de ekstra dynamiske kreftene som forårsakes av rifler og bølger ved skinneprofilbearbeiding, forventes en økning av skinnenes levetid på anslagsvis 50 Mbt. Dette vil si økning av levetiden på 10-20 år for størstedelen av banenettet utenom IC-området og nærtrafikkstrekningene ved Stavanger, Bergen og Trondheim.

2.5.2 Andre sporkomponenter

Generelt kan det sies at skinneprofilbearbeiding betyr mindre vibrasjoner og lavere påkjenninger i sporet og at dette betyr en forlengelse av levetiden på komponentene.

For betongsviller gjelder at rifler og bølger har en sterkt nedbrytende effekt. Dette gjelder spesielt der hvor det er dårlig ballast eller for tynt ballastlag på hard undergrunn. Gevinsten for befestningen er vanskelig å dokumentere, men spesielt for plastdelene kan det vises at levetiden øker vesentlig.

På grunnlag av tidligere erfaringer og rapporter stipuleres økt forventet levetid for mellomlegg/isolator og for sviller med ca. 5 år. Anslagene er grove og svilletype, trafikkbelastning, kurvatur osv. vil påvirke levetidene betydelig. Basis levetid for skinner er 60 år.

Når det gjelder ballasten, er denne flere steder sterkt utsatt for nedknusing pga. overbelastning. Ved skinneprofilbearbeiding dempes disse belastningene og erfaringer viser at problemene minsker betraktelig. Forsøk på tallfesting er svært vanskelig og usikkert, men ved skinneprofilbearbeiding antydes likevel at intervallet for rensing gjennomsnittlig kan økes med ca. 5 år (fra 25 til 30 år).

2.5.3 Sporets justering

Tilleggskreftene fra rifler og bølger fører til større påkjenninger og dermed større setninger i ballasten. Vibrasjonene ved enkelte frekvenser kan også medføre resonansfenomener som fører til at steinene i ballasten flyter. Undersøkelser internasjonalt har vist at justeringsintervallene har blitt forlenget med opptil 50% etter skinneprofilbearbeiding.

2.5.4 Rullende materiell

Dårlig tilpasning mellom hjul og skinne pga. flatslitte skinner vil ha betydning for det rullende materiellets løpeegenskaper ved høye hastigheter, samt at unøyaktig kontakt mellom hjul og skinne kan forårsake utmatning på hjul og skinne. Siden det rullende materiellet benyttes både på strekninger med varierende skinneprofil/-tilstand er det vanskelig å tallfeste disse virkningene.

2.5.5 Støy

Spor med rifler/bølger har et betydelig høyere støynivå enn spor uten disse defekter. I kurver med rifler og korte bølger kan dette medføre en økning av støynivået på 10-15 dB, dvs. mer enn en fordobling. Flere internasjonale rapporter konkluderer med at en kan oppnå en reduksjon på opptil 10 dB etter skinneprofilbearbeiding, hvilket oppleves som halvering av støynivået, eller støyreduksjon tilsvarende en støyskjerm på 2 meter i 4 m avstand fra spor.

Skinneprofilbearbeiding er antageligvis den mest effektive måten å redusere støy og vibrasjoner for passasjerene i toget. Mindre vibrasjoner og støy i vognkassen har stor betydning for passasjerenes komfort.

2.5.6 Baner med høyere hastigheter

Her menes strekninger bygget for hastigheter over 200 km/t. Ved høyere hastigheter vil kreftene mot sporet øke og dermed vil de negative virkningene av bølger/rifler nevnt tidligere, bli større. Ved høyere hastigheter vil det pga. kjøreegenskaper og sikkerhet være svært viktig med god tilpasning mellom hjul og skinne.

På baner med høye hastigheter er rifledannelse et vanlig fenomen. Dette kan skape svært mye støy og vibrasjoner. Økende hastighet medfører også økende støynivå.

Ved nye høyhastighetsbaner for IC-nettet, settes det strenge krav til støymessige forhold. Det settes også strenge krav til støy ved nytt togmateriell, noe som medfører en betydelig støyreduksjon.

På grunn av de økte dynamiske tilleggskreftene vil sannsynlighet for at kontaktutmattingsskader oppstår øke på strekninger med høy hastighet. «Squat» er en kontaktutmattingsskade på kjøreflaten som man nå ser i stadig økende grad på Gardermobanen

3 SITUASJONSBESKRIVELSE

3.1 GJELDENDE KRAV I TEKNISK REGELVERK

Bane NOR sitt Teknisk regelverk inneholder krav til vedlikehold av skinner:

https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Skinner

Det stilles bl.a. krav til:

- Maksimal tillatt skinneslitasje
- Anbefalinger for å unngå/redusere kontaktutmatting
- Anbefalte grenseverdier for rifler og bølger
- Inngrepskriterier for ulike typer skinnefeil, herunder også kontaktutmattingsskader

Under avsnitt om vedlikeholdsbearbeiding (https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Skinner#Vedlikeholdsbearbeiding) gis det anbefalinger om inngrepsgrenser for bearbeiding av skinner basert på målte geometriske avvik og trafikkbelastning/hastighet:

Sth (km/h)	**Trafikkbelastning (Mbrt/år)**	**Bølgedybde - korte bølger**	
		RMS-verdier	«topp til bunn»-verdier
130 ≤ v ≤ 160	≥ 4	0,02 mm	0,06 mm
	< 4	0,03 mm	0,08 mm
v < 130	≥ 2	0,03 mm	0,08 mm
	< 2	0,05 mm	0,15 mm

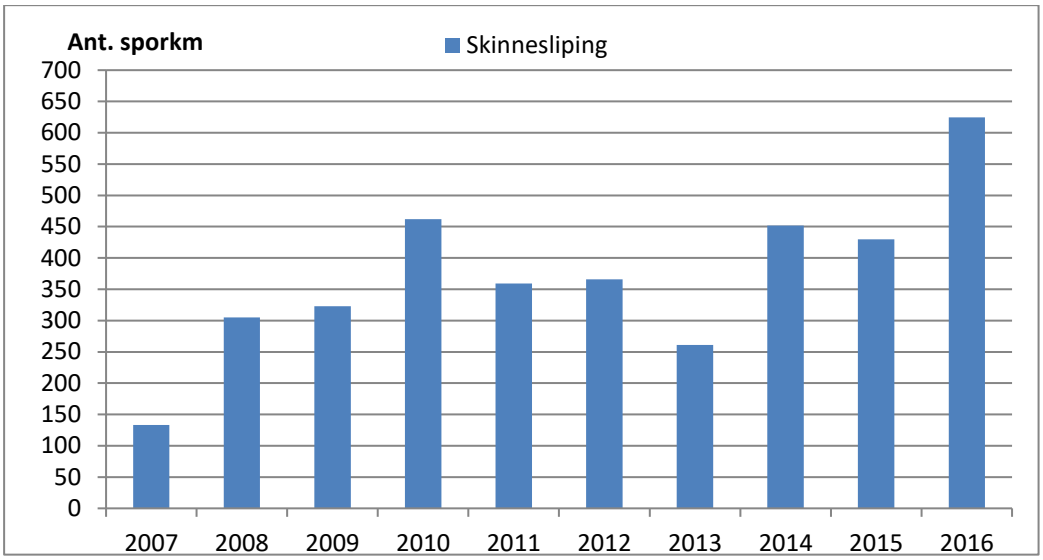
Det gis også anbefalinger her om at bearbeiding bør iverksettes ved bølgehøyde 0,05 mm i støyutsatte områder.

Under avsnitt om kontaktutmatting (https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Skinner#Kontaktutmatting) gis det anbefaling om bearbeiding for å unngå/redusere kontaktutmattingsskader gjennom periodisk fjerning av materialmengde og angivelse av spesialprofiler. Dette avsnittet er for tiden under revisjon.

3.2 SKINNEPROFILBEARBEIDING I PERIODEN 2011 - 2016

Nedenfor er gitt en oversikt over Skinneprofilbearbeiding gjennomført i perioden fra 2011 til 2016. Slipeomfanget har variert over perioden, men har hatt en markant økning etter at ny kontrakt basert på slipetog med større kapasitet ble iverksatt. Totalt har mengden av skinneprofilbearbeiding variert fra laveste omfang i perioden med 261 km til høyeste med 694 km tilsvarende hhv. 6,3% og 16,8 % av det totale antall hovedsporkm innen baneprioritet 1-4. I snitt for perioden 2011-2016 er det slipt 427 km, som tilsvarer 10,4% av totalt antall hovedsporkm, tilsvarende en syklus på ca 10 år.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	Snitt 2011-16
359 km	366 km	261 km	452 km	430 km	694 km	427 km
8,7%	8,9%	6.3%	11,0%	10,4%	16,8%	10.4%



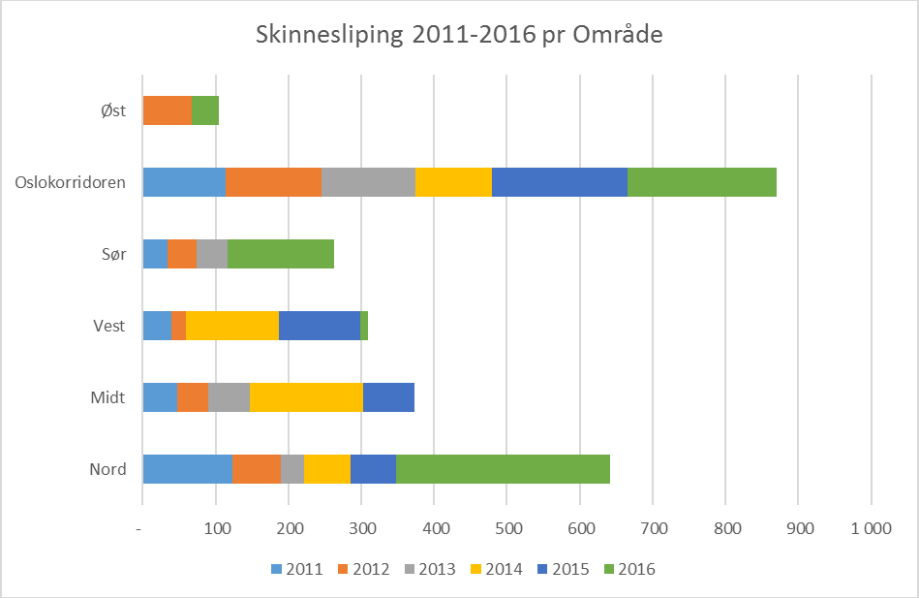
Årsaken til variasjon i omfang av skinnesliping i perioden skyldes i hovedsak varierende budsjett. Fra 2014 skyldes økningen produksjon med slipetog med større kapasitet enn tidligere års slipetog.

I neste tabell er angitt mengder (m) og andel (%) av den totale anleggsmengde som er slipt innen hvert enkelt Område. I tillegg er angitt hvilken syklus dette representerer. Total anleggsmengde med baneprioritet 1-4 er 4 123 km.

Område/År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2016	Andel spor slipt %	Gj.snitt syklus år
Nord	123	67	32	64	62	294	642	16,6	6,0
Midt	48	42	58	156	70	-	373	5,4	18,4
Vest	40	20	-	127	111	11	309	10,8	9,2
Sør	34	40	43	-	-	147	263	7,0	14,4
Oslokorridoren	115	131	129	105	186	205	871	21,2	4,7
Øst	-	67	-	-	-	38	105	3,2	31,1
Sum	359	367	261	452	430	694	2 562	10,4	9,7

Som tabellen viser har omfanget av skinnesliping i perioden vært størst i Område Oslokorridoren, noe som samsvarer med hvor trafikkbelastning og slitasje er størst. For Område Nord er det i tillegg til sliping av Ofotbanen 2 ganger i året, startet en preventiv sliping for hele Nordlandsbanen Bodø - Steinkjer, som fullføres i 2018. Resultatet vises også på diagrammet under.

Til sammenligning er det i Sverige siste år foretatt skinneprofilbearbeiding av totalt ca. 2400 km. Dette tilsvarer ca. 20 % av hovedspor og en syklus på hvert 5 år. Fordeling av skineprofilbearbeiding er 90/10 på henholdsvis skinnesliping og skinnefresing. Andelen skinnefresing forventes å øke fremover.



Skinnesliping utført 2011-2016 fordelt på strekninger:

År	Område	Bane/strekning
2011	Oslokorridoren	Hove - Hamar Lillestrøm - Eidsvoll (GMB)
	Øst	Gjøvikbanen (Eina)
	Sør	Nelaug
	Vest	Voss - Bergen
	Midt	Nordlandsbanen Dombås - Hjerkinn
	Nord	Ofotbanen
2012	Oslokorridoren	Hokksund - Drammen Drammen - Kobbervik
	Øst	Oslo - Moss
	Sør	Nordagutu
	Vest	Voss - Bergen Ål - Reimegrend
	Midt	Malmbanen Marienborg - Støren Verdal - Røra
	Nord	Ofotbanen
2013	Oslokorridoren	Sandvika - Asker Drammen - Hokksund Drammen - Asker Nykirke - Barkåker Hamar - Strandlykkja Lillestrøm - Kløfta (GMB)
	Øst	Oslo - Nittedal
	Sør	Sira - Helleland Kristiansand - Marnadal
	Midt	Stjørdal - Røra
	Nord	Ofotbanen Nordlandsbanen

År	Område	Bane/strekning
2014	Oslokorridoren	Eidsvoll - Hove Lysaker - Sandvika Oslo - Lillestrøm (GMB) Spikkestadbanen
	Vest	Hokksund - Reimegrend
	Midt	Rørosbanen Dombås - Otta
	Nord	Ofotbanen
2015	Oslokorridoren	Drammen - Hokksund Drammen - Holm Nykirke - Barkåker Spikkestadbanen Lysaker - Asker Eidsvoll - Lillestrøm
	Øst	Oslo - Ski
	Vest	Ål - Reimegrend
	Midt	Hell - Trondheim Støren - Heimdal Fagerhaug - Oppdal Fåberg - Ringebu
	Nord	Ofotbanen Malmbanen
2016	Oslokorridoren	Lillestrøm - Eidsvoll (GMB) Lysaker - Asker Hove - Fåberg Brummunddal - Lillehammer Nykirke - Barkåker
	Øst	Oslo - Ski
	Sør	Sandnes - Stavanger Nordagutu - Nelaug
	Vest	Myrdal - Flåm
	Nord	Ofotbanen Fauske - Mosjøen

3.3 KOSTNADER

Økte levetider for spor og rullende materiell, samt lavere vedlikeholds- og utskiftningskostnader gjør skinneprofilbearbeiding lønnsomt. Omfanget og kostnadene ved skinneprofilbearbeiding må veies mot innsparinger for økte levetider og lavere andre vedlikeholdskostnader.

I tillegg må også verdien av lavere støy, mindre vibrasjoner og forbedrede gangegenskaper verdsettes. Verdien av mindre behov for støyskjermer kan bli betydelig. Forbedret komfort for passasjerene, vurdert som risiko for å miste kunder pga. dårlig komfort er vanskelig å tallfeste, men må allikevel være med i en økonomisk vurdering.

Utfordringen er å finne de økonomisk optimale inngrepskriteriene for de forskjellige banene. Dette vil være en avveining mellom utskiftnings- og vedlikeholdskostnader, bygging av støyskjermer, og komfort på den ene side og kostnader til skinneprofilbearbeiding på den annen side.

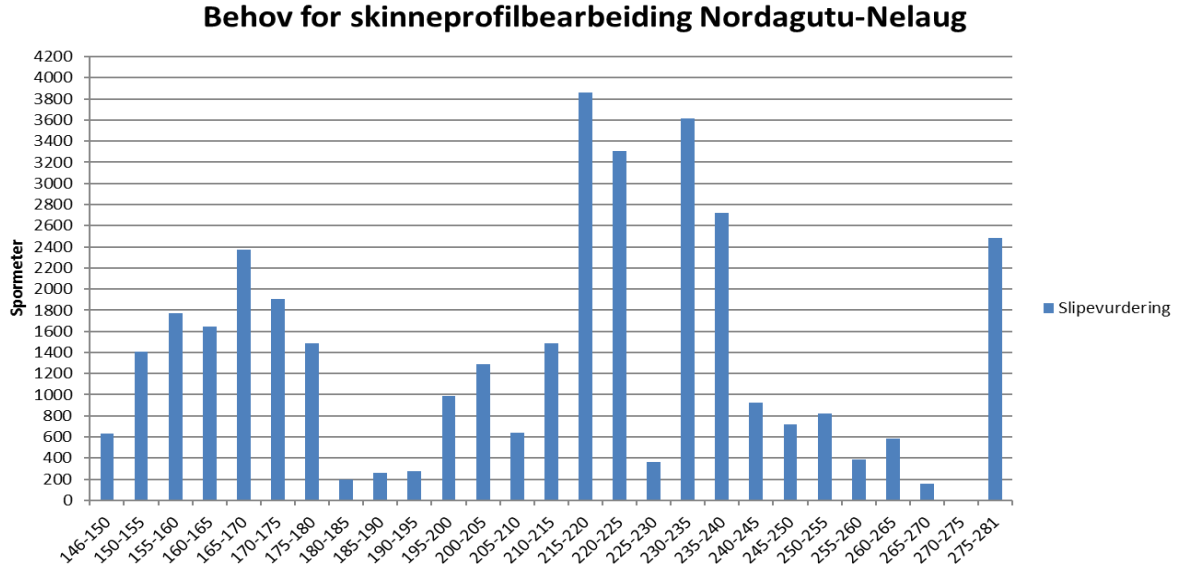
Basert på erfaringstall for enhetspriser på skinneprofilbearbeiding og andre sporvedlikeholdsarbeider, såsom skinnebytte, svillebytte, sporjustering og ballastrensing kan det foretas beregning av nytte/kost for skinneprofilbearbeiding sett opp imot levetidsforlengelse av ulike anleggsdeler. Det er ikke gjort i denne omgang.

Når det gjelder enhetspriser for skinnesliping har disse variert over år avhengig av forskjellige faktorer som tilstand, sportilgang, brannberedskap, m.m. Gjennomsnittlig prisregulert enhetspris i perioden 2011-2016 har vært kr. 70 pr. spormeter. Ifm. forrige konkurranse vedrørende skinneprofilbearbeiding var enhetsprisen for skinnefresing vesentlig høyere enn for skinnesliping. Signaler fra markedet nå er at skinnefresing tilbys av flere leverandører og at prisnivået for fresing kan forventes noe redusert. Årlig budsjett for skinneprofilbearbeiding senere år har vært på 30-35 mill.kr.

3.4 TILSTAND MED HENSYN PÅ BØLGER

Målevognskjøringer gir oversikt over rifler og bølger og en tilstandsbeskrivelse mhp. bølgedannelse med angivelsegi av bølgelengde og bølgedybde. Disse resultatene brukes av Områdene for vurdering av behov for skinneprofilbearbeiding for baner/strekninger. Det er varierende kompetanse i Områdene innen dette fagområdet og variernede kvalitet på de vurderingene som blir gjort i denne forbindelse. Siste samlet tilstandsvurderinger/-fastsettelse for alle banene i sentral regi ble gjennomført i 2012. Siden den gang er det gjennomført tilstandsvurderinger på oppdrag fra Områdene. Siste oppdrag er utført i 2016 ved en samlet tilstandsvurdering for alle strekningene innen Område Sør samt tilsvarende for Banesjef Røros- og Solørbanen.

I forbindelse med sistnevnte vurdering er grunnlaget ved måling utført våren 2015. Bølgelengder som er benyttet er 100-300mm og med ampiltude (utslag) 30µm. Del av resultatet vises med eksempel fra Sørlandsbanen for strekningen Nordagutu-Nelaug, der behov for skinneprofilbearbeiding basert på bølgedybdre > 0,1mm fremkommer i diagrammet med andel for hver 5. km.



4 STRATEGI FOR SKINNEPROFILBEARBEIDING

4.1 GENERELT

Som nevnt under punkt 2.4 refereres det ofte til to typer, eller «filosofier», for skinneprofilbearbeiding:

* *Preventiv skinneprofilbearbeiding* som vil si skinneprofilbearbeiding før problemene oppstår. Slipeintervallene kan være basert på krav til støy, på trafikkbelastningen (et visst antall mill.br. tonn), kurveradius, erfaring med strekningen mhp. når problemer tidligere har oppstått etc. Ved preventiv Skinneprofilbearbeiding vil slipetoget ha få passeringer, og Skinneprofilbearbeidingen gjøres raskere og billigere enn dersom defektene hadde vært større.

* *Korrektiv skinneprofilbearbeiding* som utføres når det allerede har oppstått problemer, eller ved bestemte inngrepskriterier, så som bølgedybde, støypåvirkning eller krav til komfort.

Tilstanden mhp. bølgedannelse på skinnene på banenettet er stort sett dårlig. Ved gjennomføring av et slipeprogram vil det måtte gjøres en prioritering mellom de forskjellige banene og strekninger på de enkelte banene. Faktorer som vil påvirke prioriteringen er : målt tilstand, støypåvirkning, trafikkbelastning og eventuelle andre / manuelle observasjoner langs sporet som kan relateres til virkninger av bølger (f.eks andre defekter på skinnene, skader på andre sporkomponenter).

Det blir i løpet av kort tid utgitt en ny standard som inneholder anbefalinger og strategier for skinneprofilbearbeiding *EN 13321-5: Procedures for rail reprofiling in plain line, switches, crossings and expansion devices.* I utkastet til denne standarden beskrives blant annet anbefalinger for hvordan man gradvis kan bevege seg fra korrektiv til preventiv bearbeiding gjennom flere steg;

a) måling og dokumentasjon av tilstand
b) klassifisering av strekninger i følgende kategorier:
    1) preventiv syklisk reprofilering er tilstrekkelig;
    2) korrigerende reprofiling er nødvendig;
    3) utskifting av skinner er nødvendig (hvor reprofilering ikke er praktisk mulig)
c) prioritering av nødvendige korrigerende tiltak:
    1) korrigere til null (forebyggende modus) i ett trinn (foretrukket scenario);
    2) korrigere til null (forebyggende modus) i flere trinn (i tilfelle begrenset budsjett eller reprofileringskapasitet);
d) alle bearbeidede strekninger skal opprettholdes i en forebyggende syklisk modus
e) forebyggende syklisk bearbeiding skal prioriteres fremfor korrigerende bearbeiding.

4.2 ANBEFALTE INNGREPSKRITERIER FOR KORTE BØLGER

Nedefor er angitt inngrepskriterier for skinneprofilbearbeiding jfr. Teknisk regelverk. Inngrepskriteriene er basert på en korrektiv slipestrategi. Basert på erfaringer med skinneprofilbearbeiding på de enkelte banene senere år (med bl.a. langt større kapasitet på maskiner i forhold til tidligere), utvikling av tilstand mhp. bølgedannelse etc., kan det i langt større grad nå utarbeides strategier basert på preventiv skinneprofilbearbeiding for f.eks de mest belastede banestrekninger.

Inngrepskriterier er differensiert i forhold til inngrepskriteriene hastighet og trafikkbelastning.

Sth (km/h)	**Trafikkbelastning (Mbrt/år)**	**Bølgedybde - korte bølger**	
		RMS-verdier	«topp til bunn»-verdier
130 ≤ v ≤ 160	≥ 4	0,02 mm	0,06 mm
	< 4	0,03 mm	0,08 mm
v < 130	≥ 2	0,03 mm	0,08 mm
	< 2	0,05 mm	0,15 mm

De anbefalte inngrepskriteriene i Teknisk regelverk er imidlertid begrenset til 160 km/h. Det bør derfor utarbeides nye anbefalinger også for høyere hastigheter. Som et utgangspunkt kan anbefalinger i standarden FprEN 13231-5 anvendes. Disse er gjengitt under:

Table 1 — Thresholds for longitudinal profile (peak to peak value)

Track speed km/h	**Defect type**	**Wavelength**	**Threshold for planning**	**Threshold for execution**
		Range mm	**Depth** mm	**Depth** mm
$v \leq 80$	Short pitch corrugation	10 to 100	0,10	0,20
$80 < v \leq 120$			0,07	0,15
$120 < v \leq 160$			0,05	0,10
$v > 160$			0,02	0,04
$v \leq 80$	Short wave corrugation	30 to 300	0,20	0,30
$v > 80$			0,10	0,20
urban rail v ≤ 120			0,35	0,7
$v > 160$	Long wave corrugation	300 to 1 000	0,40	0,50

4.3 FORSLAG TIL PRIORITERINGER

I det følgende er det gitt et forslag til sykluser for skinneprofilbearbeiding for de enkelte baner, som kan være førende mhp. planlegging og gjennomføring på lang sikt etter at optimalt målprofil er etablert. Prioritering av baner med hensyn på skinneprofilbearbeiding de nærmeste år, vil kunne foreslås etter en samlet gjennomgang av tilstanden for hele banenettet. Dette er et arbeid (tilsvarende som utført for Sørlandsbanen og Rørosbanen i 2016) som kan gjøres i neste fase og som kan ferdigstilles for alle baner innen baneprioritet 1-3 i løpet av første kvartal 2018 basert på siste målinger utført høsten 2017. En foreløpig prioritering 1-5 for perioden 2018-2029 er foreslått i tabell nedenfor.

Bane / strekning Baneprioritet 1-4	**Km h.spor**	**Trafikkbelastning mill.br.tonn (må oppdateres)**	**Korte bølger > 0.1 mm, i % av strekningen**	**Syklus År**	**Prioritet 2018-2029**
Område Nord					
OB: Narvik-Riksgrensen	42	30	Angis i neste fase	0,5	1
NB: Steinkjer-Mo i Rana	372	3,4	ferdig utgang	7	1
Mo i Rana-Ørtfjell	37	10	Q1/2018	4	2
Ørtfjell-Bodø	194	3,4	(jfr. ovennevnte)	7	4
Område Midt					
TB: Trondheim-Steinkjer	126	6,0		4	3
TB: Støren-Trondheim	52	6,0		4	3
DB: Lillehammer-Støren	327	4,4		5	4
RSB: Hamar-Støren	384	1,7		>10	5
RSB: Kongsvinger-Elverum	94	1,7		>10	5
RB: Dombås-Åndalsnes	114	1,7		>10	5
Område Vest					
RB: Hokksund-Hønefoss	54	3,8		6	4
BB: Hønefoss-Voss	289	4,6		6	4
BB: Voss-Bergen	83	6,0		4	2
RHB: Roa-Hønefoss	20	2,6		>10	5
FB: Myrdal-Flåm	32	1,5		7	5
Område Sør					
SB: Kongsberg-Nordagutu	47	4,4		5	3
SB: Nordagutu-Kr.sand	218	4,4		5	3
SB: Kr.sand-Egersund	161	3,4		6	4
SB: Egersund-Sandnes	58	5,0		5	3
SB: Sandnes-Stavanger	30	6,0		3	2
VB: Larvik-Eidanger	34	4,0		6	1
VB: Eidanger-Skien	13	4,0		6	1
BB: Skien-Nordagutu	34	1,0		>10	5
AB: Nelaug-Arendal	36	1,0		>10	5
Område Oslokorridoren					
DB: Eidsvoll-Hamar	70	5,0		4	2
DB: Hamar-Lillehammer	58	4,0		6	3
GMB: Oslo-Eidsvoll (GMB)	132	12		2	1
HB: Oslo-Eidsvoll (HB)	94	9,5		3	1
AB: Lysaker-Asker	30	11,9		3	2
DRB: Oslo-Drammen	84	7,0		3	1
VB: Drammen-Larvik	150	5,0		4	2
SB: Drammen-Hokksund	17	6,0		5	2
SB: Hokksund-Kongsberg	29	4,6		5	2
SPB: Asker-Spikkestad	17	2,0		>10	5
Område Øst					
ØBV: Oslo-Ski	48	9,0		3	2
ØBV: Ski-Sarpsborg	119	7,0		4	2
ØBV: Sarbsborg-Kornsjø	60	5,0		4	3
ØBØ: Oslo-Sarpsborg	81	0,9		>10	2
KB: Lillestrøm-Riksgrensen	121	4,0		>10	4
GB: Oslo-Jaren	72	4,6		>10	3
GB: Jaren-Gjøvik	52	1,5		>10	5

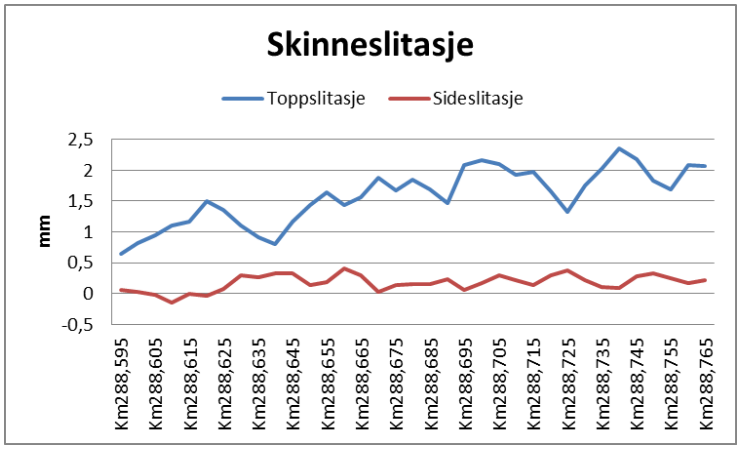
4.4 SKINNEPROFILBEARBEIDING VERSUS SKINNEBYTTE

Det er nylig presentert et case for Nordlandsbanen vedrørende skinneprofilbearbeiding som levetidsforlengende tiltak og som muliggjør utsettelse av planlagt skinnebytte. For denne banen er beskrevet en mulighet for dette og et potensial for besparelser som er betydelig. Lignende vurdering bør gjøres, i første omgang for de baner der det i fornyelsesplanen er foreslått skinnebytte i planperioden 2018-2029. Vurderingen tar utgangspunkt i skinneslitasje, rifler og bølger med sikte på reprofilering av skinner.

Dersom utskifting av skinner er planlagt som følge av at slitasjegrense eller utmattingsgrense nærmer seg, eller allerede er nådd, vil ikke bearbeiding av skinner kunne forlenge levetiden. Der hvor utskifting av skinner er planlagt for å øke kapasiteten(større skinneprofil) slik at tyngre tog kan fremføres, vil heller ikke bearbeiding forlenge levetiden. Bearbeiding av skinner er et effektivt tiltak for å forlenge levetiden til skinner over en lengre tidshorisont. Skinner som allerede har nådd sin tekniske levealder kan imidlertid ikke «reddes» gjennom bearbeiding.

I forbindelse med målevognskjøring, lagres data i henhold til krav i Teknisk Regelverk for beregning av skinnehodes slitasje og bølger og rifler. Dataene for skinneslitasje måles for hver 5 skinnemeter mens bølger og rifler hver 0,5 skinnemeter, noe som gir en svært god indikering for skinnens tilstand. Det som mangler i noen av disse målingene, er at informasjon i Banedata ikke er oppdatert i forhold til hvilken type skinneprofil som er på de enkelte banestrekningene. En slik informasjon er svært nyttig i forbindelse med vurdering om skinner skal byttes eller reprofileres. Det gir også en god indikasjon om tidsforbruk ved gjennomføring av reprofilering av skinne.

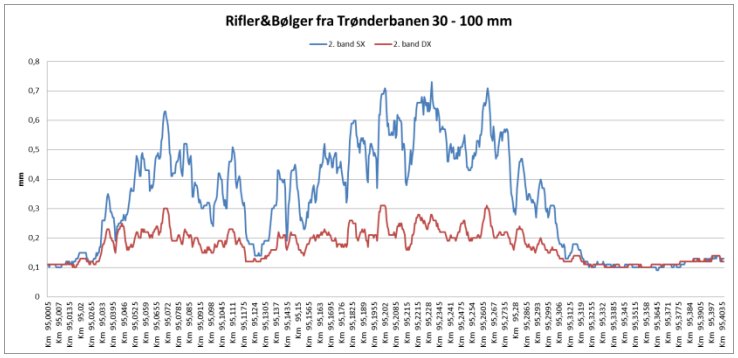
Graf for måling av skinneslitasje:



For den største delen av jernbanestrekningene i Norge er skinneslitasjen så liten og en bør derfor gjennomgå all data for å se hvor mye skinnene er slitt i forhold til kravene i Teknisk regelverk og sette opp en prognose for skinnebytte etter slitasjegrensen. Her inngår ikke skinnebytte etter andre kriterier.

Fra målevogn får en målerdata på bølger og rifler målt med en tetthet på 0,5 meter langs skinnehodet. Det gir en svært god informasjon og i henhold til «Teknisk Regelverk» 532,7 kan disse målingene kan benyttes til prioritering av reprofilering av skinner.

Graf for måling av skinneslitasje:



Som grafen viser fremkommer bølgedannelsen i skinnehodet frem og en kan her se om det bør slipes i forhold til krav i «Teknisk Regelverk 532-7». Gjennomgang av data fra målevogn kan gi utgangspunkt for en prioritert oversikt over hvor det reprofilering av skinner bør foretas.

Skinnesliping må ses i sammenheng med behov for skinnebytte. Plan for skinnebytte i FO-plan:

Banenavn	Strekning	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2018-20
Alnabanen	Grefsen-Alnabru		3,3											**3,3**
Andre baner	Lodalen	-	10,0	5,0										**15,0**
Askerbanen	Lysaker - Asker Askerbanen							**52,7**						**52,7**
Bergensbanen		**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**23,5**	**23,5**	**23,0**	**50,0**	**61,0**	**50,0**	**231,0**
	Hønefoss-Haugastøl							23,5			50,0	61,0	50,0	**184,5**
	Haugastøl-Bergen								23,5	23,0				**46,5**
Dovrebanen		**25,0**	**15,0**	**15,0**	**12,7**	**20,0**	**20,0**	**20,0**	**20,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**147,7**
	Hamar-Fåberg	10,0				20,0	20,0	20,0	20,0					**90,0**
	Fåberg-Dombås	15,0	15,0	15,0	12,7									**57,7**
Drammenbanen	Asker-Gulskogen	-	16,0											**16,0**
Flåmsbana	Myrdal - Flåm								**27,8**					**27,8**
Gjøvikbanen		**44,8**	**15,9**	**-**	**20,0**	**30,0**	**30,0**	**19,4**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**160,1**
	Oslo S-Roa				9,0	30,0	30,0	19,4						**88,4**
	Roa-Gjøvik	44,8	15,9	-	11,0									**71,7**
Hovedbanen		**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**16,0**	**54,2**	**-**	**-**	**-**	**70,2**
	Oslo S - Lillestrøm								**16,0**					**16,0**
	Lillestrøm-Eidsvoll									**54,2**				**54,2**
Kongsvingerbanen	Lillestrøm-Riksgrensen	-	15,0							**36,2**				**51,2**
Meråkerbanen	Hell-Storlien												**58,0**	**58,0**
Nordlandsbanen		**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**5,0**	**5,0**	**5,0**	**5,0**	**-**	**-**	**-**	**20,0**
	Steinkjer-Bjerka						5,0	5,0	5,0	5,0				**20,0**
Ofotbanen	Narvik-Vassijaure	15,0	15,0	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0	15,0			**115,0**
Randsfjordbanen	Hokksund-Hønefoss	15,1												**15,1**
Raumabanen	Dombås-Åndalsnes							102,7	75,0					**177,7**
Roa-Hønefossbanen	Roa-Hønefoss				30,2									**30,2**
Rørosbanen		**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**65,0**	**78,4**	**-**	**-**	**-**	**-**	**143,4**
	Hamar-Tynset							38,1						**38,1**
	Tynset-Støren							26,9	78,4					**105,3**
Sørlandsbanen		**39,0**	**30,0**	**15,0**	**15,0**	**15,0**	**15,0**	**15,0**	**57,0**	**70,0**	**80,0**	**160,6**	**90,0**	**601,6**
	Gulskogen-Kongsberg	9,0										37,7		**46,7**
	Kongsberg - Nelaug	15,0			15,0	15,0			27,0	70,0	54,7		30,0	**226,7**
	Nelaug - Kristiansand	-	15,0	15,0			15,0					94,3	15,0	**154,3**
	Kristiansand - Egersund		15,0					15,0			25,3	28,6	30,0	**113,9**
	Egersund-Stavanger	15,0							30,0				15,0	**60,0**
Vestfoldbanen		**10,0**	**9,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**19,0**
	Drammen-Larvik	10,0	9,0											**19,0**
Østfoldbanen vestre linje		**-**	**26,0**	**10,0**	**10,0**	**10,0**	**10,0**	**10,0**	**10,0**	**10,0**	**10,0**	**-**	**-**	**106,0**
	Ski-Sarpsborg		8,0											**8,0**
	Sarpsborg-Kornsjø	-	18,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0			**98,0**
Østfoldbanen østre linje	Ski-Sarpsborg	-	45,0				5,0							**50,0**
		148,9	**200,2**	**50**	**92,9**	**85**	**95**	**323,3**	**327,7**	**213,4**	**155**	**221,6**	**198**	**2 111,0**

Skinnebytte foretas når skinneprofilet har nådd kritisk grense og/eller skinnene har blitt utmattet. Slitasjeprofilet er omtalt tidligere. Når det gjelder behov for skinnebytte knyttet til utmatting, vil dette normalt ikke inntreffe for > 300 mill.br.tonn. Ved økning i skinnebrudd med 30 % over en 5-årsperiode, med utgangspunkt i bruddfrekvens på min 6 pr. 10km pr. år, bør skinnebytte planlegges.

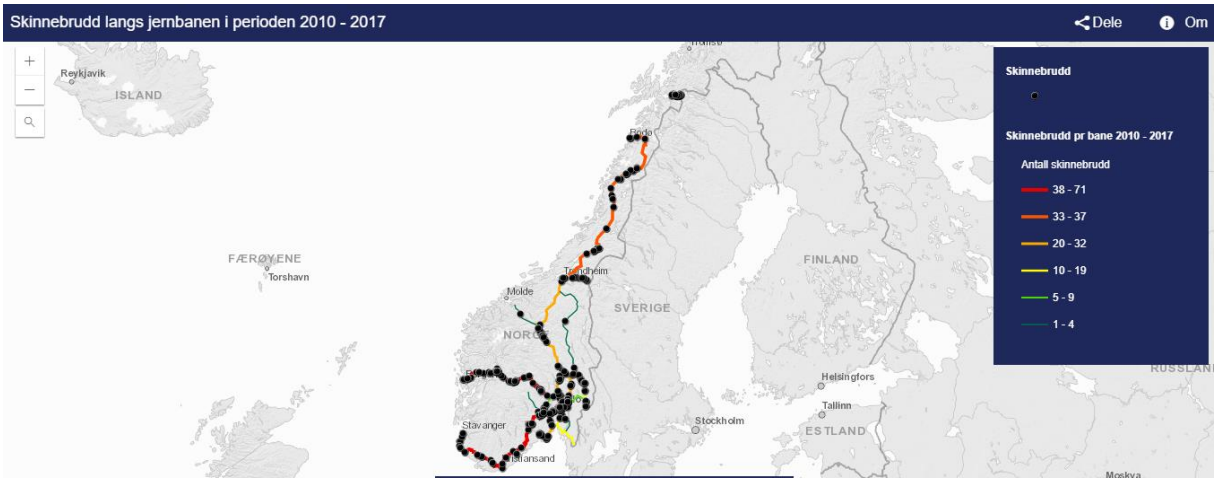
Som tabellen under viser kan det ikke påvises en slik økning for lengre sammenhengende strekninger. Kartvisningen viser derimot at det kan være enkelte konsentrerte strekninger der antall skinnebrudd i perioden 2010-2017 er høyt. Det bør vudreres nærmere om skinnebytte, som fremgår av FO-plan, kan utsettes ved å forlenge levetiden ved skineprofilbearbeiding. Dette bør vurderes spesielt for de banene/prosjektene som inngår i første del av planpeioden:

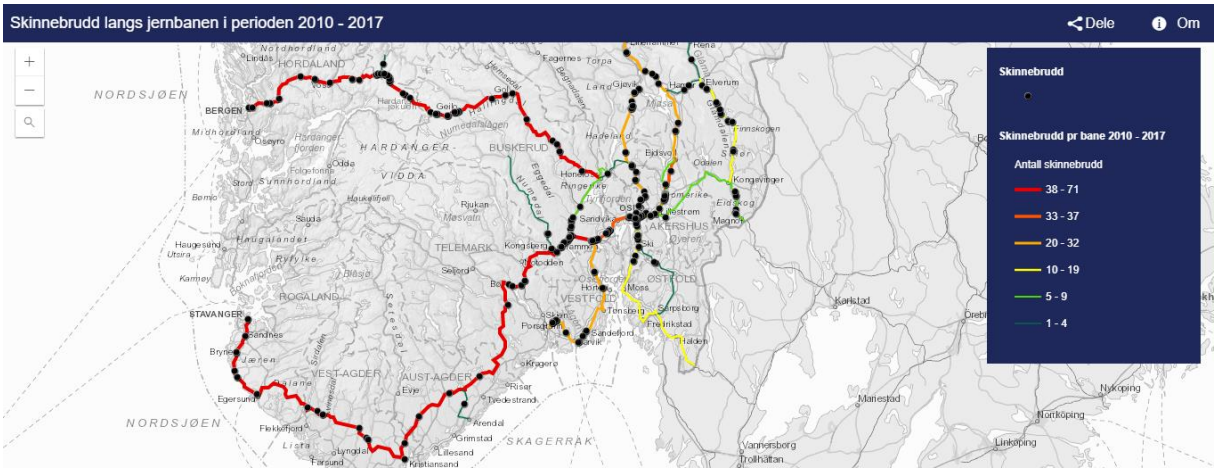
- Dovrebanen
- Kongsvingerbanen
- Sørlandsbanen
- Østfoldbanen VL
- Roa- Hønefossbanen

Når det gjelder skinnebytteprosjekter for Østfoldbanen ØL og Gjøvikbanen gjelder dette på grunn av dagens skinnetype og gjeldende dispensasjoner knyttet til togfremføringen.

Oversikt over skinnebrudd i perioden 2010-2017 fremgår under:

Antall av Tid oppstått	Tid oppstått								
Bane	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Totalsum
Alnabanen	2								2
Andre baner							1	4	5
Arendalsbanen							1		1
Bergensbanen	10	10	4	7	4	19	11	6	71
Dovrebanen	14	2	2	1	1	5	5	2	32
Drammenbanen	10	1	6	5		4	6	5	37
Flåmsbana						1			1
Gardermobanen	3			1	1			2	7
Gjøvikbanen	1		3	7	5	7	4	3	30
Hovedbanen	8	3	2	7	1	3	3	9	36
Kongsvingerbanen	2			3		2	2		9
Meråkerbanen		9							9
Nordlandsbanen	4	4	6	8	6	1	2	4	35
Numedalsbanen							2	1	3
Ofotbanen	10	4	15	13	3	5	5	12	67
Randsfjordbanen	1		3	2					6
Raumabanen		1							1
Roa-Hønefossbanen	1								1
Rørosbanen	1	1		1	1				4
Solørbanen			2	4		4	3	6	19
Stavne-Leangenbanen	1			3					4
Sørlandsbanen	14	7	7	11		5	5	7	56
Vestfoldbanen	4		5	3	5		4	7	28
Østfoldbanen vestre lin	3		4	2	2		2		13
Østfoldbanen østre linje					1	1			2
Totalsum	89	42	59	78	30	57	56	68	479





5 BANER MED HØYERE HASTIGHET

5.1 GENERELT

Det pågår planlegging og bygging av nye baner i IC-området som dimesjoneres for hastigheter på inntil 250 km/t.

Innen 2024 er målet å ha ferdigstilt indre IC-triangel, dvs:

- Vestfoldbanen Drammen-Tønsberg (Larvik-Eidanger ferdigstilles høsten 2018)
- Dovrebanen Eidsvoll-Hamar
- Østfoldbanen Ski-Sarpsborg
- Follobanen Oslo-Ski

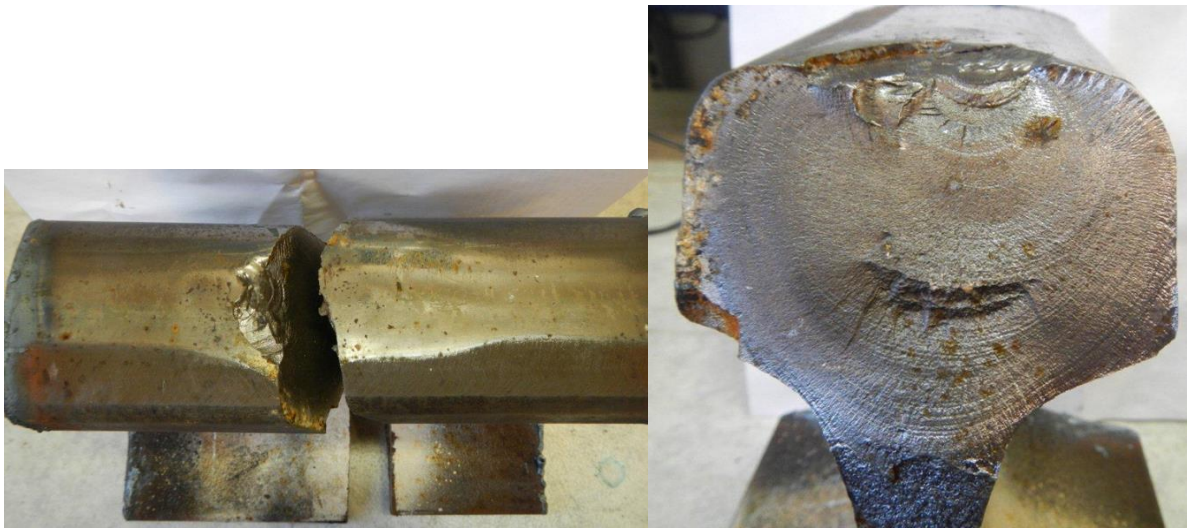
Innen 2034 er målet å ha ferdigstilt ytre IC-triangel:

- Vestfoldbanen Tønberg-Larvik og Eidanger-Skien
- Dovrebanen Hamar-Lillehammer
- Østfoldbanen Sarpsborg-Halden
- Ringeriksbanen Sandvika-Hønefoss

Med stivere kurvatur og høyere hastighet oppstår andre problemer i forbindelse med bølgedannelse, slitasje, utmatning, støy etc. enn det som har vært vanlig fram til nå.

Ved økende hastighet vil belastningen mot sporet øke. Økt hastighet gir også høyere støynivå. Et vanlig fenomen på baner med høy hastighet er rifler. Rifler kan gi svært mye støy og vibrasjoner. Det forventes mindre omfanget av korte bølger på baner med stiv kurvatur.

De økte dynamiske kreftene som oppstår ved høy hastighet øker sannsynlighet for at kontaktutmattingsskader på skinnene oppstår. Det registreres nå en økende grad av feiltypen «Squat» på Gardermobanen. Bildene under er et eksempel på denne feiltypen som forårsaket skinnebrudd på Gardermobanen i 2013.



Slipestrategi

For baner med høyere hastighet måles sporgeometri og skinneoverflate 4 ganger pr år, mens ultralydkontroll skal gjennomføres 2 ganger pr. år. Når det gjelder skinneprofilbearbeiding, ble det i sin tid for Gardermobanen i utgangspunktet lagt opp til gjennomføring 1 gang pr. 5. år. Det ble utarbeidet en egen strategi for skinneprofilbearbeiding der inngrepskriteriene først og fremst tok hensyn til støy. Andre forhold som gangegenskaper, komfort og slitasje var underordnet, da det var vanskelig å si noe om dette før banen kom i drift.

Den økte forekomsten av kontaktutmattingsskader på Gardermobanen kan tyde på at bearbeiding hvert 5 år ikke er tilstrekkelig. I flere europeiske forvaltninger hvor kontaktutmatting oppleves,

anvender man i dag et preventivt syklisk bearbeidingsprogramm med intervall på 15 til 30 MBrT. Dette tilsvarer sannsynligvis hvert 2 til 3 år på Gardermobanen. En av utfordringene er at man på Gardermobanen, som for de fleste andre strekninger, ikke har gode tall for trafikkbelastning. Det bør derfor iverksettes et arbeid for å fastslå trafikkbelastning på alle strekninger i Bane NOR.

All erfaring nå tilsier at skinneprofilbearbeiding av nye skinner bør gjøres så raskt som mulig etter innlegging for å fjerne valsehud / glødeskall. Dette vil kunne utsette dannelse av rifler. Det er derfor i Teknisk regelverk forutsatt at nye skinner bør skinneprofilbearbeides innen 1 år eller 5 MBrt trafikkbelastning.

For øvrig bør det for IC-nettet legges opp til en preventiv slipestrategi med utgangspunkt i antall år, eller evt. trafikkbelastning (antall Mill.br.tonn). Basert på erfaringer fra Gardermobanen bør ikke intervallet mellom hver bearbeiding overstige 30 MBrT. Omfanget av dobbeltspor i 2017 er 270 km. Dette vil i 2024 øke til ca. 450 km og videre til ca. 600 km i 2034. Dersom det på sikt legges til grunn preventiv skinneprofilbearbeiding hvert 4 år vil dette tilsi et gradvis økende omfang for bearbeiding av spor i IC-nettet fra ca. 225 km til ca. 300 km spor pr. år frem mot 2034. Med dagens kostnadsnivå vil dette tilsvare kostnader på henholdsvis ca. 16 mill.kr og ca. 21 mill.kr årlig.

Skinneprofilbearbeiding som innsparing ifm. støytiltak langs nye jernbaner

Ved boligområder i tettbygd strøk med utendørs støynivå > 65 dB(A) anbefaler Teknisk regelverk at bearbeiding av skinneprofil iverksettes når bølgedybden for korte bølger overstiger 0,05 mm («topp til bunn»). Det er senere år avsatt ca. 5 mill.kr til støysliping av baner, primært for Oslo-området.

Det er igangsatt et arbeid med å se på innsparinger mhp. støytiltak langs nye baner. Utgangspunktet er at Bane NOR bruker årlig store summer på støyskjermingstiltak i forbindelse med utbyggings-prosjekter. Tiltakene dimensjoneres vanligvis av godstrafikk, da godstog er mer støyende enn passasjertog. Forventet økende godstrafikk sammen med et høyt støynivå gjør at tiltakene blir omfattende. I tillegg kjører godstog i stor grad om natta, og får derfor et straffetillegg på 10 dB i støyberegningene.

Skjerming for støy ved støyskjermer, boligisolering og innløsning av eiendommer er kostbart. Kostnaden er avhengig av topografi og demografi. Tiltak for støyskjerming kan representere opptil 8 % av prosjektkostnaden. Det kan ligge et stort potensiale ved å fokusere på tiltak rettet mot kilden i stedet for mottakerne. Det er foretatt beregninger, som ved en forutsetning om å reduksjon av 3% av prosjektkostnad ved IC-utbyggingen knyttet til redusert omfang støytiltak rettet mot mottaker, kan gi et potensiale på besparelser på opptil 3 mrd. Kroner. Besparelsen utløses av en investering på inntil ca. 100 millioner primært ved å skifte til bremseklosser av kompositt for rullende materiell, og totalt ca. 150 millioner kroner til skinnesliping.

Et viktig forbehold er at effekten av redusert slitasje på hjul er avhengig av kvaliteten på skinnene. Ved optimalt vedlikeholdt skinnegang er effekten av kompositttklosser målt til hele 13 dB. Til sammenligning har en støyskjerm en anslått effekt på 5-15 dB, avhengig av høyde og topografi.

Vedlikehold av skinner gjennom skinnesliping er et relativt billig tiltak som øker skinnenes levetid og reduserer både støy og vedlikeholdsbehov; i kombinasjon med kompositttklosser vil effekten av begge deler øke ytterligere.

Nye jernbanespor som i sin helhet legges med nye skinner, vil fra starten av ha god skinnekvalitet. For å unngå eskalerende slitasje på hjul og skinner, bør det foretas hyppig skinnesliping som sikrer at nye skinner opprettholder god skinnekvalitet. Dette for å sikre at emittert støy reduseres i tråd med det som forventes. Dette vil være en forutsetning for den antatte besparelsen i prosjekter som planlegges med støysvake godsvogner.

For InterCity-nettet, som er under utbygging, er total kostnad for årlig skinnesliping beregnet til ca. 35 millioner kroner. Dette er beregnet på grunnlag av forutsetning i gjeldende avtalen for skinneprofilbearbeiding.

Det er viktig å understreke at man ved bearbeiding av skinner oppnår flere positiver effekter samtidig. Dersom man sliper syklisk for å forhindre kontaktutmattingsskader, vil man samtidig holde støynivået nede på et akseptabelt nivå.

6 OPPSUMMERING

6.1 STRATEGIER

Som en del av videreføring av arbeidet med langsiktig plan for skinneprofilbearbeiding bør det fra start i 2018 settes i gang et arbeid med en tilstandsvurdering med hensyn til rifler og bølger for alle baner med baneprioritet 1-3. Resultat fra målinger med Roger 1000 fra høsten 2017 legges til grunn. Det kan også være aktuelt å benytte tidligere års målinger for strekninger der det er observert en unormal utvikling. Tilstandvurderingen bør også omfatte nye baner, da det er registrert spesielle utfordringer med hensyn til skinnekvalitet og problematikk knyttet til hjul/skinne. Dobbeltsporene Sandnes-Stavanger og Holm-Nykirke er eksempler på dette, der det blir viktig å følge utviklingen videre.

Arbeidet foreslås satt i gang av Teknisk avdeling og gjennomføres videre i tett samarbeid med Områdene. I første omgang foreslås å prioritere de strekninger der skinnebytte er foreslått i første del av NTP-perioden for å vurdere mulighet for reprofilering av skinner med sikte på å forlenge levetid og utsette behov for skinnebytte. Dernest at det blir gjort en tilstandsvurdering med hensyn til rifler og bølger for alle baner/strekninger som ikke er slipt seneste fem år. Dette som grunnlag for videre prioritering av arbeid med skinneprofilbearbeiding. Tilstandsvurdering for Ofotbanen skjer årlig i samarbeid mellom nøkkelpersoner i Teknisk avdeling og Området og forutsettes videreført. Tilstandsvurdering for nye dobbeltsporstreninger med særskilte problemer må følges opp spesielt videre for å ha kontroll med utviklingen.

Basert på tilstandsvurderinger anbefales følgende strategier:

- På kort sikt etableres målprofil for baner med baneprioritet 1-3 ved korrektiv skinneprofilbearbeiding. For strekninger utenom InterCity-nettet prioriteres der det kan oppnås forlengede levetider for skinner og der skinnebytte kan utsettes >5-10 år.

- Etter at målprofil er etablert iverksettes rutiner for preventiv skinneprofilbearbeiding for nevnte baner ved fast syklus i tråd med beskrivelsen i kap. 4.2.

- For InterCity-nettet iverksettes preventiv skinneprofilbearbeiding ved hyppige sykluser etter hvert som nye parseller ferdigstilles. Dette ses i sammenheng med besparelser knyttet til støyskjerming jfr. kap. 5.1.

Ved ovennevnte strategier vil årlig omfang av skinneprofilbearbeiding antas doblet ift. dagens nivå, dvs. til 800-1000 sporkm, tilsvarende ca. 20 % av anleggsmangden. Når det gjelder effektene vises til omtale i kap. 2.5 og kap. 5.1, siste avsnitt.

6.2 ANSKAFFELSESSTRATEGI FOR SKINNEPROFILBEARBEIDING

Gjeldende kontrakt for skinneprofilbearbeiding gjelder til og med 2018. Denne omfatter sliping av skinner og sporveksler for hele landet basert på garanterte minimumsmengder. Ny langsiktig kontrakt for skinneprofilbearbeiding bør inngås innen utgangen av 2018 med sikte oppstart av produksjon senest annet halvår i 2019. Anskaffelsesstrategi for dette må utarbeides umiddelbart på nyåret og konkurransegrunnlag bør sendes ut innen utgangen av juni 2018. I forbindelse med utarbeidelse av anskaffelsesstrategi må det tas stilling til metoder og omfang for skinneprofilbearbeiding for henholdsvis spor og sporveksler.

6.3 ORGANISERING

Organisering av planlegging og gjennomføring av skinneprofilbearbeiding har hittil og over mange år vært gjennomført ved et samarbeid mellom sentrale og lokale enheter. Teknisk avdeling, tidligere Vedlikeholdsstaben, har hatt ansvaret for kontraktinngåelse av landsdekkende kontrakt og for overordnet koordinering i planleggings- og gjennomføringsfasen. Områdene har hatt ansvaret for detaljplanlegging og gjennomføring innen respektive Område ved dedikerte prosjektledere og byggeledere. Områdene har fått tildelt budsjett ved prosess gjeldende for forebyggende vedlikehold strategisk FVS.

Da vi fra 2019 går inn i en ny langsiktig kontraktsperiode bør det gjøres en vurdering om en skal videreføre dagens organisering knyttet til dette eller om det kan være andre alternativer som vil være mer hensiktsmessig. Dersom det legges opp til en strategi med mer konsentrert innsats for hvert enkelt år, kan det være aktuelt med en sentral prosjektleder og lokale byggeledere. Det bør også vurderes Teknisk avdeling sin rolle i denne forbindelse. I dag har Teknisk avdeling spisskompetanse i flere seksjoner, vi foretar målinger, fremskaffer tilstandsdata og bistår enkelte Områder med analyse av resultatene. Vi har som nevnt over også ansvar for overordnet landsdekkende koordinering av planlegging og gjennomføring. Førstnevnte del bør være naturlig for Teknisk avdeling å ivareta videre. Når det gjelder planlegging og gjennomføring av produksjon bør det vurderes om dette heller bør tillegges den sentrale prosjektenheten i Infrastrukturdivisjonen.