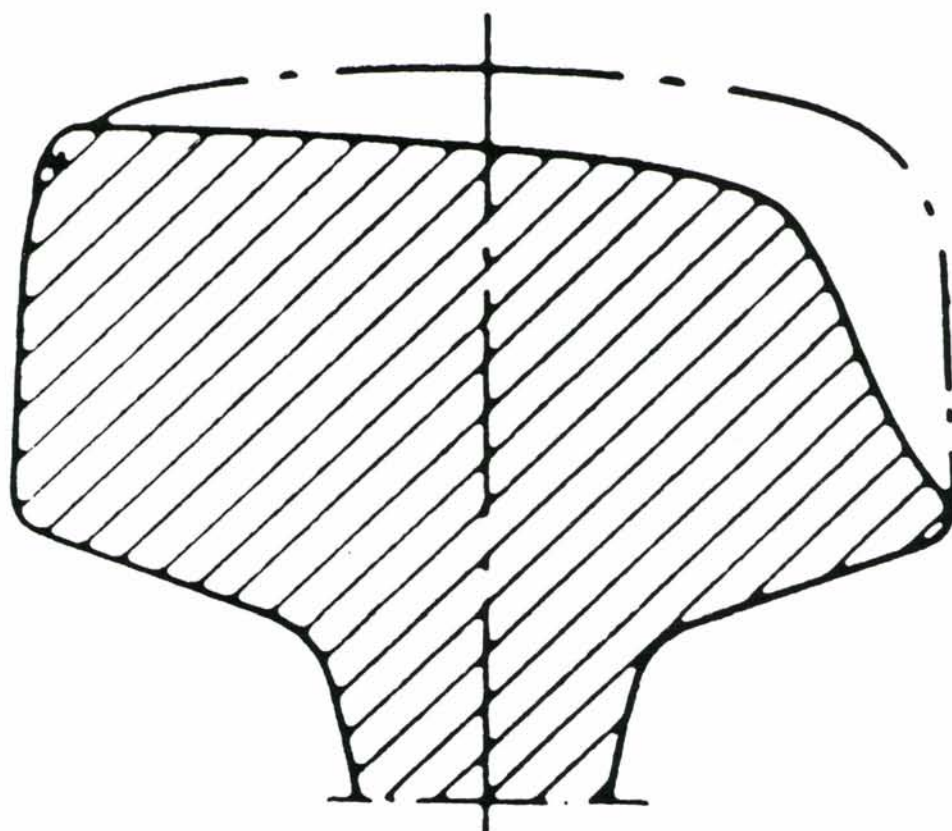


# 30 TONN på Ototbanen



Rapport 4.8

## DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Overbygning  
Beregning av skinneslitasje



Jernbaneverket

Jernbaneverket  
Biblioteket

desember 1996

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>III</b>
<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SKINNESLITASJETEORI .....</b>	<b>1</b>
2.1 Teori fra «Modern Railway Track» av Coenraad Esveld.....	1
2.2 Måling av skinneslitasje og slitasjegranser .....	1
2.3 Slitasjegranser hos Jernbaneverket .....	2
2.3.1 Slitasjegrænse for S49 .....	2
2.3.2 Slitasjegrænse for S54 .....	3
2.3.3 Slitasjegrænse for UIC60 .....	3
2.4 Formler for beregning av skinneslitasje .....	4
2.4.1 Teoretisk skinneslitasje .....	4
2.4.2 Skinneslitasje etter erfaringstall fra Ofotbanen og en slitasjekombinasjon på 50/50 .....	5
2.4.3 Skinneslitasje etter erfaringstall på Ofotbanen og en slitasjekombinasjon på 20/80 .....	6
<b>3. TRAFIKKBELASTNING PÅ OFOTBANEN .....</b>	<b>8</b>
3.1 Generelt om trafikkbelastningen på Ofotbanen .....	8
3.2 Trafikkbelastning med 25 tonn aksellast .....	8
3.3 Trafikkbelastning med 30 tonn aksellast .....	9
<b>4. BEREGNING AV SKINNESLITASJE .....</b>	<b>10</b>
4.1 Skinnelitasje på S49, stålkvalitet 900, 25 tonn .....	10
4.2 Skinneslitasje på S49, stålkvalitet 900, 30 tonn .....	10
4.3 Skinneslitasje på S54, stålkvalitet 1200, 25 tonn .....	11
4.4 Skinneslitasje på S54, stålkvalitet 1400, 25 tonn .....	12
4.5 Skinneslitasje på S54, stålkvalitet 1200, 30 tonn .....	12
4.6 Skinneslitasje på S54, stålkvalitet 1400, 30 tonn .....	13
4.7 Skinneslitasje på UIC60, stålkvalitet 1200, 25 tonn .....	13
4.8 Skinneslitasje på UIC60, stålkvalitet 1400, 25 tonn .....	14

4.9 Skinneslitasje på UIC60, stålkvalitet 1200, 30 tonn .....	14
4.10 Skinneslitasje på UIC60, stålkvalitet 1400, 30 tonn .....	15
5. SAMMENSTILLING AV BEREGNINGS-RESULTATENE .....	16
5.1 Skinnenenes levetid begrenset av slitasje .....	16
5.2 Endring i skinneslitasjen og skinnenenes levetid ved en aksellastøkning fra 25 til 30 tonn .....	17
6. KONKLUSJON.....	18
7. APPENDIKS .....	19

## SAMMENDRAG

I forbindelse med LKAB's ønske om at den statiske aksellasten på Ofotbanen skal økes fra 25 til 30 tonn har det vært nødvendig å vurdere hvilken innvirkning dette kan ha på skinneslitasjen. Samtidig er det snakk om en ny vogntype med forbedret boggikonstruksjon som skal redusere de dynamiske tilleggslastene, så disse kan holdes på dagens nivå tross aksellastøkningen. Hvilken innvirkning en eventuell ny boggi vil få for skinnenes levetid med tanke på slitasje, er det vanskelig å si noe om, før resultatene fra sporkraftmålingene i august 1996 foreligger.

Teorien bak beregningene av skinneslitasjen i denne rapporten er hentet i «Modern Railway Track» av Coenraad Esveld. Den bygger blant annet på forsøk og erfaringer fra Sveits og Tyskland, men er tilpasset Ofotbanen utfra målte slitasjeverdier i perioden 1985 -1990. Målingene er gjort på ytterstrengen i en kurve med  $R = 300$  m og 13 o/oo stigning. Skinnesmøringen har bestått av flenssmøring og stasjonære smøreapparater, og sporslitasjen skyldes nåværende boggier.

Skinneprofilene det er foretatt slitasjeberegninger for, er S49/900B, S54/1200, S54/1400, UIC60/1200 og UIC60/1400. Grensen for maksimal slitasje  $t_{maks}$  er 14 mm for S49 og 16 mm for S54 og UIC60 på Ofotbanen uavhengig av stålkvalitet. Dette grensekravet er omgjort til "tillatt bortslipt areal" som blir en slitasjegrænse i  $mm^2$ .

Slitasje på skinnene skjer både på toppen og siden av skinnhodet. Slitasjegrænsen tar hensyn til dette og er avhengig av forholdet mellom topp- og sideslitasjen. Det er funnet slitasjeformler (bortslipt areal er lineært avhengig av stålkvalitet) for to forskjellige kombinasjoner av slitasje; 50/50 og 20/80 hvor det første tallet indikerer toppslitasjen og det andre sideslitasjen i prosent av maksimal tillatt slitasje. Det er bare slitasjeforholdet 20/80 som undersøkes videre i rapporten, fordi denne kombinasjonen ligger nærmest et virkelig slitasjeprofil. Målinger på Ofotbanen viser at slitasjeraten er ca.  $550 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}$  ( $R = 300$  m, ytterstreng, 13 o/oo stigning, nåværende boggi og flens-/skinnesmøring).

Med dagens trafikkmønster går det gjennomsnittlig 12 lastede malmtog pr. døgn med 52 vogner mellom Kiruna og Narvik. Ved en aksellastøkning vil trafikkmønsteret forandres slik at det går færre, men lengre malmtog (8 tog med 68 vogner). Det er tatt hensyn til i beregningene at rundt 80% av trafikkb belastningen skyldes lastede malmtog.

Resultatene viser at levetiden for dagens skinner (S54/1200) vil reduseres med 5% hvis aksellasten heves til 30 tonn og nytt trafikkmønster innføres. Hvis stålkvaliteten hadde vært 1400, ville levetiden forbli den samme som idag. Beregningene viser også at UIC60-profil ikke kan forlenge levetiden på Ofotbanens skinner, fordi skinnhodet er 7% mindre enn på S54. Den viktigste faktoren til å forlenge levetiden til skinnene med tanke på slitasje, er derfor stålkvaliteten, i og med at det nå ikke er aktuelle skinneprofil med større tverrsnittsareal i hodet enn S54.

I sporvekslene som har S49/900B, vil levetiden bli redusert med 4% hvis dagens skinneprofil og skinn kvalitet beholdes ved en aksellastøkning. Hvis det skiftes til S54 eller UIC60 med 1200-kvalitet i sporvekslene før eventuelt 30 tonn settes iverk, vil levetiden øke med henholdsvis 8 og 2%. Velges en skinn kvalitet på 1400 for S54 eller UIC60, vil levetiden bli 14 eller 7% lengere enn i dag, alt avhengig av skinneprofilet.

## 1. INNLEDNING

Idag er skinneslitasjen den dimensjonerende faktoren for skinnenes levetid på Ofofbanen. Størrelsen på skinneslitasjen er avhengig av mange faktorer, blant annet skinnens stålkvalitet, valespenninger i skinnen, kurveradius, overhøydeforhold, samvirkning mellom skinne- og hjulprofil, skinne- og flenssmøring, hjullast, trafikkbelastning, materiellets løpeegenskaper og togets hastighet.

## 2. SKINNESLITASJETEORI

### 2.1 TEORI FRA «MODERN RAILWAY TRACK» AV COENRAAD ESVELD

Teorien som brukes for å beregne skinneslitasjen i denne rapporten, er hentet fra boken «Modern Railway Track» av Coenraad Esveld (MRT). Det er gjort en del forsøk på slitasje av skinner både i laboratorier og ute i sporet. Reduksjonen av skinnehodets tverrsnitt i  $\text{mm}^2$  for ytterstreng er gitt i forhold til en trafikkbelastning på 100 millioner brutto tonn (MBT). Målingene er gjort i kurverike spor i Tyskland og Sveits hvor aksellasten er 20 - 22 tonn og på en bane med aksellast 34 tonn. Hjulflynsen ble smurt i alle tilfellene. De lokale forholdene på målestedet (kurvatur, stigning, trafikkbelastning, klima og lignende) viste seg å ha stor innvirkning på måleresultatene (MRT s. 158).

Resultatene fra banen med 34 tonn aksellast (transport av brunkull i Tyskland) og kurveradier mellom 250 og 350 m, ble i første omgang forsøkt benyttet for å stipulere hvilken skinneslitasje som kunne forventes på Ofofbanen med 30 tonn. Dette gav alt for lang levetid for skinnene i forhold til hva virkeligheten tilsier. Skinneslitasjemålinger på Ofofbanen i tidsrommet 1985 - 1990 viste en slitasjerate på ca.  $550 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}$ , og dette erfaringstallet er nyttet i de videre beregningene. Målingene ble gjort på ytterstrengen i en kurve med  $R = 300 \text{ m}$  og  $13 \text{ o/oo}$  stigning. Skinnesmøringen har bestått av flenssmøring og stasjonære smøreapparater, og sporslitasjen skyldes nåværende boggier.

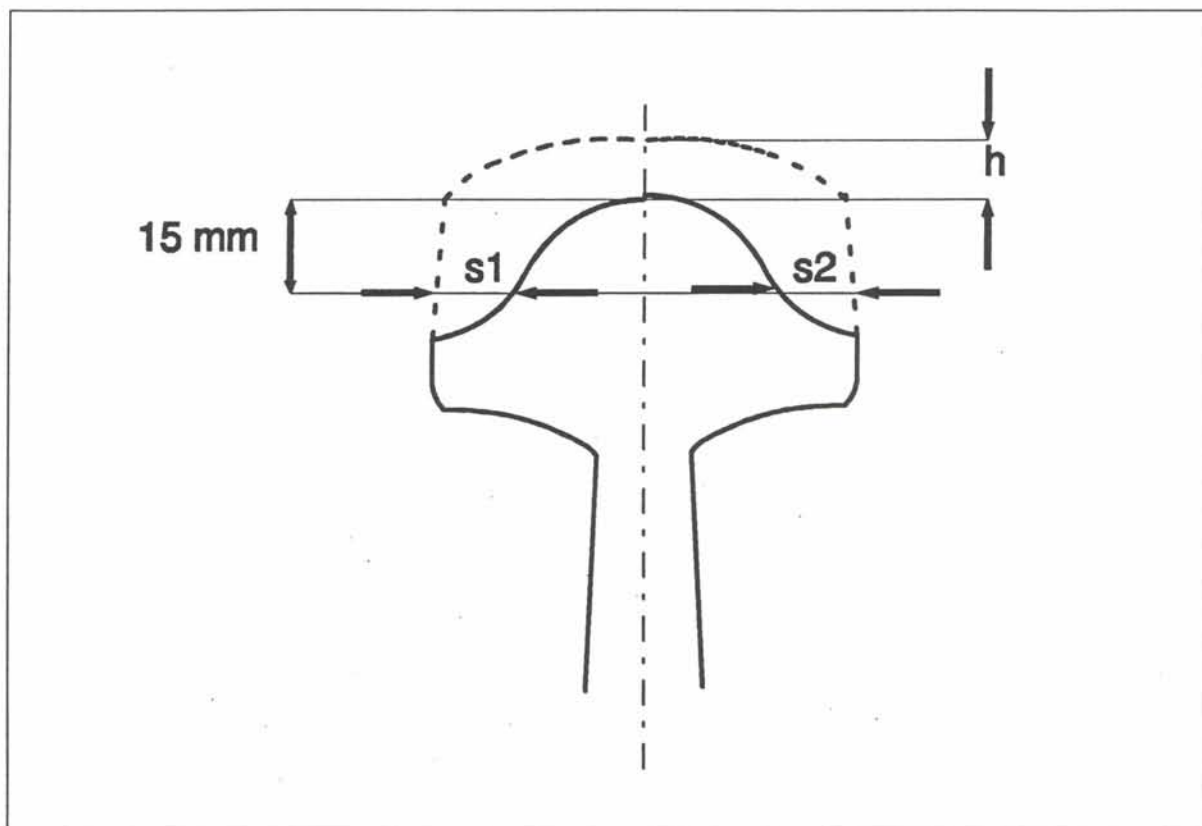
### 2.2 MÅLING AV SKINNESLITASJE OG SLITASJEGRENSER

Skinneslitasje forekommer både på toppen og siden av skinnehodet. Toppslitasje «h» er den loddrette høydeminskingen på skinnehodet målt i det opprinnelige skinneprofilets midtlinje. Sideslitasje «s1» er derimot profilavvikelsen på skinnens kjørekantside. Denne slitasjen måles på en linje 15 mm under skjæringspunktet mellom slitasjeprofilets toppunkt og skinnens vertikalakse. Dobbelttidig sideslitasje kan forekomme på skinner

som blir brukt flere steder, så skinnehodet blir slitt på begge sider (sideslitasje «s2»). [Se figur 2.2.1].

Måling av slitasje skjer ved å bruke sjablonger med målekiler som svarer til de forskjellige skinneprofilene. Målepunktene velges så tett at maksimal slitasje registreres i tilfelle varierende slitasje. Denne målingen gir slitasjen «t» i mm og beregnes etter følgende formel:

$$t = h + \frac{1}{2} s_1 + \frac{1}{2} s_2$$



Figur 2.2.1 Topp- og sideslitasje

Skinneslitasje kan også måles med MINIPROF som viser slitasjeprofil, slitasje dypde og bortslipt areal i mm<sup>2</sup>.

## 2.3 SLITASJEGRENSER HOS JERNBANEVERKET

### 2.3.1 Slitasjegrense for S49

S49, 900B-kvalitet finnes bare i sporveksler på Ofotbanen. Slitasjegrensen settes lik som for overbygningssklasse c, svilleavstand 600 mm, det vil si  $t_{maks} = 14$  mm. Siden det bare er topp- og ensidig slitasje av skinnehodet, kan  $t_{maks}$  omgjøres til bortslipt areal. Det største arealet får vi hvis det bare er toppslitasje og det minste ved bare sideslitasje. Ensidig topp- eller

sideslitasje er lite sannsynlig. Derfor er det nærliggende å bruke en kombinasjon av disse slitasjene og beregne slitasjearealet [figur 2.3.1.].

Ensidig toppslitasje ( $A_h$ ) gir et areal på 809 mm<sup>2</sup>, og ensidig sideslitasje ( $A_{s1}$ ) gir et areal på 594 mm<sup>2</sup>, [se *appendiks 1*]. Gjennomsnittlig skinneslitasje er 50 % av ensidig topp- og sideslitasje, og det gir et slitasjeareal på 702 mm<sup>2</sup>. Dette er omtrentlige verdier da det er vanskelig å beregne eksakt bortslipt areal for skinnehodet.

Slitasjegrensen er den samme enten det er 25 eller 30 tonns aksellast.

$$A_h = 809 \text{ mm}^2 \quad A_{s1} = 594 \text{ mm}^2$$

h %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
s1 %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Areal	809,0	787,5	766,0	744,5	723,0	701,5	680,0	658,5	637,0	615,5	594,0

Figur 2.3.1.i Slitasjegrenser for S49

### 2.3.2 Slitasjegrense for S54

På Ofotbanen er  $t_{maks} = 16$  mm for S54. Omregning til maksimalt slitasjeareal etter slitasjegrensene er beskrevet i kap. 2.3.1. Ensidig toppslitasje ( $A_h$ ) på en S54 skinne gir et areal på 912 mm<sup>2</sup>, mens ensidig sideslitasje ( $A_{s1}$ ) gir et areal på 610 mm<sup>2</sup>. Gjennomsnittlig (50/50) blir det et slitasjeareal på 761 mm<sup>2</sup>, [se *appendiks 2*]. Dette er omtrentlige verdier da det er vanskelig å beregne eksakt bortslipt areal for skinnehodet. Slitasjen gjelder for både 25 og 30 tonns aksellast. Figur 2.3.2.i viser slitasjearealet (slitasjegrensen) som en kombinasjon av topp- og sideslitasje.

$$A_h = 912 \text{ mm}^2 \quad A_{s1} = 610 \text{ mm}^2$$

h %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
s1 %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Areal	912,0	881,8	851,6	821,4	791,2	761,0	730,8	700,6	670,4	640,2	610,0

Figur 2.3.2.i Slitasjegrenser for S54

### 2.3.3 Slitasjegrense for UIC60

Slitasjegrensen er også 16 mm for UIC60 på Ofotbanen. Omregning til maksimalt slitasjeareal etter slitasjegrensene er beskrevet i kap. 2.3.1. Ensidig toppslitasje ( $A_h$ ) på en UIC60 skinne gir et areal på 974 mm<sup>2</sup>, mens ensidig sideslitasje ( $A_{s1}$ ) gir et areal på 545 mm<sup>2</sup>. Gjennomsnittlig (50/50) blir det et slitasjeareal på 760 mm<sup>2</sup>, [se *appendiks 3*]. Dette er omtrentlige verdier da det er vanskelig å beregne eksakt bortslipt areal for



skinnehodet. Slitasjen gjelder for både 25 og 30 tonns aksellast. *Figur 2.3.3.i* viser slitasjearealet (slitasjegrensen) som en kombinasjon av topp- og sideslitasje.

$$A_h = 974 \text{ mm}^2 \quad A_{s1} = 545 \text{ mm}^2$$

h %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
s1 %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Areal	974,0	931,1	888,2	845,3	802,4	759,5	716,6	673,7	630,8	587,9	545,0

*Figur 2.3.3.i* Slitasjegrenser for UIC60

## 2.4 FORMLER FOR BEREGNING AV SKINNESLITASJE

### 2.4.1 Teoretisk skinnslitasje

Med utgangspunkt i diagrammet for skinnslitasje (MRT s. 158, aksellast 34 t, R = 250 m og R = 350 m) finnes ligninger for både øvre- og nedre grenseverdier for slitasjen, samt midlere slitasjeverdi. Formlene gjelder for kjøring i kurver med radius R = 250 m og R = 350 m og for en trafikkbelastning på 100 MBT.

Diagrammet i MRT [*appendiks 4*, nederste diagram] gir slitasjearealet på ytterstreng pr. 100 MBT i forhold til bruddspenningen eller hardheten (Brinell HB) i en skinne. Sammenhengen mellom Brinell hardhet og bruddspenningen er:

$$HB = 0,3\sigma_{BRUDD} - 15$$

Følgende punkter ble avlest i diagrammet (w = bortslipt materiale med benevnningen mm<sup>2</sup>/100 MBT):

#### Øvre verdier:

$$w = 200, HB = 252$$

$$w = 100, HB = 325$$

#### Nedre verdier:

$$w = 100, HB = 233$$

$$w = 50, HB = 306$$

Ligningen for grafene er på følgende form:  $\log w = ax + b$  og ut fra avlesningene får man følgende formler:

$$\text{Øvre verdi: } \log 200 = a \times 252 + b$$

$$\log 100 = a \times 325 + b$$

Konstantene a og b for øvre grenseverdi kan nå finnes. Ligningen for denne verdien blir:

$$\log w = -0,00412 \times HB + 3,3402$$

Tilsvarende for nedre verdi:  $\log 100 = a \times 233 + b$   
 $\log 50 = a \times 306 + b$

Igen finner man konstantene a og b, og ligningene for nedre grenseverdi blir:

$$\log w = -0,00412 \times HB + 2,9608$$

Midlere verdi blir da:  $\log w = -0,00412 \times HB + 3,1505$

Disse ligningene gjelder for passering av 100 million brutto tonn, det vil si at for hver 100 MBT som passerer, slites det bort i gjennomsnitt av skinnehodet:

$$w = 10^{(-0,00412 \times HB + 3,1505)} \text{ mm}^2$$

#### 2.4.2 Skinneslitasje etter erfaringstall fra Ofofbanen og en slitasjekombinasjon på 50/50

Formelen som ble beregnet i kap. 2.4.1 gir en slitasjerate som ikke harmonerer med virkeligheten på Ofofbanen idag. Konstantene a og b i ligningen for skinneslitasje som er på formen  $\log w = a \times HB + b$ , beregnes derfor på nytt utfra erfaringstall etter slitasjemålinger på Ofofbanen i perioden 1985 - 1990 (R = 300 m, ytterstreng, 13 o/oo stigning, flens- og skinnesmøring, nåværende boggi):

##### Erfaringsdata:

Gjennomsnittlig levetid for S54, 1200-kvalitet, 25 tonn: 7 år.  
Gjennomsnittlig levetid for S54, 900-kvalitet, 25 tonn: 5 år.

Transportarbeidet på 1200-kvalitet: 23 MBT/år (1980 - 1995).  
Transportarbeidet på 900-kvalitet: 30 MBT/år (1969 - 1980).

Idag ligger det S54 på Ofofbanen og det gjennomsnittlige slitasjekravet for dette skinneprofilet er  $761 \text{ mm}^2$  (slitasjekombinasjon 50/50). For 1200-kvalitet vil det passere ca. 161 MBT før skinnene skiftes, og for 900-kvalitet vil det ha passert ca. 150 MBT.

Grenseverdien for bortslipt areal er det samme for begge skinnkvalitetene ved utskiftingsstadiet, men de må korrigeres for trafikkbelastningen, så slitasjeverdier ved 100 MBT kan sammenlignes.

Borslitt areal ved 100 MBT:

7 års levetid:  $761 \times 100/161 = 473 \text{ mm}^2$  (1200-kvalitet  $\Rightarrow$  HB = 339).

5 års levetid:  $761 \times 100/150 = 507 \text{ mm}^2$  (900-kvalitet  $\Rightarrow$  HB = 249).

Ligningene for skinneslitasje pr. 100 MBT vil da bli:

$$\log 473 = a \times 339 + b$$

$$\log 507 = a \times 249 + b$$

Konstantene a og b kan nå finnes (w = bortslipt areal):

$$\log w = -0,00033 \times \text{HB} + 2,7884$$

Erfaringstallene fra skinneslitasjemålingene i perioden 1985 - 1990 (R = 300 , ytterstreng, nåværende boggi) viser et bortslipt areal på ca.  $550 \text{ mm}^2$  for 100 MBT når strekkfastheten er  $1220 \text{ N/mm}^2$  (HB = 351). Det forutsettes at konstanten a (stigningen på kurven som sier noe om forholdet mellom bortslitt areal og strekkfastheten/hardheten i skinnen) er den samme som beregnet ovenfor. Konstanten b blir av dette:

$$\log 550 = -0,00033 \times 351 + b \Rightarrow b = 2,8562$$

Den nye ligningen blir:

$$\log w = -0,00033 \times \text{HB} + 2,8562$$

Det vil si at bortslipt areal (w) ved en slitasjekombinasjon på 50/50 for høyde- og sideslitasje er:

$$w_{50} = 10^{(-0,00033 \times \text{HB} + 2,8562)} \text{ mm}^2$$

### 2.4.3 Skinneslitasje etter erfaringstall på Ofotbanen og en slitasjekombinasjon på 20/80

For andre slitasjekombinasjoner av topp- og sideslitasje vil ligningene i utgangspunktet bli forskjellige fra den ligningen som ble beregnet for 50/50.

I og med at en kombinasjon med 20% toppslitasje og 80% sideslitasje gir et bedre bilde av virkeligheten, beregnes også ligningen som viser bortslitt areal, for denne slitasjekombinasjonen. Slitasjegrensen for S54 som ble funnet i 2.3.2, er  $670 \text{ mm}^2$ .

For kombinasjonen 20/80 er erfaringsdataene de samme som for 50/50.  
Beregningene for slitasjekombinasjonen 20/80 blir som følger:

Erfaringsdata:

Gjennomsnittlig levetid for S54, 1200-kvalitet, 25 tonn: 7 år.  
Gjennomsnittlig levetid for S54, 900-kvalitet, 25 tonn: 5 år.

Transportarbeidet på 1200-kvalitet: 23 MBT/år (1980 - 1995).  
Transportarbeidet på 900-kvalitet: 30 MBT/år (1969 - 1980).

Idag ligger det S54 på Ofotbanen, og slitasjegrensen for kombinasjonen 20/80 er  $670 \text{ mm}^2$ . For 1200-kvalitet vil det passere ca. 161 MBT før skinnene skiftes, og for 900-kvalitet vil det ha passert ca. 150 MBT.

Grenseverdien for bortslipt areal er det samme for begge skinnkvalitetene ved utskiftingsstadiet, men de korrigeres for trafikkbelastningen, så slitasjeverdiene ved 100 MBT kan sammenlignes.

Borslitt areal ved 100 MBT:

7 års levetid:  $670 \times 100/161 = 416 \text{ mm}^2$  (1200-kvalitet  $\Rightarrow$  HB = 339).

5 års levetid:  $670 \times 100/150 = 447 \text{ mm}^2$  (900-kvalitet  $\Rightarrow$  HB = 249).

Ligningene for skinnslitasje pr. 100 MBT vil da bli:

$$\log 416 = a \times 339 + b$$

$$\log 447 = a \times 249 + b$$

Konstantene a og b kan nå finnes (w = bortslipt areal):

$$\log w = -0,00035 \times \text{HB} + 2,7367$$

Skinneslitasjemålinger utført i perioden 1985 - 1990 (R = 300 m, ytterstreng, 13 o/oo stigning, nåværende boggi) gir et bortslipt areal på ca.  $550 \text{ mm}^2$  for 100 MBT på en skinne med strekkfasthet  $1220 \text{ N/mm}^2$  (HB = 351), [se *appendiks 5 og 6*]. Det forutsettes at konstanten a (stigningen på kurven) er den samme som beregnet ovenfor. Konstanten b blir dermed:

$$\log 550 = -0,00035 \times 351 + b \Rightarrow b = 2,8632$$

og den nye logaritme ligningen for bortslipt areal:

$$\log w = -0,00035 \times \text{HB} + 2,8632$$

Bortslipt areal ved en kombinasjon på 20/80 er:

$$w_{80} = 10^{(-0,00035 \times \text{HB} + 2,8632)} \text{ mm}^2$$

### 3. TRAFIKKBELASTNING PÅ OFOTBANEN

#### 3.1 GENERELT OM TRAFIKKBELASTNINGEN PÅ OFOTBANEN

På Ofotbanen går det i 1996 11 malmtog pr. dag hver vei mellom Kiruna og Narvik i arbeidssesongen og 13 ellers i året. De er henholdsvis lastet og tomme. Gjennomsnittelig er det regnet med 12 tog/dag i hver retning hele året. I tillegg kommer 6 regiontog, 4 lokaltog og et par godstog som har begrenset kjøring i uken og/eller deler av året.

Malmtogene har 52 vogner á 8 m som tilsvarer en total vognlengde på 416 m. Hvis aksellasten skal økes til 30 tonn, må vognene forlenges med ca. 2 m på grunn av kravene til at linjelasten skal overholdes. Antall vogner skal også økes i et slikt konsept fra 52 til 68 vogner, og det gir en total lengde uten lokomotiv på ca. 680 m. Antall malmtog pr. døgn vil bli redusert til 8.

#### 3.2 TRAFIKKBELASTNING MED 25 TONN AKSELLAST

I figur 3.2.i er trafikkbelastningen beregnet ut fra dagens trafikkmonster, 25 tonns aksellast og samme vognmateriell som idag. Antall malmtog pr. døgn er satt til 12, og antall regiontog er redusert til 5, fordi ett tog går bare deler av året.

Tog	Antall tog pr. døgn	Brutto vognvekt (tonn)	Lok.vekt t (tonn)	Ant. vogner	Totalvekt (tonn)	Dager i uka	Tonn pr. uke
Malmtog	12	100	285	52	5485	7	460740
Tomtog	12	20	285	52	1325	7	111300
Regiontog	5	40	80	5	280	7	9800
Lokaltog	4		51,5	1	51,5	5	1030
Godstog	2	36	80	20	800	6	9600
	<b>35</b>				<b>7941,5</b>		<b>592470</b>

Figur 3.2.i Trafikkbelastning ved dagens trafikkmonster og aksellast 25 tonn.

Ved hjelp av figur 3.2.i kan vi finne at de lastede malmtogene fra Kiruna til Narvik, utgjør 78% av trafikkbelastningen på banen.

I hvert malmtog er det 208 aksler (4aksler x 52 vogner), og dette gir 2496 aksler pr. dag med 25 tonn (208 aksler x 12 tog).

### 3.3 TRAFIKKBELASTNING MED 30 TONN AKSELLAST

Antall vogner i malmtogene skal økes til 68 hvis aksellasten blir 30 tonn, men antall tog pr. døgn reduseres til 8. Den resterende trafikken på Ofotbanen ventes å bli som i dag. Trafikkbelastningen for denne situasjonen er vist i figur 3.3.i. (I dette tilfellet trengs det nye lokomotiver til malmtogene.)

Tog	Antall tog pr. døgn	Brutto vognvekt (tonn)	Lok.vekt t (tonn)	Ant. vogner	Totalvekt (tonn)	Dager i uka	Tonn pr. uke
Malmtog	8	120	360	68	8520	7	477120
Tomtog	8	20	360	68	1720	7	96320
Regionaltog	5	40	80	5	280	7	9800
Lokaltog	4		51,5	1	51,5	5	1030
Godstog	2	36	80	20	800	6	9600
	<b>27</b>				<b>11371,5</b>		<b>593870</b>

**Figur 3.3.i** Trafikkbelastningen ved nytt trafikkemønster og 30 tonn aksellast.

Fordelingen av trafikkbelastningen mellom malmtog (lastede tog med malm) og andre tog vil være tilnærmet lik ved 30 tonn aksellast som ved 25 tonn, fordi transportert mengde ikke endres. Det betyr igjen at ca. 80% av trafikkbelastningen på banen, skyldes de lastede malmtogene.

Ved 30 tonn aksellast skal det gå 8 tog hver dag, og dette gir 2176 aksler/dag (4aksler x 68 vogner x 8 tog).

## 4. BEREGNING AV SKINNESLITASJE

I beregningene for å finne skinneslitasjen ved 25 og 30 tonn er det interessant å se hvor mye èn akselpassering sliter bort av skinnen. Utfra dette kan man så sammenligne de to tilfellene.

Når det gjelder slitasjefordelingen på skinnehodet, blir det kun sett på kombinasjonen 20/80, fordi det er den som ligger nærmest virkeligheten.

### 4.1 SKINNELITASJE PÅ S49, STÅLKVALITET 900, 25 TONN

Strekfastheten for S49 er:  $\sigma_{BRUDD} = 880 \text{ N/mm}^2$

Brinell hardhet blir da:  $HB = 0,3 \times 880 - 15 = \underline{249 \text{ HB}}$

Bortslipt materiale i skinnehodet blir etter ligningen funnet i 2.4.3 for slitasjekombinasjon 20/80:

$$W_{900/80} = 10^{(-0,00035 \times HB + 2,8632)} = 10^{(-0,00035 \times 249 + 2,8632)} = \underline{597 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}}$$

Forutsatt en lineær sammenheng, forventes et bortslitt areal pr. aksel ved 25 tonn på:

$$W_{900/25} = 1,493 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{aksel på 25 tonn}$$

som gir:

$$W_{900/25} = 1,493 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/25 \text{ tonn} \times 2496 \text{ aksler} = 0,373 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{KRAV}$  i 2.3.1) er  $637 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene, dvs. at  $A_{KRAV}$  multipliseres med 0,8 som gir  $510 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,373 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$510/0,373 = \underline{1368 \text{ døgn (3 år 9 måneder)}}$$

### 4.2 SKINNESLITASJE PÅ S49, STÅLKVALITET 900, 30 TONN

Strekfastheten for S49 er:  $\sigma_{BRUDD} = 880 \text{ N/mm}^2$

Brinell hardhet blir da:  $HB = 0,3 \times 880 - 15 = \underline{249 \text{ HB}}$

Bortslipt materiale i skinnehodet blir etter ligningen funnet i 2.4.3 for slitasjekombinasjon 20/80:

$$W_{900/80} = 10^{(-0,00035 \times HB + 2,8632)} = 10^{(-0,00035 \times 249 + 2,8632)} = \underline{597 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}}$$

Forutsatt en lineær sammenheng, forventes et bortslitt areal pr. aksel ved 30 tonn på:

$$W_{900/30} = 1,791 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{aksel på 30 tonn}$$

som gir:

$$W_{900/30} = 1,791 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/30 \text{ tonn} \times 2176 = 0,390 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.1) er  $637 \text{ mm}^2$ , og den samme som for 25 tonn. Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene, dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $510 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,390 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$510/0,390 = \underline{1308 \text{ døgn (3 år 7 måneder)}}$$

#### 4.3 SKINNESLITASJE PÅ S54, STÅLKVALITET 1200, 25 TONN

Strekfastheten for S54 (1200) er:  $\sigma_{\text{BRUDD}} = 1180 \text{ N/mm}^2$

Brinell hardhet blir da:  $HB = 0,3 \times 1180 - 15 = \underline{339 \text{ HB}}$

Bortslipt materiale i skinnehodet blir etter ligningen funnet i 2.4.3 for slitasjekombinasjon 20/80:

$$W_{1200/80} = 10^{(-0,00035 \times HB + 2,8632)} = 10^{(-0,00035 \times 339 + 2,8632)} = \underline{555 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}}$$

Forutsatt en lineær sammenheng, forventes et bortslitt areal pr. aksel ved 25 tonn på:

$$W_{1200/25} = 1,388 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{aksel på 25 tonn}$$

som gir:

$$W_{1200/25} = 1,388 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/25 \text{ tonn} \times 2496 = 0,346 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.2) er  $670 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $536 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,346 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$536/0,346 = \underline{1550 \text{ døgn (4 år 3 måneder)}}$$



#### 4.4 SKINNESLITASJE PÅ S54, STÅLKVALITET 1400, 25 TONN

Strekfastheten for S54 (1400) er:  $\sigma_{BRUDD} = 1380 \text{ N/mm}^2$

Brinell hardhet blir da:  $HB = 0,3 \times 1380 - 15 = \underline{399 \text{ HB}}$

Bortslipt materiale i skinnehodet blir etter ligningen funnet i 2.4.3 for slitasjekombinasjon 20/80:

$$W_{1400/80} = 10^{(-0,00035 \times HB + 2,8632)} = 10^{(-0,00035 \times 399 + 2,8632)} = \underline{529 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}}$$

Forutsatt en lineær sammenheng, forventes et bortslitt areal pr. aksel ved 25 tonn på:

$$w_{1400/25} = 1,323 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{aksel på 25 tonn}$$

som gir:

$$W_{1200/25} = 1,323 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/25 \text{ tonn} \times 2496 = 0,330 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{KRAV}$  i 2.3.2) er  $670 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{KRAV}$  multipliseres med 0,8 som gir  $536 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,329 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$536/0,329 = \underline{1630 \text{ døgn (4 år 6 måneder)}}$$

#### 4.5 SKINNESLITASJE PÅ S54, STÅLKVALITET 1200, 30 TONN

Strekfastheten for S54 (1200) er:  $\sigma_{BRUDD} = 1180 \text{ N/mm}^2$

Brinell hardhet blir da:  $HB = 0,3 \times 1180 - 15 = \underline{339 \text{ HB}}$

Bortslipt materiale i skinnehodet blir etter ligningen funnet i 2.4.3 for slitasjekombinasjon 20/80:

$$W_{1200/80} = 10^{(-0,00035 \times HB + 2,8632)} = 10^{(-0,00035 \times 339 + 2,8632)} = \underline{555 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}}$$

Forutsatt en lineær sammenheng, forventes et bortslitt areal pr. aksel ved 30 tonn på:

$$w_{1200/30} = 1,665 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{aksel på 30 tonn}$$

som gir:

$$W_{1200/30} = 1,665 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/30 \text{ tonn} \times 2176 = 0,362 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.2) er  $670 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $536 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,362 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$536/0,362 = \underline{1481 \text{ døgn (4 år 1 måned)}}$$

#### 4.6 SKINNESLITASJE PÅ S54, STÅLKVALITET 1400, 30 TONN

Strekfastheten for S54 (1400) er:  $\sigma_{\text{BRUDD}} = 1380 \text{ N/mm}^2$

Brinell hardhet blir da:  $\text{HB} = 0,3 \times 1380 - 15 = \underline{399 \text{ HB}}$

Bortslipt materiale i skinnehodet blir etter ligningen funnet i 2.4.3 for slitasjekombinasjon 20/80:

$$W_{1400/80} = 10^{(-0,00035 \times \text{HB} + 2,8632)} = 10^{(-0,00035 \times 399 + 2,8632)} = \underline{529 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}}$$

Forutsatt en lineær sammenheng, forventes et bortslitt areal pr. aksel ved 30 tonn på:

$$W_{1400/30} = 1,587 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{aksel på 30 tonn}$$

som gir:

$$W_{1400/30} = 1,587 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/30 \text{ tonn} \times 2176 = 0,345 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.2) er  $670 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $536 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,345 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$536/0,345 = \underline{1554 \text{ døgn (4 år 4 måneder)}}$$

#### 4.7 SKINNESLITASJE PÅ UIC60, STÅLKVALITET 1200, 25 TONN

Bortslitt areal pr. døgn blir det samme som for S54, stålkvalitet 1200, 25 tonn (se 4.3):

$$W_{1200/25} = 1,388 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/25 \text{ tonn} \times 2496 = 0,346 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.3) er  $631 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede

malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $505 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,346 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$505/0,346 = \underline{1460 \text{ døgn (4 år 0 måneder)}}$$

#### 4.8 SKINNESLITASJE PÅ UIC60, STÅLKVALITET 1400, 25 TONN

Bortslitt areal pr. døgn blir det samme som for S54, stålkvalitet 1400, 25 tonn ( se 4.4):

$$W_{1400/25} = 1,323 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/25 \text{ tonn} \times 2496 = 0,330 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.3) er  $631 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $505 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,330 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$505/0,330 = \underline{1531 \text{ døgn (4 år 3 måneder)}}$$

#### 4.9 SKINNESLITASJE PÅ UIC60, STÅLKVALITET 1200, 30 TONN

Bortslitt areal pr. døgn blir det samme som for S54, stålkvalitet 1200, 30 tonn (se 4.5):

$$W_{1200/30} = 1,665 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/30 \text{ tonn} \times 2176 = 0,362 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.3) er  $631 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $505 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,362 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$505/0,362 = \underline{1396 \text{ døgn (3 år 10 måneder)}}$$

#### 4.10 SKINNESLITASJE PÅ UIC60, STÅLKVALITET 1400, 30 TONN

Bortslitt areal pr. døgn blir det samme som for S54, stålkvalitet 1400, 30 tonn ( se 4.6):

$$W_{1400/30} = 1,587 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/25 \text{ tonn} \times 2176 = 0,345 \text{ mm}^2/\text{døgn}$$

Grenseverdien for maksimal slitasje før skinnen må skiftes ut ( $A_{\text{KRAV}}$  i 2.3.3) er  $631 \text{ mm}^2$ . Rundt 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog. Det regnes med at tilsvarende andel av slitasjen skyldes disse togene dvs. at  $A_{\text{KRAV}}$  multipliseres med 0,8 som gir  $505 \text{ mm}^2$ .

Med en slitasje på  $0,345 \text{ mm}^2/\text{døgn}$ , blir levetiden for en skinne:

$$505/0,345 = \underline{1464 \text{ døgn (4 år 1 måned)}}$$

## 5. SAMMENSTILLING AV BEREGNINGS- RESULTATENE

### 5.1 SKINNENES LEVETID BEGRENSET AV SLITASJE

Ut fra teorien i Esveld's "Modern Railway Track" og slitasjemålinger utført på Ofotbanen i perioden 1985 - 1990 (R = 300 m, ytterstreng, flens- og skinnesmøring, nåværende boggi), ble levetiden for S49 (900-kvalitet), S54 (1200- og 1400-kvalitet) og UIC60 (1200- og 1400-kvalitet) beregnet i kapittel 4. Det er basert på 20% toppslitasje og 80% sideslitasje av skinnhodet som ligger nærmest det virkelige slitasjeprofilet når skinnene skiftes ut. Selv om S54 og UIC60 har samme stålqualität, får de forskjellig levetid, fordi arealet av skinnhodet er ulikt.

Omtrent 80% av trafikkbelastningen kommer fra lastede malmtog, og det er disse som vil få økt aksellast. Derfor tas det kun hensyn til lastede malmtog i beregningene, og  $A_{KRAV}$  multipliseres med 0,8 for å få med den andelen av slitasjen som skyldes disse togene. Se figur 5.1.i.

	S49 (900)		S54/UIC60 (1200)		S54/UIC60 (1400)	
	25 tonn	30 tonn	25tonn	30 tonn	25 tonn	30 tonn
$A_{KRAV} \times 0,8$	510	510	536/505	536/505	536/505	536/505
$A_{100MRT}$	597	597	555	555	529	529
Ant. vogner i malmtog	52	68	52	68	52	68
Slitasje pr. døgn [mm <sup>2</sup> /døgn]	0,373	0,390	0,346	0,362	0,330	0,345
Levetid [døgn]	1368	1308	1550/ 1460	1481/ 1396	1630/ 1531	1554/ 1464
<b>Levetid år og måneder</b>	<b>3 år 9 mnd</b>	<b>3 år 7 mnd</b>	<b>4 år 3 mnd/ 4 år 0 mnd</b>	<b>4 år 1 mnd/ 3 år 10 mnd</b>	<b>4 år 6 mnd/ 4 år 3 mnd</b>	<b>4 år 4 mnd/ 4 år 1 mnd</b>

Figur 5.1.i Skinnenes levetid begrenset av slitasje.

## 5.2 ENDRING I SKINNESLITASJEN OG SKINNENES LEVETID VED EN AKSELLASTØKNING FRA 25 TIL 30 TONN

Endringen i skinneslitasjen pr. døgn ved økning av aksellasten fra 25 til 30 tonn, finnes ved å se på forholdet  $W_{30} / W_{25}$  for de tre stålkvalitetene 900, 1200 og 1400. Se figur 5.2.i. Den ligger på ca. 4,5%.

	900-kvalitet	1200-kvalitet	1400-kvalitet
$W_{25}$ [mm <sup>2</sup> /døgn]	0,373	0,346	0,330
$W_{30}$ [mm <sup>2</sup> /døgn]	0,390	0,362	0,345
$W_{30}/W_{25}$	<b>1,046</b>	<b>1,046</b>	<b>1,045</b>

**Figur 5.2.i** Endring i skinneslitasjen pr. døgn ved en aksellastøkning fra 25 til 30 tonn.

Hvis man sammenligner dagens situasjon (S54, 1200-kvalitet, 25 tonn) med situasjonen etter at 30 tonn eventuelt blir innført, vil endringene i skinnenes levetid bli som vist i figur 5.2.ii. Levetiden kan antagelig forlenges med en bedre boggikonstruksjon på vognene enn den som er i dag.

Et negativt tall i tabellen angir reduksjon i levetiden, mens et positivt tall angir økt levetid i prosent i forhold til dagens situasjon.

	S54/UIC60 (1200), 25 t	S54/UIC60 (1200), 30 t	S54/UIC60 (1400), 25 t	S54/UIC60 (1400), 30 t
S54(1200) 25 t	<b>0/-6</b>	<b>-5/-10</b>	<b>+5/-1</b>	<b>0/-6</b>

**Figur 5.2.ii** Endring av levetiden til skinnene i forhold til dagens situasjon oppgitt i %.

Levetiden til sporvekslene som er bygd med S49 (900-kvalitet) kan sammenlignes med skinneprofiler med 1200- og 1400-kvalitet. Dette er vist i figur 5.2.iii. Levetiden kan også her antagelig forlenges med en bedre boggikonstruksjon på vognene enn den som er i dag.

Et negativt tall angir reduksjon i levetiden, mens et positivt tall angir økt levetid i prosent i forhold til dagens situasjon.

	S49 (900), 25 t	S49 (900), 30 t	S54/UIC60 (1200), 25 t	S54/UIC60 (1200), 30 t	S54/UIC60 (1400), 25 t	S54/UIC60 (1400), 30 t
S49(900) 25 t	<b>0</b>	<b>-4</b>	<b>+13/+7</b>	<b>+8/+2</b>	<b>+19/+12</b>	<b>+14/+7</b>

**Figur 5.2.iii** Endring av levetiden til skinnene i en sporveksel i forhold til dagens situasjon oppgitt i %.

## 6. KONKLUSJON

Med utgangspunkt i dagens situasjon (S54/1200, 25 tonn) og slitasjemålinger gjort i perioden 1985 -1990 (R = 300 m, ytterstreng, 13 o/oo stigning, flens- og skinnesmøring, nåværende boggi) og en slitasjekombinasjon på 20/80 vil levetiden for dagens S54 reduseres med rundt 5% hvis aksellasten heves til 30 tonn og nytt trafikkemønster innføres. For en skinne S54/1400 vil levetiden forbli som idag.

Levetidsberegningene viser også at UIC60-profilet ikke vil forlenge skinnenes levetid på Ofotbanen. Dette skyldes at skinnhodets areal på UIC60 er 7% mindre enn på S54. Den viktigste faktoren til å forlenge levetiden til skinnene med tanke på slitasje, er derfor stålkvaliteten, i og med at det nå ikke finnes aktuelle skinneprofiler med større hodeareal enn S54.

Sporvekslene som er bygd opp av S49/900B, vil få redusert levetiden med 4% dersom de beholdes ved en aksellastøkning til 30 tonn og nytt trafikkemønster. Hvis S54 med 1200-kvalitet eller 1400-kvalitet legges inn, vil levetiden for skinnene i sporvekslene øke med henholdsvis 8 og 14% i forhold til dagens situasjon, selv om aksellasten heves til 30 tonn.

Innvirkningen en eventuell ny boggi vil få for skinnenes levetid med tanke på slitasje, er det vanskelig å si noe om, før resultatene fra sporkraftmålingene i august 1996 foreligger. Hvis kryp- og friksjonskrefter mellom hjul og skinne og generelt de laterale kreftene i sporet kan reduseres i forhold til dagens krefter, må man kunne anta at skinnenes levetid vil øke tilsvarende.

## 7. APPENDIKS

**Appendiks 1** Slitasjegrenser for S49

**Appendiks 2** Slitasjegrenser for S54

**Appendiks 3** Slitasjegrenser for UIC60

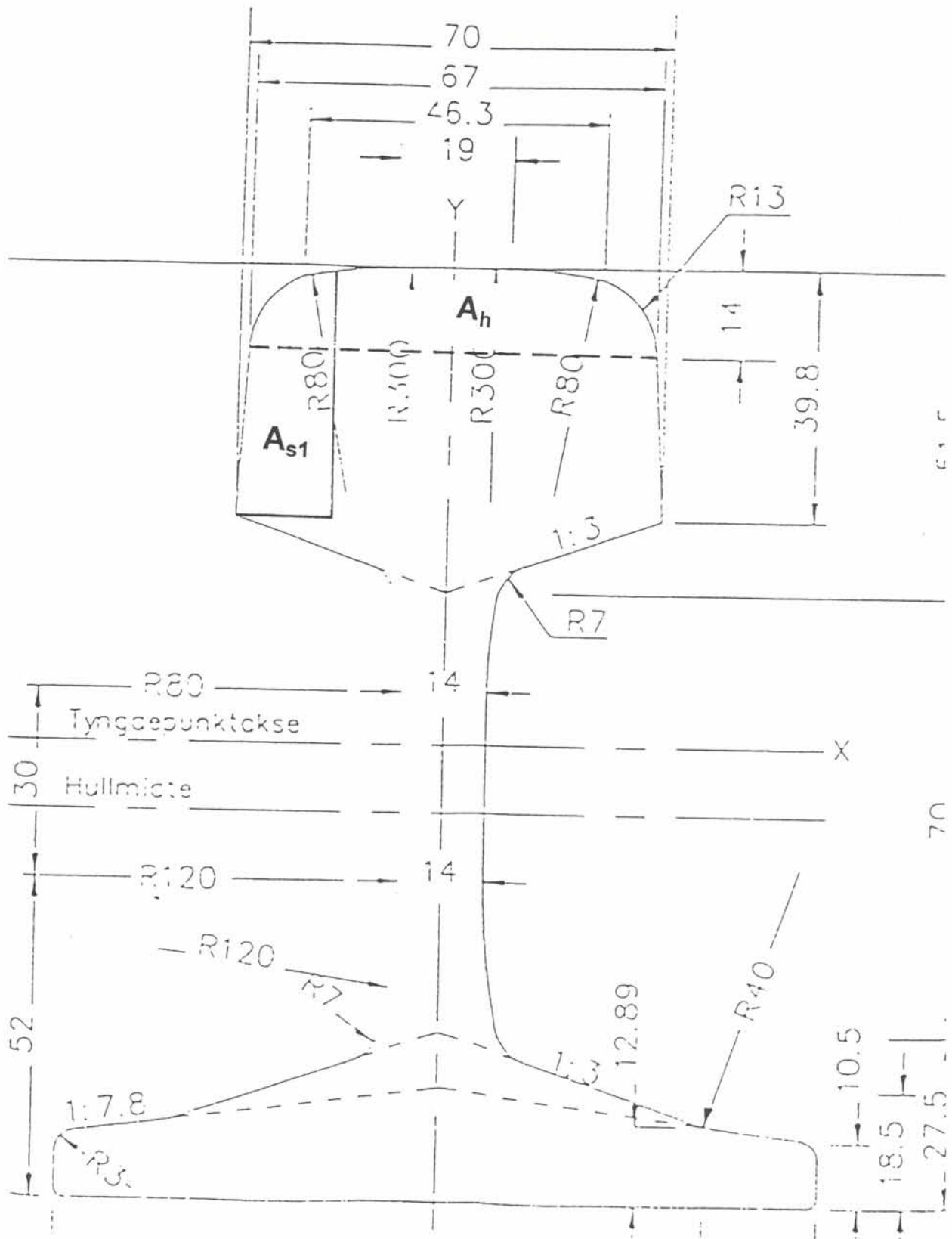
**Appendiks 4** Slitasje av skinne

**Appendiks 5** Måling av skinneslitasje på Ofotbanen; Prøvekurve nr. 18

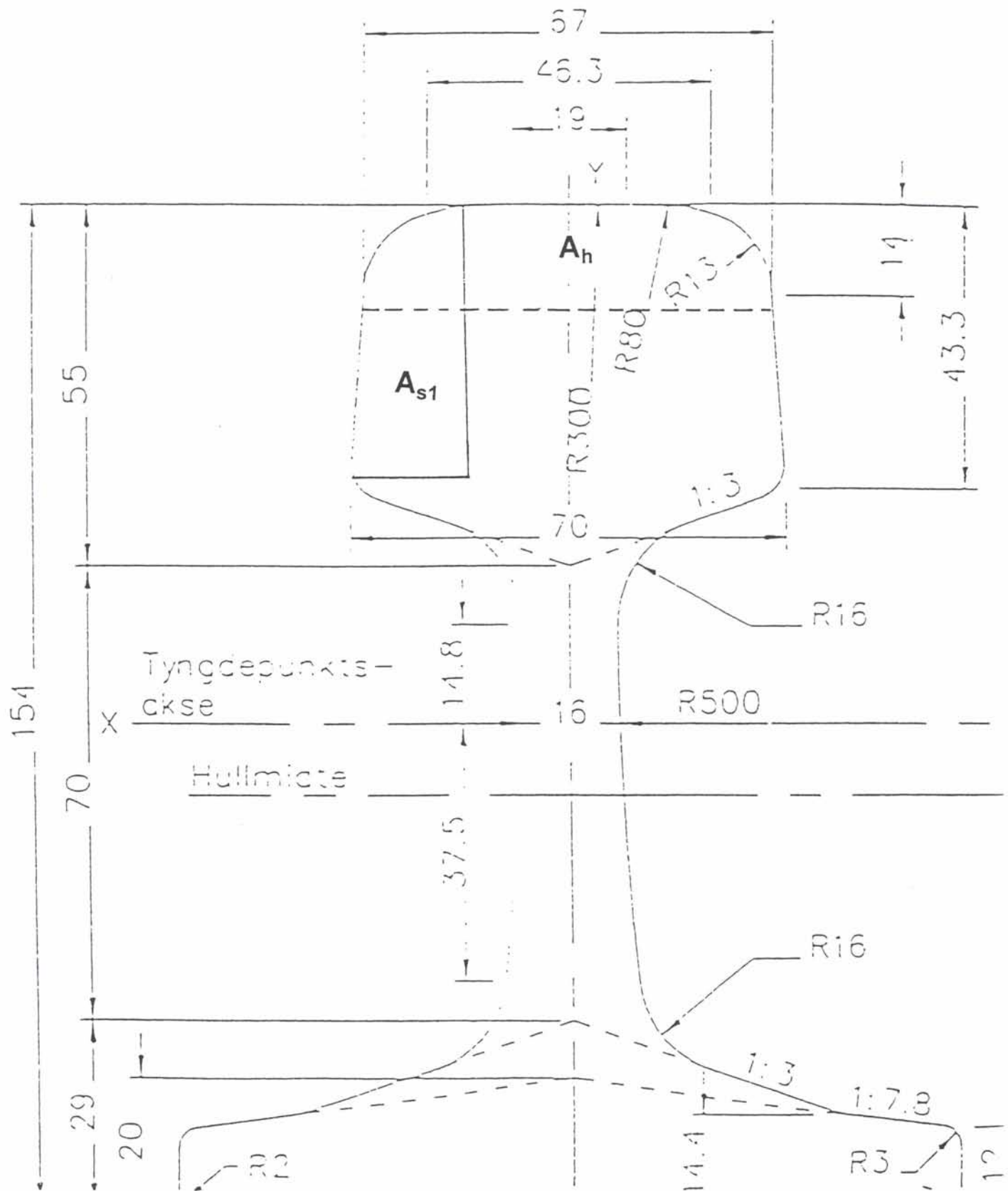
**Appendiks 6** Måling av skinneslitasje på Ofotbanen; Prøvekurve nr. 17



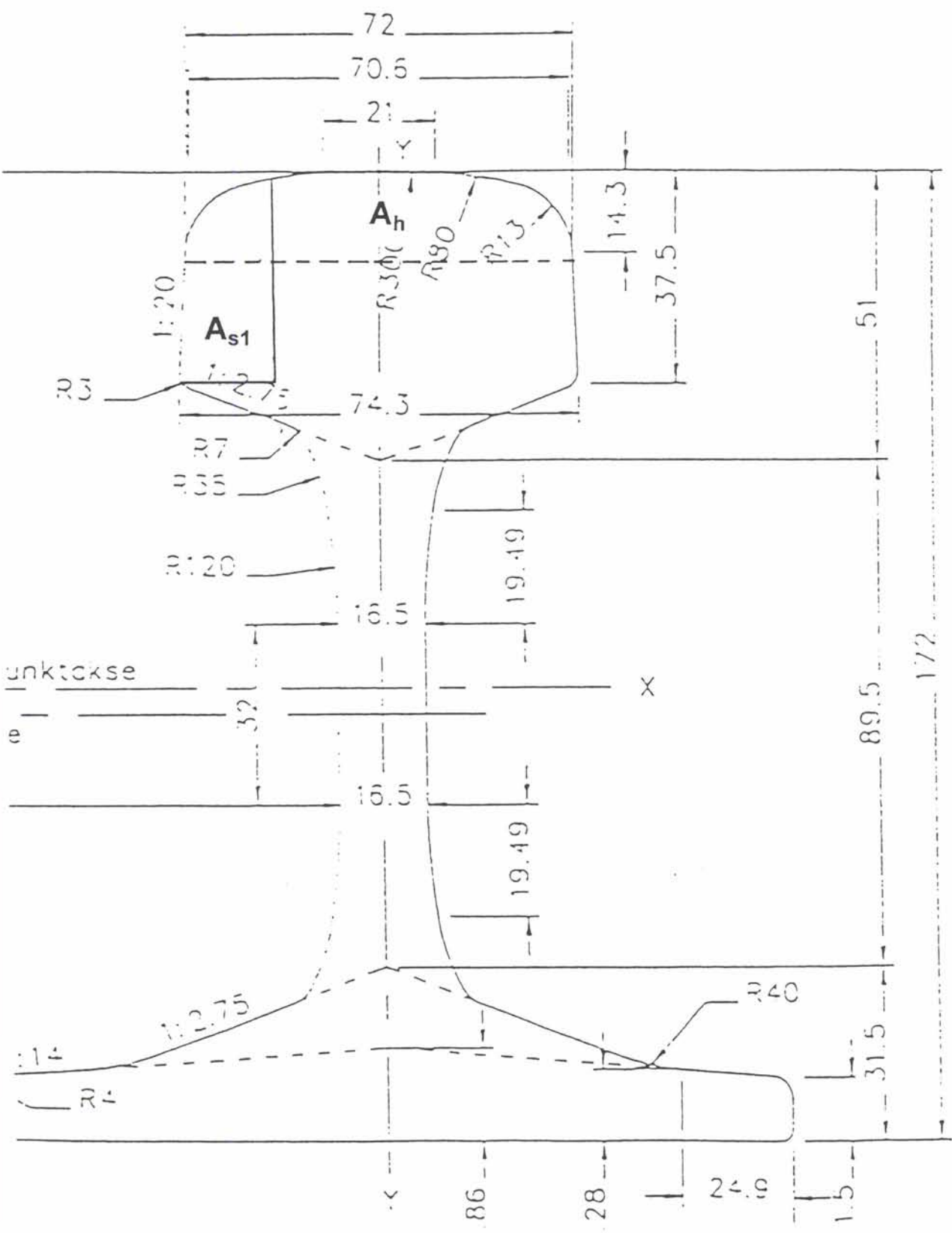
# S49

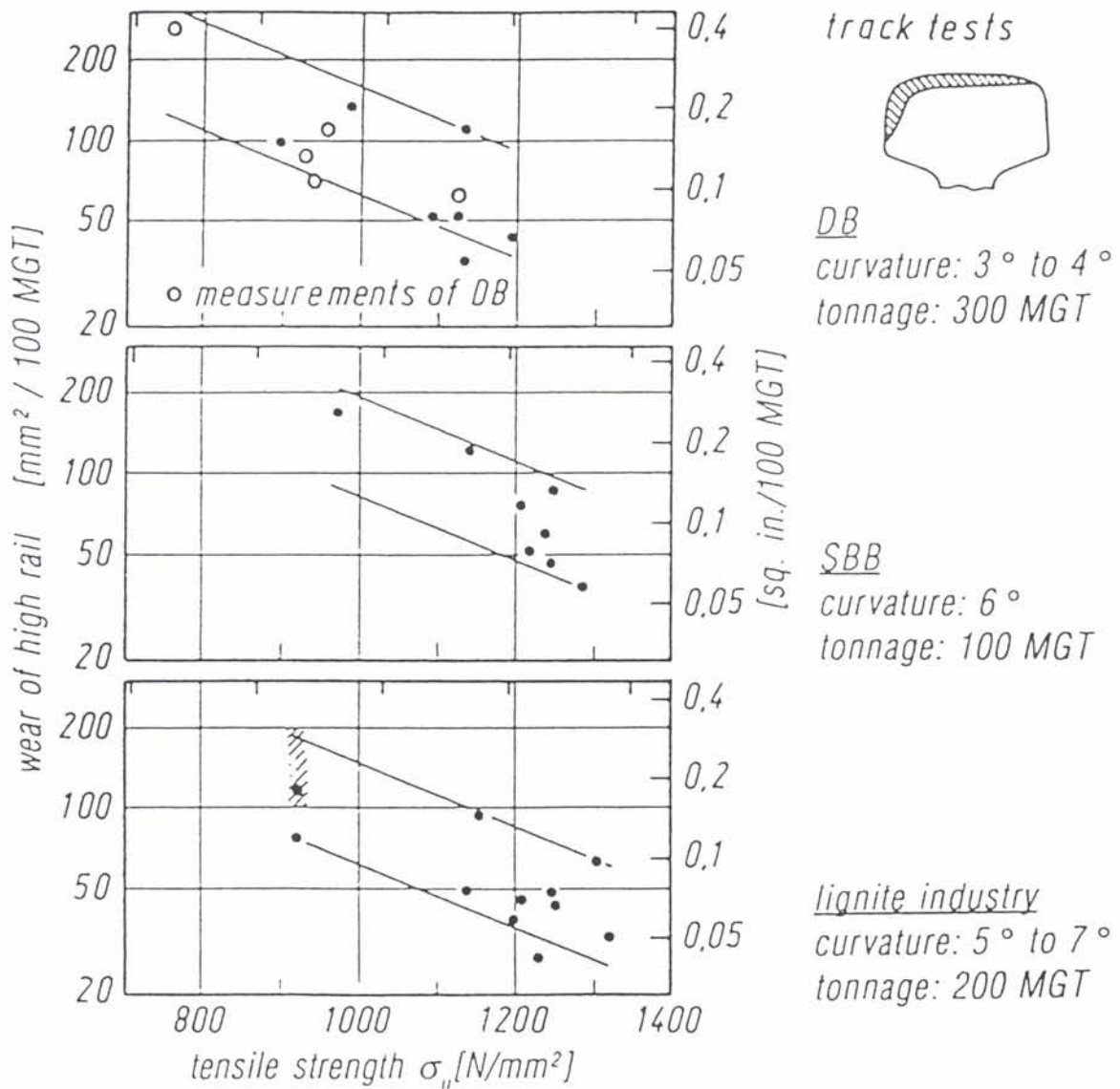
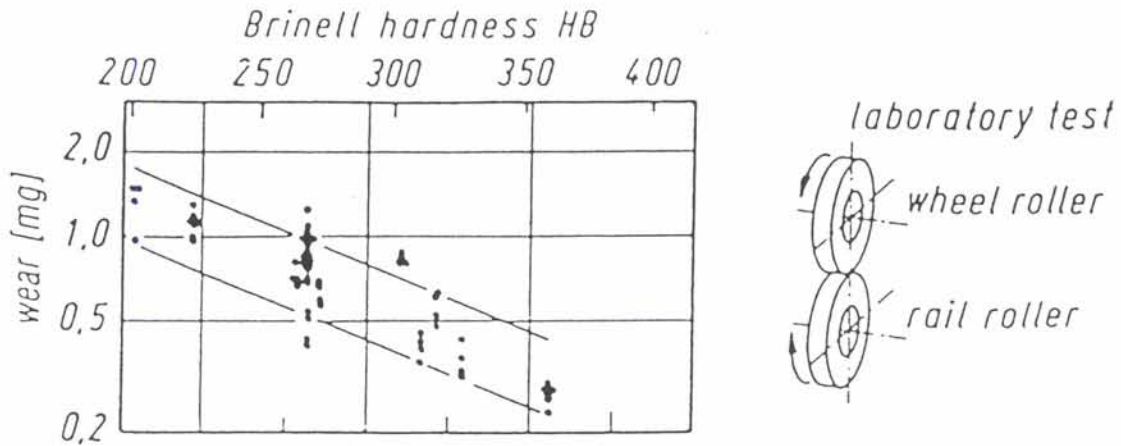


S54



# UIC60

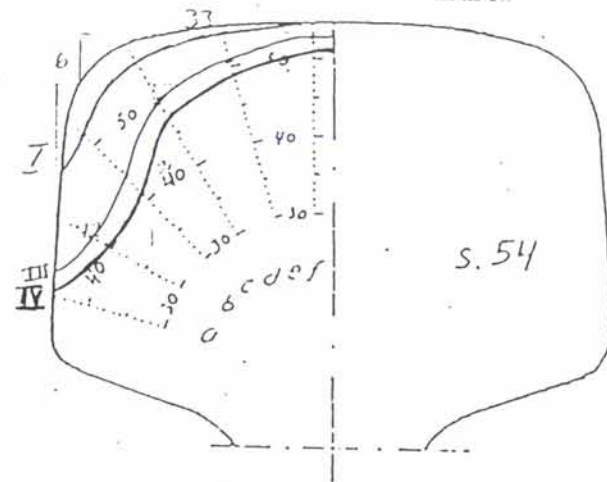




SLITASJE PÅ PERLITTISK SKINNESTÅL  
(FRA FIG. 8.33 "MODERN RAILWAY TRACK")

# OFOTBANEN - MÅLING AV SKINNESLITASJE

PRØVEKURVE NR. 18      KM 7.680 - KM 7.890  
SKINNE: Thyssen 83E      STREKKEHET: 1220 N/mm<sup>2</sup>  
MÅLEPUNKT 7V      KM 7.7483  
KURVE: H R=300/410      SK.STRÆNG: Venstre  
SVILLER: Furu      STIGNING: 13.12%



SKINNE INNLAGT 13.08.86  
 SKINNE UTSKIFTET -----

	DATO	a	b	c	d	e	f	SUM (a-f)	MILL. TONN BRUTTO <sup>1)</sup>	PILHØYDE 10M KORDE	SPOR- VIDDE	OVER- HØYDE	ANMERKNING	SIGN.
	28.08.86	44.5	47.8	55.7	58.1	55.4	54.8	316.3	1,153					
I	23.10.87	44.5	47.7	51.8	55.2	54.2	54.8	308.2	28,285					
II	14.10.88	44.5	45.3	47.5	52.5	52.5	53.9	296.2	50,755				Bortslitt areal etter 92,2 MBT	
III	02.10.89	44.5	42.1	44.0	49.9	50.8	52.6	284.5	74,837				(13.21) + (33.6) = 471 mm <sup>2</sup>	
	22.5.90	44.5	40.1	41.2	47.1	48.9	51.1	272.7	92,124				W = 511 mm <sup>2</sup> / 100 MBT	
								Utskiftet	12/7-90					

1) TRANSPORTERT MALM × 1,70

# OFOTBANEN - MÅLING AV SKINNE SLITASJE

sm.nr. 165 A 31

PRØVEKURVE NR. 17

SKINNE: Thyssen 83

MÅLEPUNKT 10 H

KURVE: V R=300

SVILLER: Bøk

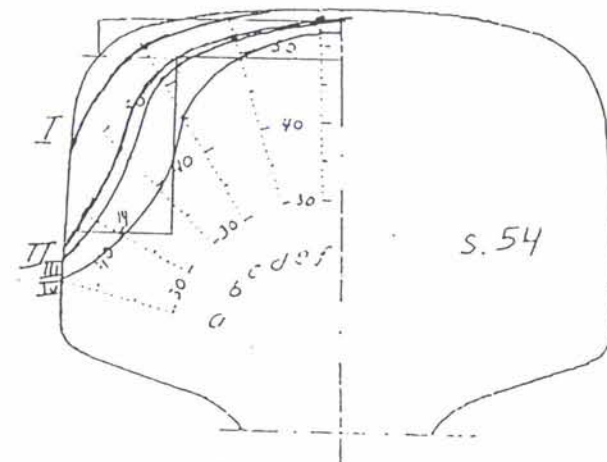
KM 12.4821 - KM 12.6921

STREKKEFLET: 1222 N/mm<sup>2</sup>

KM 12,5796

SK.STRENG: Høyre

STIGNING: 12.7 ‰



SKINNE INNLAGT 05.09.85

SKINNE UTSKIFTET 27.06.89

DATO	a	b	c	d	e	f	SUM (a-f)	MILL.TONN BRUTTO <sup>1)</sup>	PILHØYDE 10 M KORDE	SPOR- VIDDE	OVER- HØYDE	ANMERKNING	SIGN.
16.09.85	44.9	48.1	57.1	58.2	55.6	54.6	318,5	0,985				Ballastrenset juni 1985.	TR
I 30.09.86	44.8	48.1	53.1	55,5	54,5	54,6	310,6	27,587					
II 20.10.87	44.7	45.1	46.9	52.0	52.3	53.8	294,8	51704				Bortslittareal etter 92,3 MBT	
III 20.10.88	44.7	41.1	42.1	48.5	50.5	52.9	279.8	74.744				(14×23)+(32×5)=482 m <sup>2</sup>	
IV 20.06.89	44.7	39.5	39.6	45.5	49.1	51.9	270.3	92.294				w = 522 mm <sup>2</sup> /100 MBT	

1) TRANSPORTERT MALM × 1,70