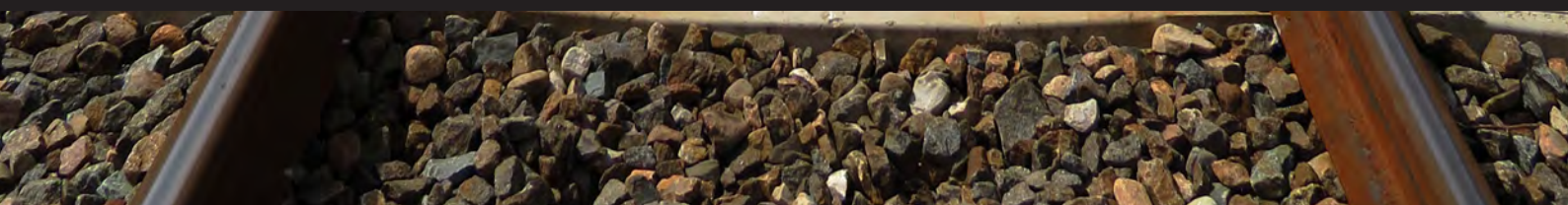




Sporteknik

Danske jernbanespors opbygning, konstruktion og komponenter

banedanmark



Sporteknik

Udgivet af:

Banedanmark
Teknik, LCC Spor

2. udgave udarbejdet af Banedanmark i 2016:

Redaktion/layout:
Peter Juel Jensen

Tekst:
Peter Juel Jensen

Illustrationer:
René Fongemie
Peter Juel Jensen

1. udgave udarbejdet af Banestyrelsen i 2000:

Redaktion:
Ulrik Eiby, Rambøll

Tekst:
Ulrik Eiby
René Pedersen, Banestyrelsen
John Bohl, Banestyrelsen
Karsten Nielsen, Banestyrelsen
Peter Bojsen

Tekstbehandling:
Lene Hartoft, Rambøll
Ulrik Eiby

Illustrationer:
Merete Christoffersen, Banestyrelsen o.a.



Sporteknik
2. udgave, 2. oplag
Februar 2017

Banedanmark
Teknik, LCC Spor
Vasbygade 10
2450 København SV

Sporteknik

Danske jernbanespors opbygning, konstruktion og komponenter



Forord

I erkendelse af at der mangler en grundbog om danske jernbanespor har Banedanmark Teknik LCC Spor i 2016 valgt at udgive nærværende bog om "Sporteknik", der oprindeligt blev udarbejdet i år 2000 af Bane-styrelsen. Der er naturligvis sket en udvikling i de mellemliggende 16 år, hvilket har ført til en gennemgri-bende revision, opdatering og udvidelse af materialet.

Bogens formål er fortsat at give en grundlæggende viden der er alment gyldig og er således skrevet med det udgangspunkt. Det er tilstræbt at holde et introducerende niveau i indholdet, mens der henvises til yderligere information hvor specielt interesserede læsere kan gå i detaljer.

Det er mit håb, at bogen vil kunne benyttes både af nye læsere der ønsker et grundlæggende kendskab til de mange aspekter der findes indenfor det snævre emne, men også af erfarne læsere der kan benytte bo-gen som opslagsværk.

Jeg vil gerne takke alle der har bidraget til opdateringen af bogen. Det oprindelige projektteam ledet af Ulrik Eiby har lavet en fantastisk første udgave som der kunne bygges videre på. Team LCC Spor (Anders Nielsen, Bo Nielsen, Brian Andersen, Carsten Rasmussen, Esben Møller, Jesper Johansen, Jette Hansen, Louise Langgaard, Martin Hyltoft-Sørensen, Pernille Jøndrup, Philip Andersen, Rasmus Jensen, René Fon-gemie og Tom Thøgersen) samt Peter Elleby har hjulpet med korrektur- og gennemlæsning. Fra det øvrige Banedanmark har Ann-Lill MacLusky, Claus René Pedersson, Erik Goderum, Henrik Scheuer, Johnny Nielsen og Lone Jørgensen samt nu pensionerede Mogens Andersen bidraget med inspirationsmateriale og billeder. Endelig har Anne Kold Kasper hjulpet med at lave bogens flotte omslag.

November 2016 Peter Juel Jensen

Bogen/mappen "Sporteknik", som du nu sidder med er en sammenlægning af de to lærebøger Sporteknik del 1 og Sporteknik del 2.

Sporteknik del 1 og Sporteknik del 2 blev brugt i de nu nedlagte kurser Banekursus 1 og Banekursus 2 som afløsning for hæftet "banelære – overbygning", som meget længe havde trængt til revision idet "banelære – overbygning" har været brugt uden de store ændringer i sådan ca. 20 år.

Da der nu langt om længe er ved at ske en tiltrængt effektivisering og fornyelse af uddannelserne for spo-rets folk er der behov for en generel bog om sporteknik.

Sporteknik, som den nu er udformet, giver både et overblik over sporets opbygning, konstruktion og kom-ponenter samt går i dybden med sporteknikkens forskellige emner.

Bogen kan anvendes både som opslagsbog ved fremtidige kurser om sporteknik og den kan anvendes til selvstudium for dem som ønsker bredere kendskab til Banedanmarks spor.

September 2000 Ulrik Eiby

1.	INTRODUKTION	9
2.	TEKNISKE REGLER	11
2.1.	INTRODUKTION	12
2.2.	NATIONALE REGLER	13
2.3.	INTERNATIONALE REGLER OG STANDARDER	22
2.4.	CSM-RA (COMMON SAFETY METHODS – RISK ASSESSMENT)	25
3.	OPBYGNING AF SPORET.....	27
3.1.	OVER-/UNDERBYGNING	28
3.2.	OVERBYGNINGENS SAMMENSÆTNING	29
3.3.	SKINNEBEFÆSTELSEN	30
3.4.	TVÆRPROFILER	31
3.5.	BENÆVNELSER	33
3.6.	OVERBYGNINGSTYPER	35
3.7.	BALLASTFRIT SPOR	45
3.8.	BESKYTTELSESSKINNER.....	49
4.	BALLAST.....	51
4.1.	BALLASTENS OPGAVE	52
4.2.	BALLASTPROFIL.....	53
4.3.	SPECIFIKATIONER BALLASTSKÆRVER	55
4.4.	SKÆRVEPRØVER	57
4.5.	UNDERBALLAST	58
4.6.	BALLASTRENSNING	59
4.7.	BALLASTUNDERSØGELSER.....	64
5.	SVELLER	71
5.1.	FORMÅL MED SVELLER	72
5.2.	TRÆSVELLER.....	73
5.3.	FEJL I TRÆSVELLER	76
5.4.	VEDLIGEHOLDELSE AF TRÆSVELLER	79
5.5.	BETONSVELLER TIL SPOR	82
5.6.	BETONSVELLER TIL SPORSKIFTER	85
5.7.	FEJL I BETONSVELLER	87
5.8.	KABELTRUGSVELLER	88
5.9.	SVELLESÅLER (UNDER SLEEPER PADS)	89
6.	SKINNER	91
6.1.	SKINNENS FORM.....	92
6.2.	SKINNETYPER OG MATERIALER	93
6.3.	RENOVEREDE OG BRUGELIGE ÆLDRE SKINNER.....	97
6.4.	SKINNEFEJL	98
6.5.	SKINNESLID	106
6.6.	RIFLER OG BØLGER	109
6.7.	KRAV TIL SKINNER	110
6.8.	SVEJSNING AF SKINNER	111
6.9.	HÅNDBLING AF SKINNER.....	114
6.10.	INSPEKTION AF SKINNER.....	115
6.11.	VEDLIGEHOLD AF SKINNER	118

7.	BEFÆSTELSESEDELE.....	125
7.1.	GENERELT.....	126
7.2.	BEFÆSTELSESEDELE TIL DE FIRE OVERBYGNINGSTYPER.....	127
7.3.	TEKNISKE BETINGELSER FOR BEFÆSTELSESEDELE (KOMponenter).....	130
7.4.	ÆLDRE OVERBYGNINGSTYPER.....	131
7.4.1.	Overbygning A.....	131
7.4.2.	Overbygning B.....	132
7.4.3.	Overbygning C.....	134
7.5.	OVERBYGNING BT.....	136
7.6.	OVERBYGNING CR / CF.....	138
7.6.1.	Overbygning Cr.....	138
7.6.2.	Overbygning Cf.....	140
7.7.	OVERBYGNING DT.....	141
7.8.	OVERBYGNING DB (DBG, DBR, DBS).....	144
7.9.	OVERBYGNING DBN.....	148
7.10.	OVERBYGNING DM.....	150
7.11.	OVERBYGNING DMP.....	152
7.12.	BEFÆSTELSESEDELE TIL SPORSKIFTE OVERBYGNING DSB45 CR OG UIC60 CR.....	153
7.13.	BEFÆSTELSESEDELE TIL SPORSKIFTE OVERBYGNING DSB45 CF OG UIC60 CF.....	159
7.14.	BEFÆSTELSESEDELE TIL SPORSKIFTE OVERBYGNING UIC60 CFB.....	161
7.15.	SKEMA BEFÆSTELSESEDELE.....	163
8.	LASKET SPOR/STØDSPOR.....	165
8.1.	GENERELT.....	166
8.2.	STØDSPILLERUM.....	167
8.3.	SKINNEVANDRING.....	168
8.4.	SKINNESTØD.....	169
9.	LANGSKINNESPOR.....	171
9.1.	GRUNDLÆGGENDE PRINCIPPER.....	172
9.2.	ÅNDNINGSZONER OG RAMMESTIVHED.....	175
9.3.	GENERELLE KRAV TIL LANGSKINNESPOR.....	178
9.4.	KOMPONENTKRAV I LANGSKINNESPOR.....	179
9.5.	SPÆNDINGSUDLIGNING.....	180
9.6.	OVERGANG TIL LASKET SPOR/ANDET SKINNEPROFIL.....	182
9.7.	LANGSKINNESPOR PÅ BROER.....	183
9.8.	ISOLERKLÆBESTØD OG AKSELTÆLLERE.....	184
10.	SPORSKIFTER.....	187
10.1.	GENERELT.....	188
10.2.	HOVEDGEOMETRI.....	189
10.3.	TYPER.....	191
10.4.	TUNGEPARTIET.....	196
10.5.	MELLEMPARTIER.....	201
10.6.	KRYDSNINGSPARTIER.....	202
10.7.	OVERBYGNINGSTYPER.....	206
10.8.	U-/I-KRUMME SPORSKIFTER.....	207
10.9.	DREV, KONTROLSTÆNGER OG AFLÅSNING.....	212
10.10.	BEVÆGELIG HJERTESPIDS.....	216
10.11.	SPORSKIFTEKORT.....	219
10.12.	SPORUDVEKSLINGSMATERIEL (SUM).....	223

11. SKINNEUDTRÆK.....	225
11.1. GENERELT.....	226
11.2. TYPER.....	227
12. SPORSTOPPERE.....	231
12.1. INTRODUKTION TIL SPORSTOPPERE.....	232
12.2. FYSISKE KRAV TIL SPORSTOPPERE.....	233
12.3. TYPER AF SPORSTOPPERE.....	234
13. TRACÉ OG HJUL/SKINNE-FORHOLD.....	237
13.1. GENERELT.....	238
13.2. LINJEFØRING.....	239
13.3. LÆNGDEPROFIL.....	240
13.4. GENERELT OM OVERHØJDE.....	241
13.5. OVERHØJDE I KRUMME SPORSKIFTER.....	246
13.6. KURVER.....	248
13.7. OVERGANGSKURVER OG OVERHØJDERAMPER.....	250
13.8. TRANSVERSALER.....	252
13.9. SPORVIDDE.....	253
13.10. HJUL/SKINNE-FORHOLD.....	255
14. SPORETS BELIGGENHED.....	261
14.1. INTRODUKTION.....	262
14.2. ABSOLUT BELIGGENHED OG FAST AFMÆRKNING.....	263
14.3. RELATIV BELIGGENHED.....	265
14.3.1. Højde- og sideretning.....	267
14.3.2. Standardafvigelse for højde- og sideretning.....	271
14.3.3. Overhøjde.....	272
14.3.4. Vridning.....	274
14.3.5. Sporvidde.....	275
14.4. FORSKEL MELLEM ABSOLUT OG RELATIV SPORBELIGGENHED.....	277
14.5. MÅLING AF RELATIV SPORBELIGGENHED.....	279
14.5.1. Belastet måling.....	280
14.5.2. Ubelastet måling.....	286
14.6. SPORJUSTERING.....	289
14.6.1. Sporjustering af fast befæstet spor.....	290
14.6.2. Sporjustering af ballasteret spor.....	291
15. FRITRUMSPROFILER OG SPORAFSTAND.....	301
15.1. FRITRUMSPROFILER.....	302
15.2. SPORAFSTAND OG FRISPORSMÆRKER.....	306
16. ASSET MANAGEMENT.....	307
16.1. HVAD ER ASSET MANAGEMENT?.....	308
16.2. INFRASTRUKTURMODEL.....	309
16.3. SAP PM.....	313
16.4. GIS.....	316
16.5. IRISSYS.....	319
16.6. PROARC.....	325
16.7. AM REGISTRE.....	326

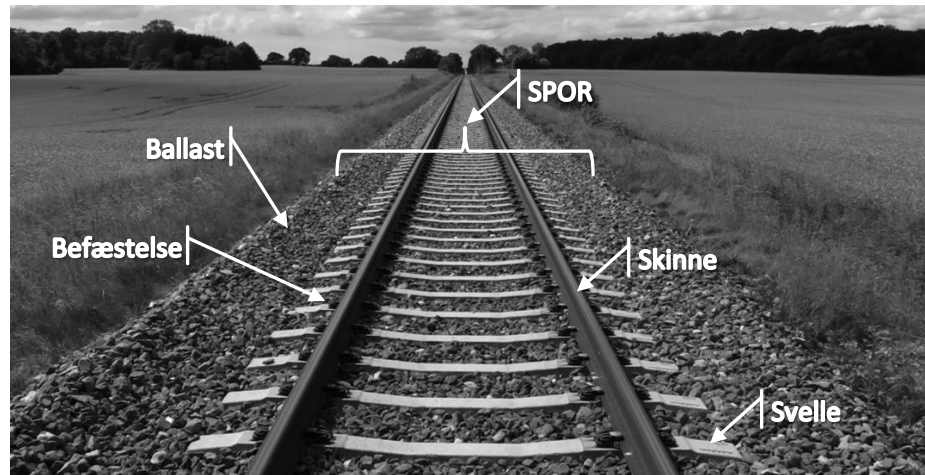
17. FIGURLISTE.....	327
18. STIKORDSREGISTER	335

1. Introduktion

Jernbane

Der kan skrives meget om hvad en jernbane er, men helt generelt er det en form for transport, hvor passagerer eller gods flyttes vha. tog ovenpå en "skinnevej" eller et spor der er opbygget af stålskinner monteret på sveller som ligger i en masse sten kaldet ballast. Fokus i nærværende bog er netop sidstnævnte: Sporet – hvad er det? Hvilken funktion har det? Hvordan er det opbygget? Hvilke komponenter indgår? Samt nogle af de omkringliggende grænseflader, som den plads der skal være udenom sporet for at togene ikke støder ind i noget og kontakten mellem sporets skinner og togenes hjul.

Figur 1 – Elementer i en jernbane



Spor

(Jernbane)spor er en samlebetegnelse for den konstruktion der består af et fast underlag, et eller flere bærelag, to skinner som togene kører på samt noget som sørger for at skinnerne ligger med den korrekte afstand.

Et klassisk jernbanespor er opbygget af ét gruslag (underballast), et skærvelag (ballast), sveller og skinner som holdes fast til svellen vha. befæstelser, men der findes også typer hvor ballasten består af grus, eller svellerne er erstattet af en fast flade bestående af f.eks. beton.

Alle disse komponenter har hver deres unikke funktion, som tilsammen danner en stabil, pålidelig og sikker "vej" som togene kan befare.

Bogens opbygning

Denne bog beskriver opbygningen af et dansk jernbanespor, dets komponenter og principper samt de vigtigste grænseflader mod den øvrige jernbane. I alle kapitler er der henvist til normer og regler, hvor der kan findes yderligere detaljer efter behov. Det er vigtigt at være opmærksom på at bogen er skrevet ud fra regler gældende ved bogens udgivelse – hvis der opstår tvivl, er det altid de på det pågældende tidspunkt gældende Banenormer og regelværker der er korrekt.

Der startes med en introduktion til normer og regler, hvorefter flere kapitler opbygger sporet først i et overblik og hver komponent for sig. Det efterfølges af hvordan sporet sættes sammen på langs, en beskrivelse af specielle konstruktioner, sporets udformning og geometri, inden der afsluttes med fritrumsprofiler og en introduktion til asset management.

2. Tekniske regler

2.1.	INTRODUKTION	12
2.2.	NATIONALE REGLER.....	13
2.3.	INTERNATIONALE REGLER OG STANDARDER	22
2.4.	CSM-RA (COMMON SAFETY METHODS – RISK ASSESSMENT)	25

2.1. Introduktion

Banedanmarks tekniske regler skal sikre, at der stilles de nødvendige og tilstrækkelige krav for at kunne opretholde en sikker, effektiv, miljørigtig og økonomisk fordelagtig jernbanedrift, der samtidig kan tilfredsstille kravene til interoperabilitet samt øvrige internationale og nationale krav og lovgivning, som Banedanmark skal efterleve.

Regelværkets opbygning

Det regelværk der styrer drift, vedligehold og anlæg af jernbanespor består af flere forskellige nationale og internationale typer.

Banedanmark udgiver selv følgende formater:

- Banenormer (BN)
- Tekniske meddelelser (TM)
- Øvrige vigtige regelværker
- Normaltegninger og andre tegninger

Disse er, hvor muligt og hensigtsmæssigt, inspireret af internationale standarder og anbefalinger, hvoraf de vigtigste er:

- Europæiske standarder (EN)
- UIC anbefalinger

Banedanmark er derudover, på strækninger som indgår i det trans-europæiske transportnetværk (TEN-T) forpligtiget til at overholde overnationale regler i form af:

- Tekniske Specifikationer for Interoperabilitet (TSI)

2.2. Nationale regler

Banedanmarks egne regler

Banedanmark udgiver tekniske regler på forskellige formater:

- Banenormer (BN), der typisk indeholder generelle krav indenfor ét eller flere fagområder.
- Tekniske meddelelser (TM), der typisk indeholder:
 - o Midlertidige regler - f.eks. krav, der omhandler anlæg under afvikling.
 - o Hastende regler - f.eks. regler, der senere skal implementeres i en Banenorm, men hvor der ikke er tid til at opdatere hele Banenormen i samme omgang.
 - o Regelområde, der er meget småt.
- Normaltegninger, der typisk indeholder anlægs- eller typespecifikke krav (f.eks. hvordan et sporskifte opbygges eller en komponent skal se ud).

Nyere tekniske regler (BN og TM) inddeles i tre regel niveauer:

- BN1-regler: Specifikke regler til imødegåelse af krav fastsat af nationale og internationale myndigheder som Banedanmark skal efterleve og tilsvarende krav (jernbanesikkerhed) fastsat af Banedanmark, der behandles og godkendes af CSM (se afsnit 2.4) og fremsendes til Trafik- og Byggestyrelsen. BN1-regler er relateret til sikkerhed. Dispensationer skal behandles af Trafik- og Byggestyrelsen.
- BN2-regler: Tekniske regler, der lever op til BN1-regler, som Banedanmarks ledelse har valgt som supplerende eller skærpende virksomhedskrav. BN2-regler er altså relateret til "best practice". Dispensationer skal godkendes (ved mindre andet er nævnt i normen) af den ansvarlige TSA (som er angivet på normens forside)
- BN3-regler: Tekniske vejledninger og konkrete instrukser, der sikrer overholdelse af de relevante BN1- og BN2-regler. BN3-regler kan afviges af projektledere når BN1- og BN2-krav opfyldes på anden vis.

Én Banenormsudgivelse kan indeholde regler på flere BN-niveauer i samme dokument.

Udover Banenormer og tekniske meddelelser findes der forskellige andre vigtige regelværker som Banedanmark har udgivet. Disse er primært regler der stammer fra tiden før Banenorms-komplekset blev indført og som endnu ikke er overført til Banenormer. For emnet spor er de vigtigste af disse:

- GAB Spor
- Sporregler 1987
- Sporregler 1959
- Fritrumsprofiler
- Langskinneregler 1978

Alle Banenormer, tekniske meddelelser og andre regelværker er tilgængelige på Banedanmarks hjemmeside www.banedanmark.dk under Erhverv->Tekniske normer og regler. Alle regler og normer er under løbende revidering, opdatering og harmonisering med internationale regler. Ansvar

for normerne og deres indhold er, ved denne bogs udgivelse, placeret ved forskellige teknisk systemansvarlige (TSA'ere) som arbejder indenfor de forskellige fagområder i Teknik.

Banenormer

De formelle krav til hvad en Banenorm skal indeholde og hvordan den skal se ud kan findes i Banenorm BN2-1: "Struktur, udseende og udvikling af Banenormer".

Banedanmarks normkompleks er en støttefunktion for sammenfatning og udvikling af sikkerhedsmæssige, funktionelle og specifikke tekniske, trafikale og andre krav og regler til Banedanmarks processer, produktionsapparat, produktion og produkter.

Hensigten med Banedanmarks normkompleks er dels at sikre overholdelse af love og bekendtgørelser gældende for Banedanmark og dels at gennemføre egne virksomhedsmæssige krav. De enkelte Banenormer skal derfor forholde sig til både lovgivningsmæssige (retslige) krav og Banedanmarks egne (virksomhedsmæssige) krav. Banenormerne skal anvendes ved den infrastruktur og trafikstyring, der ejes og udføres af Banedanmark.

Banenormernes overordnede formål er derfor at medvirke til sikring af, at infrastruktur og trafikstyring, der ejes og udføres af Banedanmark, kan:

- Specificeres
- Planlægges
- Projekteres
- Etableres
- Vedligeholdes
- Drives
- Anvendes på en effektiv og forsvarlig måde, med hovedvægt på:
 - o Sikkerhedsmæssige forhold
 - o Økonomiske forhold
 - o Kundemæssige forhold herunder regularitet og komfort
 - o Miljømæssige forhold

Nogle af de mest relevante normer for emnet sporteknik var ved denne bogs udgivelse:

- Ballast
 - o BN2-4: "Ballastlaget, vedligeholdelse og fornyelse"
 - o BN1-6: "Tværprofiler for ballasteret spor"
 - o BN2-19: "Ballast og underballast, materialekrav"
- Sporbeliggenhed
 - o BN1-38: "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer"
- Skinner
 - o BN2-47: "Rifler og bølger samt skinneslibning"
 - o BN1-61: "Generelle regler for svejsning, boring og skæring i spor."
 - o BN1-66: "Langskinnespor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor"

- BN1-107: "Skinner, eftersyn og tilstand"
- BN3-200: "Vejledning af måling af skinnerlid"
- BN2-202: "Skinnerpolitik"
- Sporskifter
 - BN1-14: "Projektering, tilstand og eftersyn af sporskifter og sporskæringer"
 - BN2-15: "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer"
- Faste mærker
 - BN2-93: "Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé"
 - BN1-154: "Sporafstand og frispormærker"
 - BN1-160: "Kilometrering og opsætning af kilometermærker"
- Andet
 - BN1-95: "Sporstoppere"
 - BN1-177: "Tilstandsinspektion og vedligeholdelse"

GAB Spor

GAB Spor (Generelle ArbejdsBeskrivelser Spor) er et dokument som i udbredt grad bliver brugt af Anlægsdivisionen til beskrivelse af, hvordan Banedanmark generelt ønsker sporarbejde udført og dokumenteret.

De generelle arbejdsbeskrivelser er skrevet med udgangspunkt i normer og erfaringer. GAB spor bliver i Anlæg brugt i forbindelse med udbudsmaterialet sammen med generelle arbejdsbeskrivelser for de øvrige fagområder samt andre kontraktgrundlag.

Formålet med GAB Spor er, at udførelsen og dokumentation sker på samme måde efter Banedanmarks faste paradigmer og skabeloner, således er ønsket scenariet en entydighed mellem entreprenørenes priser, kvalitet og dokumentation.

Regler i GAB Spor er i forbindelse med CSM vurdering på BN2-niveau.

Sporregler

Sporregler 1987 består af to sammenhængende dele, del 1 omfatter normerne for hvordan sporet skal anlægges og vedligeholdes, herunder:

- Sporets tracé
 - Hvor lille en kurveradius, der må anvendes
 - Hvor stor overhøjden må være
 - Hvor hurtigt der må køres i en given kurve

Del 2 (tillæggene) er vejledning og uddybende forklaring til del 1, herunder:

- Hvordan overhøjden fastsættes

Sporreglerne sikrer ensartede retningslinjer ved projektering og anlæg, sikrer at der er retningslinjer for planlægning og styring af vedligeholdelse, samt sikkerhed for at sporet kan klare trafikbelastningen.

Figur 2 – Eksempel på side fra Sporregler
Sporregler
Afsnit 2 / side 6-7

Dato 01.04.2016

2 Sporets tracé
2.03 Overhøjde

For persontrafikbaner bestemmes overhøjden ud fra

$$h = 11,8 \cdot (V^2 / R) - l \quad (5)$$

hvor overhøjdeunderskuddet begrænses til $l \leq 100$ mm

Ved bestemmelse af overhøjde ud fra formel (5) gælder følgende supplerende bestemmelser

- sporskifter på stenballastede baner
 $h \leq 120$ mm (6)
- spor på stenballastede baner
 $h \leq 160$ mm (7a)
- spor og sporskifter på grusballastede baner
 $h \leq 80$ mm (7b)
- spor og sporskifter langs med perroner for $V < 250$ km/h
 $h \leq 60$ mm (8)

Af hensyn til afspøringsrisiko i kurver med små radier skal kravet i formel (4a) dog altid være overholdt.

For delstrækninger, der jævnligt befares med langsomt kørende godstog, fastsættes største overhøjde til

$$h = 11,8 \cdot (V_g^2 / R) + E \quad (9)$$

- hvor V_g i nærværende sammenhæng er den laveste hastighed delstrækningen jævnligt befares med
- hvor størst tilladte overhøjdeoverskud er $E \leq 110$ mm

I forbindelse med nyanlæg, større ombygninger eller opgraderinger skal bestemmelsen (9) ligeledes omfatte delstrækninger, der jævnligt befares med langsomt kørende passagertog.

De supplerende bestemmelser i (6), (7a), (7b) og (8) skal endvidere overholdes.

Ved bestemmelse af overhøjden ud fra formel (5) kan Banedanmarks teknisk systemansvarlige, for passager- og godstog give tilladelse indtil:

- for $A \leq 22,5$ tons og skinneprofiler UIC60 og DSB60:
 - for alle tog, hvor $V \leq 140$ km/h: $l = 130$ mm
 - for alle tog, hvor 140 km/h $< V \leq 250$ km/h: $l = 153$ mm
 - for særlige togsæt: $l = 160$ mm
- for $A \leq 22,5$ tons og skinneprofil DSB45:
 - for alle tog: $l = 130$ mm

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan for overhøjden i sporskifter på stenballastede baner give tilladelse indtil:

- $h = 160$ mm

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan for overhøjden i spor (ekskl. sporskifter) på stenballastede baner reserveret for passagertrafik give tilladelse indtil:

- $h = 180$ mm

2.03.4
Normalbestemmelser
2.03.5
Undtagelsesbestemmelser

Rev. nr. 257

Sporregler del 1 og del 2 er begge inddelt i de samme seks afsnit, hvoraf afsnit 3-6 i udstrakt grad henviser til Banenormer:

1. Indledning
2. Sporets tracé
3. Underbygning
4. Overbygning
5. Udførelse af sporarbejde
6. Vedligeholdelse

Sporreglernes afsnit 2 "Sporets tracé" er opdelt i tre typer af bestemmelser, nemlig ønskelige bestemmelser, normalbestemmelser og undtagelsesbestemmelser.

Ønskelige bestemmelser skal så vidt muligt anvendes ved nyanlæg.

Normalbestemmelser bør anvendes ved nyanlæg og i vedligeholdelsessituationer (svarende til BN2-niveau).

Undtagelsesbestemmelser kan kun anvendes efter tilladelse fra den relevante teknisk systemansvarlige (TSA) (svarende til BN1-niveau).

Normaltegninger

Opbygninger af sporet og dets forskellige konstruktioner er vist på et antal normaltegninger.

Normaltegninger er tegninger, som er fremstillet af eller for Banedanmark. Hver tegning er tildelt et unikt tegningsnummer med betegnelsen 'Blad {løbenummer}'.

En Normaltegning er en tegning af en standard sporkonstruktion, som kan anvendes ved Banedanmarks sporanlæg når der udføres; nyanlæg, fornyelse og vedligeholdelse. Tegningerne bruges også af leverandører til at fremstille sporkonstruktionen, samt af entreprenører til at samle (bygge) konstruktionen. Normaltegninger indeholder desuden styklister med varenumre som anvendes ved bestilling af hele, eller dele af, den aktuelle sporkonstruktion.

I samlingen af normaltegninger kan man f.eks. finde tegninger af alle de forskellige overbygningstyper og oversigtstegninger af alle sporskifter, der findes på Banedanmarks strækninger.

Samlingen omfatter også detailtegninger for fremstilling af sporskifter, befæstelsesdele mm.

Normaltegninger kan findes i ProArc, se afsnit 16.6 på side 325.

Hyppigt benyttede normaltegninger

I det følgende findes en oversigt over hyppigt benyttede normaltegninger indenfor sporområdet, for hhv. sporskifter, skinner og overbygninger. Bladnumrene bruges til fremsøgning af dokumenter i Proarc (se afsnit 16.6 på side 325) eller lignende opslag.

10-tals tegninger

10-tals tegninger er anlægsspecifikke tegninger af spor konstruktioner, som er sammenlignelige med Normaltegninger, med den forskel at den viste spor konstruktion kun er udført et enkelt eller ganske få steder. Navnet 10-talstegninger er grundet, at tegningens nummer altid starter med et 10-tal.

Udførelse af spor konstruktioner efter en 10-talstegning er nødvendig, fordi gældende Normaltegninger ikke har en løsningsmulighed for et specifikt projektbaseret problem. Eksempler på dette kan være: en sporskæring, sporskifte med gennemgående kurve i afvigende gren hvor Normaltegning for samme konstruktion viser et ret spor, fletteplaner i transversaler mv.

En 10-talstegning har samme betydning for udførelse af vedligeholdelse, udskiftning af hele eller dele af konstruktionen som en Normaltegning.

Leverandørtegninger

Tegninger af konstruktioner, som er indkøbt som standardløsninger fra den pågældende leverandør. Eksempler på leverandørtegning er manganstål-krydsninger.

En Leverandørtegning kan være en tegning af en leverandørs standardløsning eller leverandørens detaljerede tegningsmateriale for fremstilling af en spor konstruktion efter en Normaltegning, eksempelvis et sporskifte.

Figur 3 – Bladnumre for sporskifter på træsveller

Beskrivelse	Bladnummer
UIC60-R2500-1:26,5	8050 + 8015
UIC60-R1200-1:19	8040 + 8257 + 8000
UIC60-R1200-1:19 sym	7800
UIC60-R500-1:14	8256+8080+8440+7844+8438 7833+8435+7820+8432
UIC60-R500-1:12	8255+8090+7858
UIC60-R300-1:9	8254+8060
UIC60-R190-1:9	8100+7865
UIC60-R190-1:7,5	8110+7880
1/1X UIC60-R190-1:9	8210
1/1X UIC60-R190-1:9/1:7,5	8355
1/2X UIC60-R190-1:9	8235
UIC60 skæring bev. tunger	8120
DSB45-R500-1:14	6529
DSB45-R330-1:11	6515
DSB45-R190-1:9	6720+6500
DSB45-R190-1:7,5	6734+6546
DSB45-R215-1:5,45 sym	6740
DSB45-R190-1:9 forsat	6650
1/1X DSB45-R190-1:9	6620
1/2X DSB45-R190-1:9	6631

Figur 4 – Bladnumre for spor-skifter på betonsveller

Beskrivelse	Bladnummer
UIC60-R2500-1:27,5	8390
UIC60-R2500-1:26,5	8370
UIC60-R2500-1:26,5 med kurve efter kr. bagende	8450
UIC60-R1200-1:19	8180
UIC60-R1200-1:19 med kurve efter kr. bagende	8258
UIC60-R500-1:14	8130+8252
UIC60-R500-1:12	8150+8424
UIC60-R300-1:9	8160+8420
UIC60-R190-1:9	8290+8414
UIC60-R190-1:7,5	8314+8428
1/1X UIC60-R190-1:9	8340
1/2X UIC60-R190-1:9	8400

Figur 5 – Bladnumre for skin-neprofiler

Beskrivelse	Bladnummer
DSB32	5301
DSB37	5401
45E2 (DSB45)	5501
DSB60	6601
60E1 (UIC60)	7701
60E2 (UIC60 AHC)	<i>Ikke tilgængelig</i>
Vo1-60	8014
Tunge DSB45	5646
Tunge UIC60	7770+7738
Tvangskinne til dobb.kr.	5041
Tvangskinne DSB45	5636
Tvangskinne UIC60	7737
UIC33	7109
HI54	5901
RI46	5931
57R1	5963

Figur 6 – Bladnumre for overbygninger (svelle) beton 60E2

Beskrivelse	Bladnummer
Dme (S16)	8540
Dmp (S99)	7141
Dmp (S95)	10-2381
Dm (S89)	7130
Dbn (S75)	7100
Dbs+Dbg (SLg)	7783
Db+Dbr (SL)	7780
Db (RS)	7718
Cfb (SP90)	7941
Dm bs (SS89)	10-2163
Dm bs (SB89)	7143

Figur 7 – Bladnumre for overbygninger (svelle) beton 60E2/45E2

Beskrivelse	Bladnummer
Dm (S89)	7130
Dbn (S75)	7100
Dbs+Dbg (SLg)	5686
Db+Dbr (SL)	6699/5680

Andre tegninger

Stationsplaner i målestok 1:1000 findes for alle stationer og anvendes bl.a. ved planlægning af sporarbejder.

Desuden anvendes:

- Strækingsplaner
- Afvandingsplaner
- Anlægstegninger
- og andre typer

Tegningerne kan typisk inddeles i følgende dokumentationstyper:

- Anlægsdokumentation: Geografisk refereret dokumentation
- Systemdokumentation: System-, normal-, type- og komponentdokumentation uden geografisk reference
- Driftsdokumentation: Dokumentation som vedrører et specifikt anlægs ændringer, tilstand mv.
- Godkendelsesdokumentation: Dokumentation som vedrører et specifikt anlægs godkendelse
- Certifikater: Certifikattyper for anlægsarter

2.3. Internationale regler og standarder

Internationale standarder Fælles for de fleste jernbaner rundt omkring i verden er, at de er blevet udviklet på baggrund af erfaringer og regler som blev lavet lang tid inden globaliseringen rigtigt blev aktuel. Derfor er der en høj grad af nationalisering af regler og normer, f.eks. med forskellige små sikkerhedsbærende tiltag som er blevet indført på baggrund af forskellige ulykker. I mellemtiden er der blevet et stadigt større behov for grænseoverskridende togtrafik og dermed er det nødvendigt at indrette infrastruktur og rullende materiel til at kunne befare de forskellige nationale netværk.

Eksempel

Et godstog skal fragte træstammer fra Helsinki i Finland til Maschen godsterminal i nærheden af Hamborg i Tyskland. Toget skal således passere igennem fire lande: Finland, Sverige, Danmark og Tyskland. For at gøre det skal toget være indrettet med:

- Forskydelige aksler, da sporvidden i Finland er 1524 mm, mens den i Sverige, Danmark og Tyskland er 1435 mm
- To-strøms-system på lokomotivet, da Finland og Danmark benytter 25 kV 50 Hz AC mens Sverige og Tyskland benytter 15 kV 16,7 Hz
- Fire sikkerhedssystemer, da landene har hvert deres automatiske togkontrolsystem (ATC)
- Læsseprofil (se afsnit 15.1) og længde svarende til det mindste i de relevante lande
- Og meget andet

Europæiske standarder (EN)

EN-standarder er en meget stor del af vores hverdag, selvom de fleste ikke er klar over det. Et eksempel på dette er papirformatet A4, som de fleste i Europa ikke spekulerer meget over at "man" bruger, men faktisk er en europæisk standard – defineret i en EN-standard for papirstørrelser.

EN-standarder findes også indenfor jernbaneområdet, og der er henvist til dem flere gange i nærværende bog. F.eks. stammer skinnebetegnelserne 60E2 og 45E2 fra EN13674, regler for målevognes nøjagtighed findes i EN13848 og beregningsmetoder for ækvivalent konicitet i EN15302.

Generelt kan en standard beskrives som et dokument, der angiver krav til specifikke objekter, materialer, komponenter, systemer eller services, eller beskriver detaljer for en bestemt metode eller procedure. Standarder sikrer dermed kompatibilitet og interoperabilitet på tværs af landegrænser. Mere specifikt er den formelle definition: "(en standard) er et dokument, som skabes gennem konsensus og bliver godkendt af et anerkendt instans, som skaber grundlag for almindelig og gentaget brug, regler, retningslinjer eller karakteristikker for aktiviteter og deres resultater, rettet mod at opnå den optimale ordensgrad i en specifik kontekst".

EN-standarder udarbejdes af eksperter indenfor det felt, som den pågældende standard omhandler, som er udvalgt af de lande, der deltager i arbejdet, og er ratificeret af én af de tre europæiske standardiseringsorganisationer (ESO'er): CEN, CENELEC eller ETSI. Eksperter fra Banedanmark deltager også i disse grupper.

En europæisk standard skal jf. EU lovgivning implementeres som standard i

alle de 33 CEN-CENELEC medlemslande (herunder Danmark) ved udgivelse, og eventuelle nationale standarder, der er i konflikt med en EN-standard skal udgå. I Danmark sker det gennem den danske standardiseringsorganisation Dansk Standard.

Standarder er som udgangspunkt frivillige at bruge, men kan blive implementeret i lovgivningen indenfor specifikke brancher. De er i vid udstrækning implementeret i jernbanelovgivningen i form af at de mere eller mindre direkte finder anvendelse i Banenormer og tekniske meddelelser udgivet af Banedanmark.

Nogle af de mest relevante normer for emnet sporteknik var ved denne bogs udgivelse (langt de fleste findes kun på engelsk evt. med danske titler):

- Spor
 - EN13146: Test methods for fastening systems
 - EN13230: Concrete sleepers and bearers
 - EN13231: Acceptance of track works
 - EN13232: Switches and crossings
 - EN13450: Aggregates for railway ballast
 - EN13803: Track alignment design
 - EN13848: Geometric track quality
 - EN15273: Gauges

- Stål og svejseteknik
 - EN13674: Rails
 - EN15689: Crossing components made of cast austenitic manganese steel
 - EN14587: Flash butt welding of rails
 - EN14730: Aluminothermic welding of rails

UIC anbefalinger

Den internationale jernbaneunion UIC (Union Internationale des Chemins de fer) har siden dens oprettelse i 1922 udgivet forskellige anbefalinger omkring hvordan jernbaner med fordel kan bygges og drives. Tidligere byggede en meget stor del af Banedanmarks regler og normer på anbefalinger fra UIC. Det gør de stadig til en hvis grad, men EN-standarder har overtaget og vil fortsat overtage en stor del af grundlaget.

UIC anbefalingerne (også kaldet UIC codes eller UIC leflets eller International Railway Standard (IRS)) benævnes 'UIC xxx' hvor xxx er en tre-cifret kode, hvor det første ciffer benævner en af følgende kategorier:

0. Statutes and Regulations
1. Passenger and Baggage Traffic
2. Freight Traffic
3. Finance, Accountancy, Costs, Statistics
4. Operating
5. Rolling Stock
6. Traction
7. Way and Works
8. Technical Specifications
9. Information Technology, Miscellaneous

Tekniske Specifikationer for Interoperabilitet (TSI)

Tekniske specifikationer for interoperabilitet, eller i daglig tale TSI'er, er et sæt overnational lovgivning for strækninger der er en del af det trans-europæiske transport netværk (TEN-T), som har til formål at skabe redskaber til harmonisering af de europæiske jernbaner. Skabelsen af TSI'erne udløber af Interoperabilitetsdirektivet som en udmøntning af direktivets væsentligste krav til jernbanen: sikkerhed, pålidelighed og tilgængelighed, sundhed, miljøbeskyttelse og teknisk kompatibilitet. De indeholder dels strukturelle (tekniske) og dels funktionelle (trafikale m.m.) krav til jernbanen.

Modsat EN-standarder og UIC anbefalinger er TSI'erne ikke frivillige, men obligatoriske krav til jernbanen, som implementeres overnationalt (lovgivning der udarbejdes i EU og skal implementeres direkte i medlemsstaterne). Nogle krav er minimumskrav, andre er ikke. Som udgangspunkt stiller TSI'er ingen krav til *eksisterende* infrastruktur, men i det øjeblik at infrastrukturen (eller rullende materiel) befinder sig på en *TEN-strækning* og der enten *nybygges*, *opgraderes* (ydeevnen forbedres) eller *fornyres* (gennemgår større ombygning) skal TSI'erne benyttes. Dette skal verificeres af en Notified Body (NoBo), som udarbejder en ISV (intermediate statement of verification), hvilken skal bruges til den endelige EF-erklæring og ibrugtagning.

Nogle TSI'er skelner imellem regler til konventionelle strækninger (CR) og højhastighedsstrækninger (HS), andre er samlet i ét dokument. Hver TSI fastsætter regler for ét eller flere delsystemer:

- Strukturelle delsystemer
 - o Infrastruktur (INF)
 - o Støj (NOI)
 - o Tilgængelighed for handicappede (PRM)
 - o Tunnelsikkerhed (SRT)
 - o Energi (ENE)
 - o Togkontrol og signaler (CCS)
 - o Rullende materiel (LOC & PAS)
- Funktionelle delsystemer
 - o Drift og trafikstyring (OPE)
 - o Vedligeholdelse (MAI)
 - o Telematik for person- og godstrafik (TAP/TAF)

For sporteknik er den mest relevante TSI INF, men der er også grænseflader til de øvrige strukturelle TSI'ere.

TSI-krav bliver ofte implementeret i Banenormer for at øge overskueligheden. F.eks. er TSI-krav vedrørende sporvidde, vridning og ækvivalent konicitet (et udtryk for stabilitet af kørsel, se mere i afsnit 13.10) implementeret i Banenorm BN1-38.

2.4. CSM-RA (Common Safety Methods – Risk Assessment)

Indledning

I forbindelse med ændringer i infrastrukturen, rullende materiel, organisation eller driftsformer, vil der i flere sammenhænge blive henvist til om der er udført risikovurdering med CSM. For godkendelse af tekniske regler anvendes CSM endnu ikke, men vil sandsynligvis blive det engang i fremtiden, således at Banedanmark selv kan håndtere godkendelse af jernbanesikkerhedsregler. Det er ved bogens udgivelse dog ukendt hvad tidshorizonten er for dette.

”CSM” benyttes i daglig tale for ”Common Safety Methods – Risk Assessment (CSM-RA)”, der er en fælles-europæisk sikkerhedsmetode til risikoevaluering og -vurdering, som skal benyttes af EU's medlemsstater.

Hensigten med at indføre CSM er, at lette medlemsstaternes gensidige anerkendelse af de metoder der benyttes til at identificere og styre risici. Hjemmel findes i direktiv 2004/49/EF, som angiver at der gradvis bør indføres fælles sikkerhedsmetoder for at sikre, at der opretholdes et højt sikkerhedsniveau, og at niveauet højnes, når det er nødvendigt og praktisk muligt.

CSM skal som udgangspunkt benyttes hver gang der foretages en ændring, som har indflydelse/betydning for jernbanesikkerheden. Ændringerne kan være af teknisk (infrastruktur eller rullende materiel), driftsmæssig eller organisatorisk karakter.

Processen for gennemførelse af en CSM vurdering fremgår af Banedanmarks ledelsessystem (Tracé).

Eksempel

Et projekt der foretager en ændring i infrastrukturen ønsker en dispensation fra jernbanesikkerhedsregler i en banenorm. For at afgøre hvem der skal håndtere dispensationsansøgningen, skal der foretages en vurdering af om den ændring der foretages er signifikant eller ikke-signifikant ved brug af CSM risikovurdering. Hvis den ikke er signifikant kan dispensationsansøgningen håndteres af Banedanmark, mens signifikante ændringer skal håndteres af Trafik- og Byggestyrelsen.

Det er alene dispensationer til jernbanesikkerhedsregler, som ikke vedrører konkrete ændringer af infrastrukturen, der skal godkendes af Trafik- og Byggestyrelsen (eksempelvis vedligeholdelsesregler).

Konkrete ændringer af infrastrukturen håndteres af CSM-processen.

For at afgøre hvorledes dispensationsansøgningen håndteres, skal der foretages en vurdering af om den ændring er signifikant eller ikke-signifikant ved brug af CSM risikovurdering. Hvis den ikke er signifikant kan infrastrukturændringen håndteres af Banedanmark, mens signifikante infrastrukturændringer skal godkendes af en CSM-assessor.

3. Opbygning af sporet

3.1.	OVER-/UNDERBYGNING	28
3.2.	OVERBYGNINGENS SAMMENSÆTNING	29
3.3.	SKINNEBEFÆSTELSEN	30
3.4.	TVÆRPROFILER	31
3.5.	BENÆVNELSER	33
3.6.	OVERBYGNINGSTYPER	35
3.7.	BALLASTFRIT SPOR	45
3.8.	BESKYTTELSESSKINNER.....	49

3.1. Over-/underbygning

Indledning

Et spor består af over- og underbygning.

Overbygning er en fællesbetegnelse for den del af banelegemet, der bærer og fordeler togets påvirkning, så trykket på planum ikke bliver for stort. Den defineres som: "Den del af tværprofilet, hvis underste begrænsning er råjordsplanum. Overbygningen består af underballast, (over-)ballast, sveller, skinner og befæstelsesdele". Begrebet overbygningstype (f.eks. DSB45 Cr eller UIC60 Dmp, som beskrives i afsnit 3.5) henviser dog kun til skinne, sveller og befæstelse.

Baneoverbygningen skal tjene som kørebane for det rullende materiel. Den skal derfor have tilstrækkelig bæreevne for at kunne tåle belastningen fra togene, som skal sikre en så rolig og sikker kørsel som mulig.

For at kunne opfylde sin funktion skal overbygningen dimensioneres sådan, at de indgående dele virker sammen på bedste måde og sammen danner en enhed, som bærer togene og overfører belastningen til underbygningen.

Påvirkningerne i de forskellige dele skal herved holdes inden for tilladelige grænser med hensyn til slitage og vedligeholdelsesbehov.

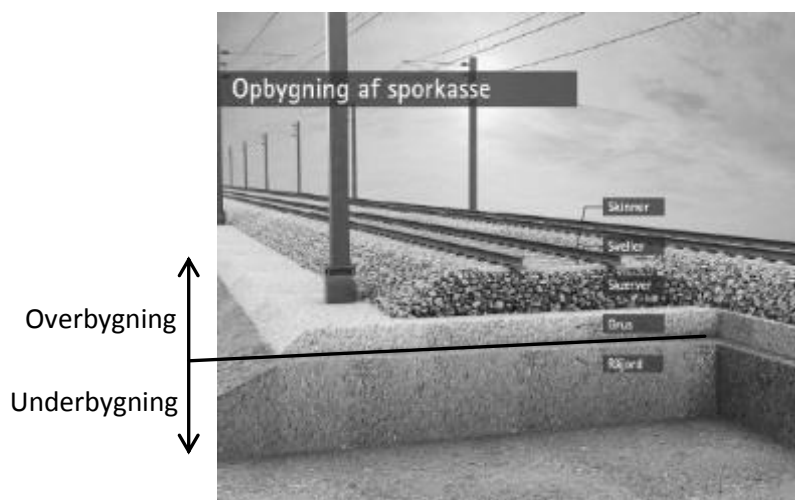
Underbygningen er det legeme, hvis øverste begrænsning er råjordsplanum.

Underbygningen er alt det som kræves for at bære overbygningen, dvs. bandedæmninger, broer, rør, perrontunneller mv.

Underbygningen skal kunne:

- Optage belastningerne fra overbygningen
- Bortlede overfladevand og grundvand på en sådan måde, at skadelige sætninger af sporet undgås.

Figur 12 – Tværsnit af bane



3.2. Overbygningens sammensætning

Overbygningen består af:

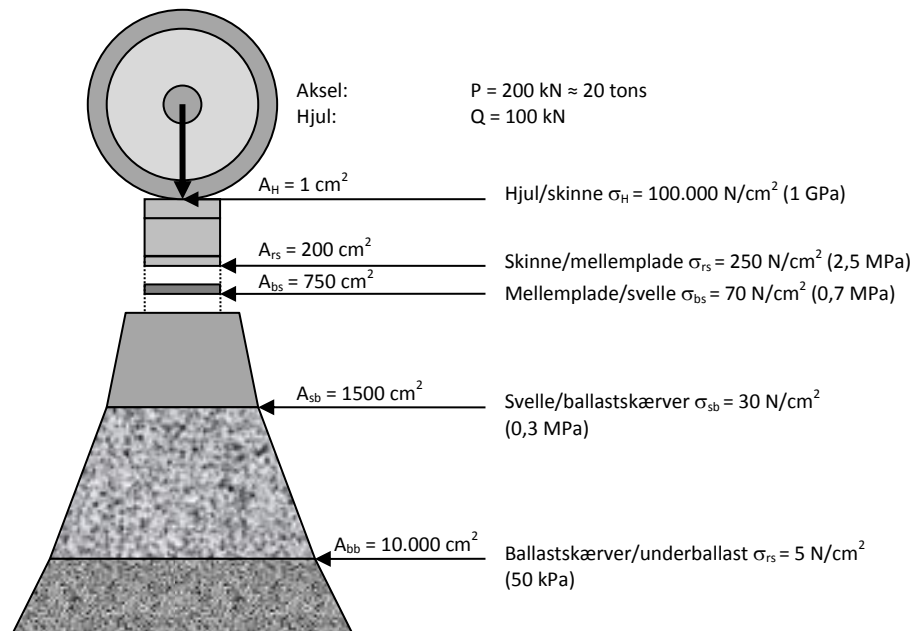
- Overbygningstype, indeholdende:
 - Skinner
 - Sporskifter, skinneudtræk og særlige spor konstruktioner
 - Befæstelsesdele
 - Sveller
- Sporkasse, bestående af:
 - Skærveballast
 - Underballast

Alle elementerne omtales i denne bog.

Hvert lag øger arealet som belastningen fra togtrafikken fordeles på, som det ses på Figur 13, således at underbygningen kan optage spændingerne uden problemer.

Figur 13 – Elementer i overbygningen og spændingsfordeling gennem lagene (ikke i skala)

Kilde til tal: Coenraad Esveld – Modern Railway Track Second Edition afsnit 1.6.2.



3.3. Skinnebefæstelsen

Skinnebefæstelse er en samlet betegnelse for de komponenter, som anvendes for at fastgøre skinnen til den underliggende svelle (eller til et betonunderlag som f.eks. i Østtunnelens dybdepunkt).

Skinnebefæstelsens opgave er at overføre kræfterne fra skinnen til svellen, at sikre sporvidden og at hindre vridning af skinnen i forhold til svellen.

De kræfter, som befæstelsen skal overføre, kommer dels fra det rullende materiel (inkl. kræfter fra acceleration og bremsning), dels fra skinnerne i form af temperaturkræfter og skinnevandring.

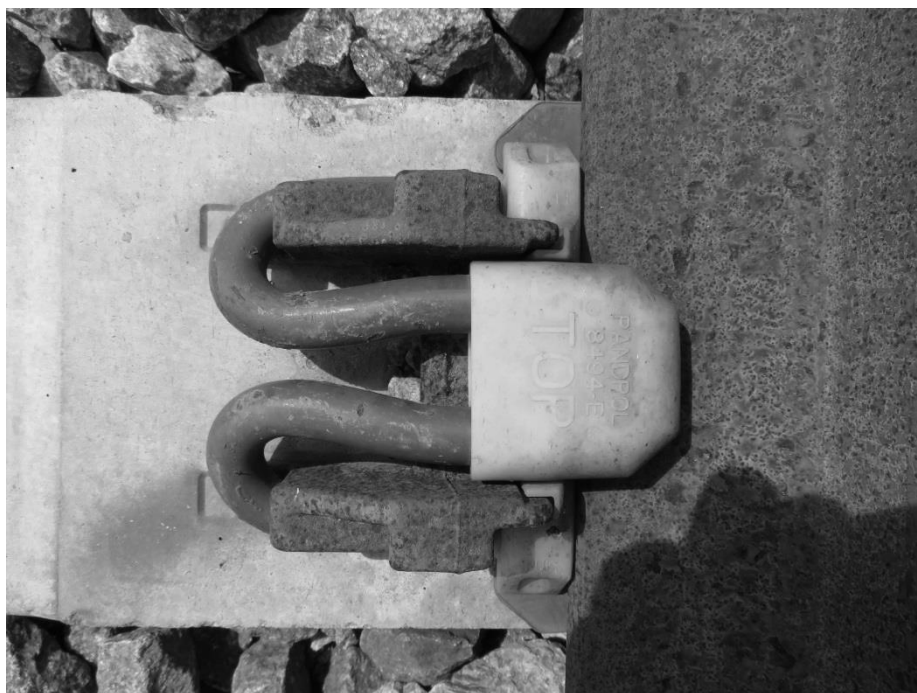
Kræfterne kan virke vinkelret på skinnen både lodret og vandret og de kan virke på langs ad skinnen og de kan optræde mere eller mindre samtidigt.

Kræfternes størrelse varierer meget og afhænger af type af trafik, hastighed, sportype, sporgeometri og klima.

For at kunne modvirke disse kræfter skal befæstelsen have tilstrækkelig klemkraft samt stor gennemskydningsmodstand, dvs. modstand mod at skinnen bevæger sig over langs, og stor vridningsmodstand.

De enkelte dele i skinnebefæstelserne oplistes i afsnit 7, der starter på side 125.

Figur 14 – Fastclip type FC på S99 svelle



Fastclip-befæstelsen er benyttet siden 2000 i standardoverbygningerne Dmp (S99-sveller) og Dme (S16-sveller).

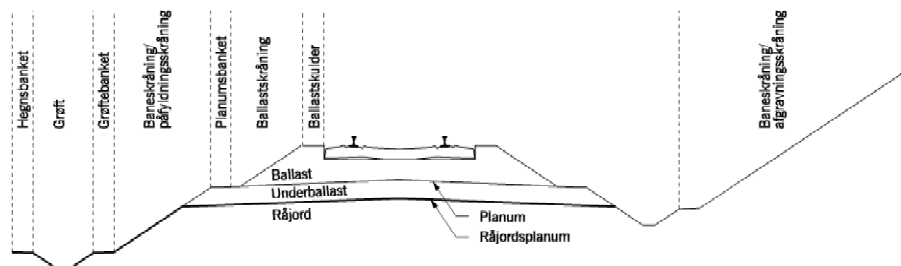
3.4. Tværprofiler

Tværsnitstegninger af banen omhandler både over- og underbygning. Regler for tværprofiler, både eksisterende og nye, herunder krav til lagtykkelser, afstande mv. gældende for både over- og underbygning, beskrives i Banenorm BN1-6: "Tværprofiler for ballasteret spor". Det er formålet med Banenormen at sikre den nødvendige og tilstrækkelige sikkerhed og funktionalitet af banens tværprofil såvel for eksisterende sporanlæg som for nye sporanlæg. Banenormen indeholder krav til banens tværprofil for eksisterende anlæg, i forbindelse med vedligeholdelse, ved større ombygninger, ved opgradering, ved brorenovering samt ved nyanlæg. Regler vedrørende geoteknik fra undersiden af underballasten og ned findes ved bogens udgivelse i Teknisk Meddelelse TM62/SB, og forventes senere implementeret i BN1-185: "Underbygning. Krav til beliggenhed og kontrol" og BN1-188: "Belastningsog beregningsforskrift for underbygninger, skråninger og jordkonstruktioner".

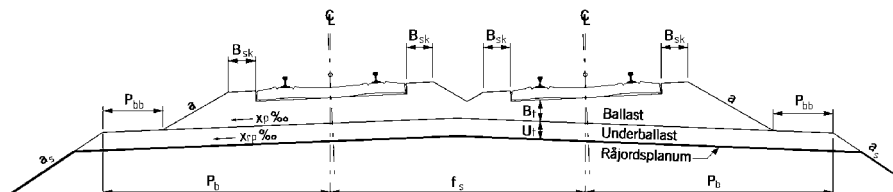
Tværprofilens funktion er at sikre, at forudsætningerne er til stede for at den relative sporbeliggenhed altid kan overholde kravene i BN1-38 (se afsnit 14.3 på side 265) samt at sporet kan optage kræfterne fra det rullende materiel og spændingerne der opstår i langskinnespor (se afsnit 9 på side 171).

Af sikkerhedshensyn er det vigtigt at ballastprofilen er intakt og vedligeholdes jf. gældende regler, samt at sporet er veldrænet.

Figur 15 – Principtegning for tværprofil med afvanding på begge sider



Figur 16 – Principtegning for tværprofil med symboler (se BN1-6 afsnit 5 for detaljer)



Kravene til de forskellige mål i tværprofilen varierer afhængig af om der er tale om nyanlæg/fornyelse eller vedligehold, om det er hhv. sidespor eller hoved-/togvejsspor samt hvilken hastighed sporet befares med.

Eksempel

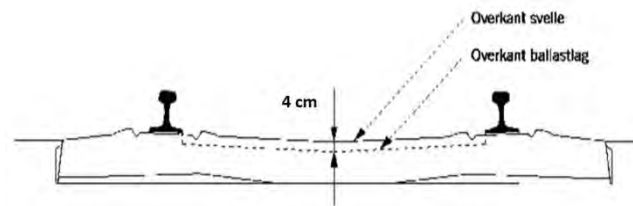
Der nyanlægges et hovedspor med til $160 < V \leq 200$ km/t. Efter regler gældende ved bogens udgivelse kræves der følgende:

- Ballastskulderens bredde, $B_{sk}=0,55$ m
- Anlæg af ballastskråning, $\alpha=1,5$
- Ballastens tykkelse, $B_t=0,30$ m
- Underballastens tykkelse, $U_t=0,25$ m
- Planumsbredde, $P_b=3,00$ m
- Hældning af planum, $X_p=40$ ‰

Ballast pick-up

På strækninger hvor hastigheden overstiger 160 km/t kan fænomenet ballast pick-up opstå, hvor slipstrømmen fra et hurtigt passerende tog, der skabes af det undertryk der skabes under toget inkl. turbulens, kan samle en enkelt skærve op, som så rammer undersiden af toget og pga. dennes fremadrettede moment bliver hamret tilbage ned i skærvelaget, hvilket forårsager en kædereaktion hvor flere skærver rammer undersiden af toget og bliver skudt ned igen. Mængden af skærver, der på den måde kommer i bevægelse, bliver øget med hhv. hastighed og toglængde. For at undgå skader på rullende materiel eller objekter/personale, der befinder sig ved siden af toget, er der indført regler i banenorm BN1-6 om at ballastlaget mellem skinnerne skal sænkes 4 cm under svelleoverkant på strækninger med hastighed $V > 160$ km/t (kvalitetsklasse A & A1), som illustreret på Figur 17.

Figur 17 – Illustration af sænket ballastlag mellem sveller og skinner



3.5. Benævnelser

I DSB/BDK er der gennem tiden opstået et mere eller mindre logisk system til benævnelse af de forskellige overbygningstyper der har været, dem som er, og dem som fremtiden vil bringe.

En overbygningstype er en samlet betegnelse for skinneprofil, befæstelsestype og svelletype.

Eksempel

DSB45 Dbn, der betyder DSB45-skinne fastholdt ved dobbeltelastisk befæstelse til betonsvelle (to-blok) med en nylon klemplade.

Skinner betegnedes tidligere ved nationalitet/udvikler og vægt per meter. Efter indførelse af EN13674 i 2003 benævnes de med internationale standardnumre for vægt per meter, et E og et typeløbenummer.

Den internationale navnekonvention har dog ikke slået igennem alle steder i Banedanmarks dokumentation endnu. F.eks. er de fleste overbygnings- og sporskiftebetegnelser stadig med de gamle skinnetegnelser. Som udgangspunkt bør den internationale betegnelse dog benyttes i alle sammenhænge fremover.

Eksempel

DSB37 vil sige dansk skinneprofil udviklet af DSB, der vejer 37 kg/m. Denne type har ikke et internationalt navn.

UIC60 er et internationalt skinneprofil udviklet af UIC, Det Internationale jernbaneforbund, der vejer 60 kg/m. I EN13674 kaldes denne type 60E1.

BV 50 er et svensk profil udviklet af BV, Banverket, der vejer 50 kg/m. I EN13674 kaldes denne type 50E3.

Befæstelsestype, eller hvordan skinnen er monteret på svellen, betegnes med et stort bogstav enten A, B, C eller D.

Herefter kommer et eller to små bogstaver, der angiver detaljer om befæstelsen samt om det er træ- eller betonsvelle.

Figur 18 – Overbygningsbetegnelser

Skinne-type	Befæstelsestype	Svelletype	Underlagsplade	Befæstelsesart	Skinne hældning
DSB37	A: Spiger	b: Beton	r: Ribbeplade med klemplade	f: Fjederklemme	l: Lodret skinne
45E2 (DSB45)	B: Skruer	t: Træ		g: Klemplade m. gummi	
DSB60	C: Adskilt befæstelse	z: Azobé		n: Nylonklemplade	
60E1/E2 (UIC60)	D: Dobbelteletastisk befæstelse	m: Monoblok-betonsvelle s: stål		b: Bred Nylonklemplade (isolerende) p: Pandrol Fastclip FC (S99) e: Pandrol Fastclip FE (S16) r: Nylonklemplade til renovering af Db-overbygn. s: Nylonklemplade til renovering af Dbg-overbygn.	

I det følgende afsnit gennemgås de overbygningstyper, der har været anvendt/anvendes ved DSB/BDK.

3.6. Overbygningstyper

Som nævnt i forrige afsnit er der ved DSB fire hovedtyper af befæstelser og dermed overbygninger nemlig typerne A, B, C og D.

For stort set alle typerne gælder at skinnen fortrinsvis har været placeret med hældning 1:20 indtil 1989, hvor monobloksvellen af beton blev indført. På den har skinnen hældningen 1:40. På de øvrige typer er skinnehovedet af hensyn til kørselskomfort og vedligehold blevet ændret til 1:40 ved skinneslibning (selv skinnerne står stadig med 1:20, men i alle praktiske henseender ved hjul/skinne kontakt fungerer de som 1:40).

Figureerne i dette afsnit viser fortrinsvis nogle af de typiske overbygningstyper.

Type A

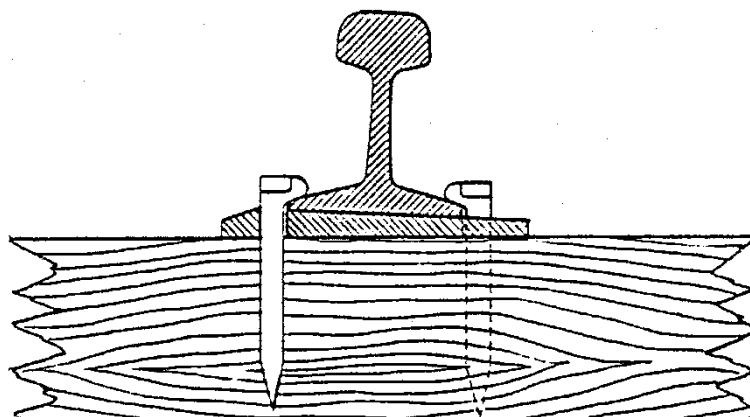
Skinnen fæstnet til svellen med spiger.

Lige fra de første jernbaner blev bygget har skinnespigere været et almindelig anvendt middel til at fæstne skinnerne på svellerne.

I begyndelsen placeredes skinnerne direkte på svellen og blev fastholdt med to eller tre spigere per skinne. Efterhånden som trafikken øgedes viste denne metode sig at være for svag selv efter at konstruktionen blev forstærket med en underlagsplade af stål.

Denne type findes eller måske snarere fandtes som DSB32 A, DSB37 A og DSB45 A. Man kan måske være "heldig" at finde nogle sidespor i Danmark med en sådan overbygning (i 2016 findes der bl.a. DSB37 A i Taastrup), men i bl.a. USA er der stadig mange spor med spigerbefæstelse.

Figur 19 – Overbygning A



Type B

Skinnen fæstnet til svellen med svelleskruer.

Ved at erstatte spigere med svelleskruer indførtes en lidt stærkere konstruktion, hvor skinnerne blev holdt bedre fast til svellen. Men man har stadig en stiv konstruktion uden synderlig elasticitet, hvilket gør at vibrationer fra trafikken optages dårligt, hvorved svelleskruer arbejder sig løse mv.

Type B findes med underlagsplader, hvor svelleskruen fastholder både skinne og underlagsplade:

DSB 32 B og DSB37 B.

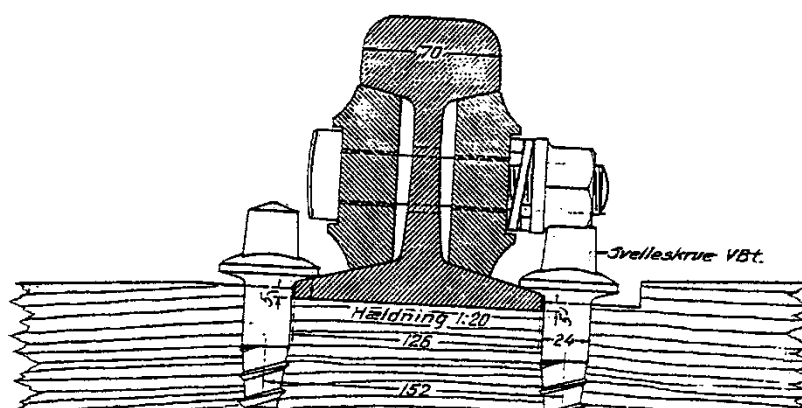
Type B findes også med hageplader, hvor den ene side af skinnefoden fastholdes af en "hage" og den anden side fastholdes via en gennemgående svelleskrue og klemlade:

DSB45 B.

Type B findes endvidere uden underlagsplader. Her er svellen fremstillet i bøgetræ, der er hårdere end fyrretræ, hvorved den bedre kan bære den direkte belastning fra skinnefoden:

DSB45 Bt, DSB45 Btl, DSB60 Bt og UIC60 Bt.

Figur 20 – Overbygning
DSB45 Bt



B-spor findes stadig i mindre omfang og Bt-spor ses stadig en del på sidespor og rangerarealer.

Type C

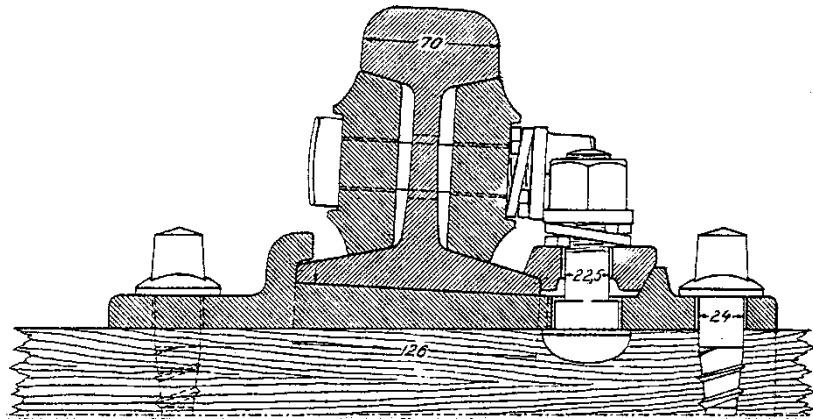
Adskilt befæstelse, hvor skinnen er fastholdt til underlagspladen med klemlader og bolte eller med fjederklemmer og underlagspladen er fastgjort til svellen med svelleskrue.

Herved er det muligt at udveksle skinnen uden at løsne underlagspladen fra svellen, som således får forlænget sin levetid, idet svelleskruehullerne ikke ødelægges.

C-befæstelsen er en meget stærk og stabil befæstelse med en stor ramme-stivhed (se definition i afsnit 9.2 på side 176), der gør at sporet er mere stabilt overfor vridninger. Udover i almindeligt spor anvendes Cr- eller Cf-befæstelse ved alle sporskifter.

Type C findes med hageplader, som er fastgjort til svellen med svelleskrue. Skinnefoden fastholdes i den ene side i en "hage" og i den anden side med en klemladebolt VC (æbleskivebolt). Klemladebolten kan ikke udskiftes uden at underlagspladen løsnes fra svellen: DSB45 C

Figur 21 – Overbygning
DSB45 C

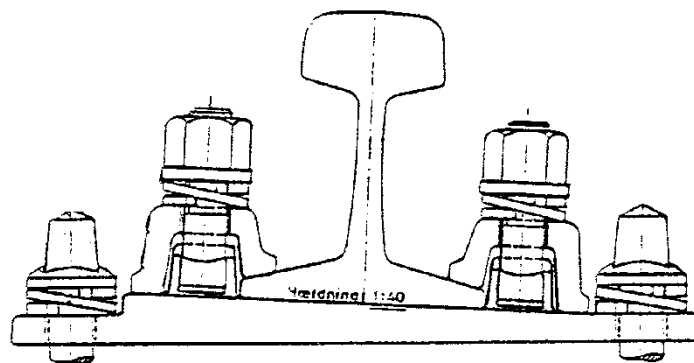


DSB45 C findes stadig på sidespor.

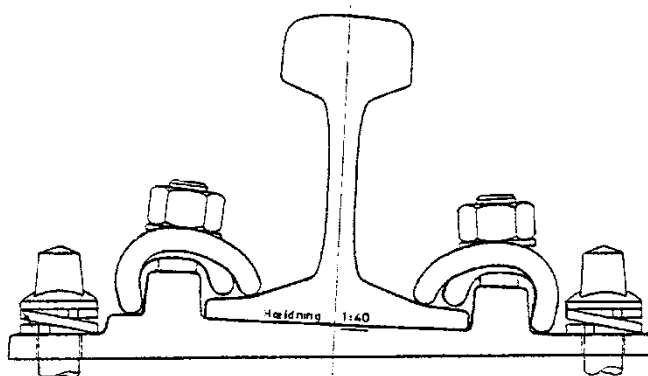
Type C findes endvidere med den, også i andre lande meget udbredte, ribbeunderlagsplade. Ved Cr-befæstelse fastholdes skinnen med klemlader og klemladebolte og ved Cf-befæstelse med fjederklemmer og klemladebolte:

DSB45 Cr, DSB45 Crz, DSB45 Cf, DSB45 Cfz,
UIC60 Cr, UIC60 Crz, UIC60 Cf, UIC60 Cfz og UIC60 Cfb.

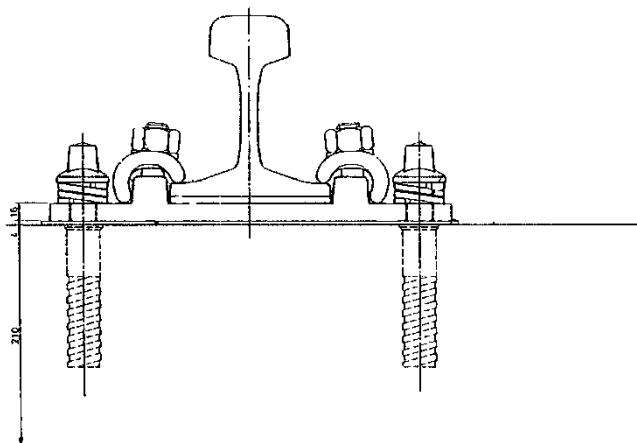
Figur 22 – Overbygning
DSB45 Cr



Figur 23 – Overbygning UIC60
Cf



Figur 24 – Overbygning UIC60
Cfb



Type D

Dobbeltelastisk befæstelse. At befæstelsen er dobbelt-elastisk betyder at der 1) under skinnen er indlagt elastisk mellemlæg samt 2) at befæstelsen er elastisk i form af fjedrende klemlader eller fjederklemmer mv.

Type D blev indført i Danmark i slutningen af 1950'erne som en følge af at den stadig tungere og hurtigere trafik stillede større krav til styrke og holdbarhed af overbygningen.

Den elastiske befæstelse optager bedre end typerne A, B og C de vibrationer og varierende påvirkninger som den tunge og hurtige trafik frembringer.

Desuden kræver de nye overbygninger af typen D mindre vedligeholdelse end de øvrige typer.

Overbygninger af typen D kan opdeles i tre grupper, nemlig:

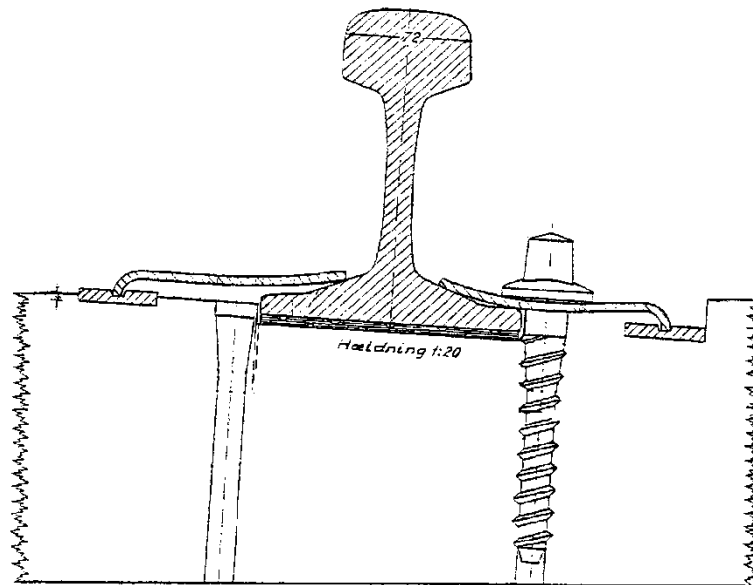
- 1) På træsveller
- 2) På to-bloksveller
- 3) På monobloksveller

Ad 1) Dobbeltelastisk befæstelse på træsveller består af fjedrende klemplader, der fastholdes af støtteplade og svelleskrue samt gummiunderlagsplade.

Der anvendes normalt bøgesveller, men tidligere har man på steder hvor ballastlaget var tyndere end normalt anvendt den to cm tyndere azobé svelle.

DSB45 Dt, DSB45 Dtz, UIC60 Dt og UIC60 Dtz.

Figur 25 – Overbygning UIC60 Dt.



Ad 2) På to-bloksveller

I 1958 indførtes betonsveller i DSB samtidig med langskinnesper.

Den første overbygning med to-bloksveller af fransk type, kunne kun anvendes til UIC60-skinner, men i 60'erne indførtes også to-bloksveller til både DSB45- og DSB60-skinner.

Der findes således DSB45 Db, DSB60 Db og UIC60 Db.

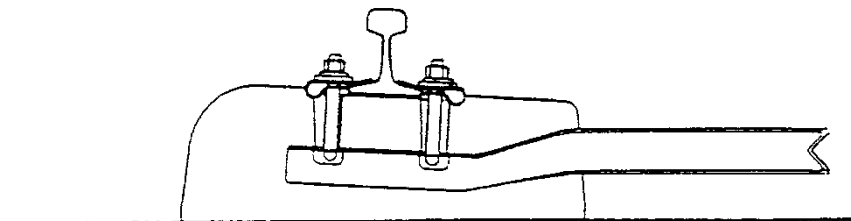
Det viste sig imidlertid at de udvendige stålklempladerne på den ydre skinne, specielt i kurver med mindre radier, gnavede sig ned i betonen. Til afhjælpning af dette problem forsynes de yderste klemplader med gummibelægning. Disse typer benævnes DSB45 Dbg og UIC60 Dbg.

Stålklempladerne erstattes ved reovering med nylonklemplader og to små stålplader, herved ændres overbygning Db til Dbr og Dbg ændres til Dbs.

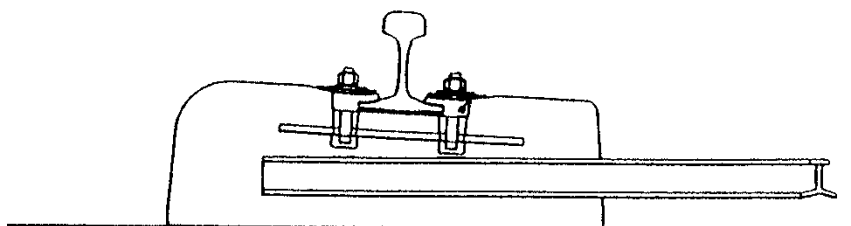
I 1970'erne indførtes atter en ny to-blok svelle, denne gang en der ved anvendelse af forskellige klemplader, kan anvendes til de gængse skinnetyper. Herved fås overbygningerne:

DSB37 Dbn, DSB45 Dbn, DSB60 Dbn og UIC60 Dbn.

**Figur 26 – Overbygning
DSB45 Db**



**Figur 27 – Overbygning UIC60
Dbn**



Ad 3) På monobloksveller

I 1989 blev der efter tysk forbillede indført monobloksveller ved DSB.

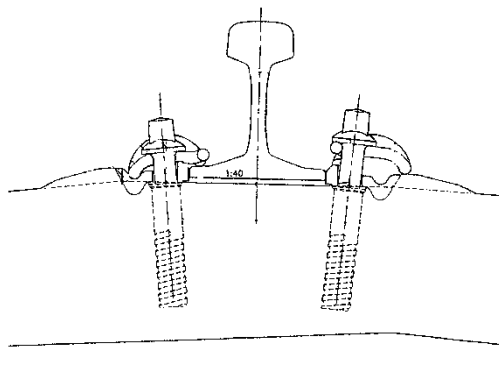
Denne overbygning med monobloksvelle og befæstelse med det tyske Vossloh-system betegnes DSB45 Dm eller UIC60 Dm.

Denne nye svelle adskiller sig fra de øvrige betonsveller på flere punkter:

- Det er nu en gennemgående svelle i stedet for de tidligere to-bloksveller.
- Befæstelsesdelene er fjederklemmer, vinkelføringsplader, svelleskruer og mellemlæg af EVA-plast.
- Svelleskruerne fastspændes i indstøbte dybler.
- Alle befæstelsesdele formonteres på svellefabrikken.
- Skinnehældningen er 1:40 mod hidtil 1:20.

Overbygningen hører til i gruppen med dobbeltelastiske typer, men idet mellemlægget af EVA-plast er ret hårdt, er der ikke så meget elasticitet i befæstelsen (det er pr. 2016 ved at blive undersøgt om dette er hensigtsmæssigt).

**Figur 28 – Overbygning UIC60
Dm**



I november 1995 blev der mellem Sorø og Slagelse lagt en 250 m prøvetrækning med en helt nyudviklet befæstelse, den såkaldte Fastclip. Overbygningen benævnes UIC60 Dmp (med FC clips).

Fordelen ved denne befæstelse er bl.a. at eftersom alle dele er formonteret på svellefabrikken, skal clipsene blot skydes ind over skinnefoden, hvilket kan gøres maskinelt.

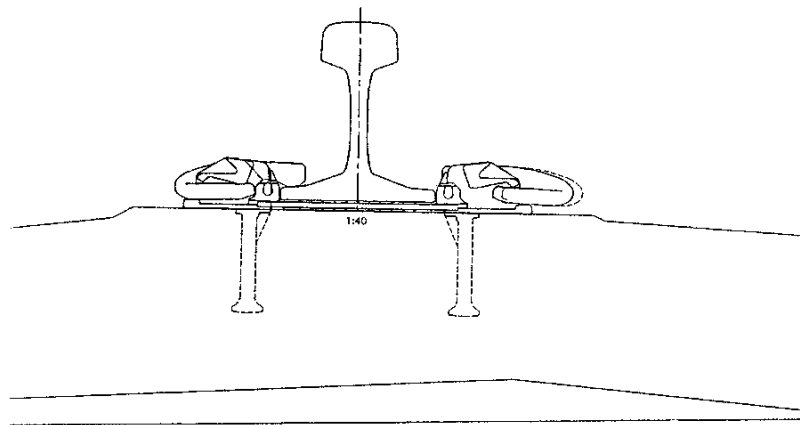
En ulempe kan være at det ved spændingsudligning bliver nødvendigt at løfte skinnen fri af mellemlægget op på ruller, idet mellemlægget af gummi yder stor modstand mod langsgående bevægelse af skinnen.

Overbygningen har været standard ved Banedanmark i perioden 1999-2016, hvor der er bygget mere end 1200 km med Dmp-overbygning (se Figur 132 på side 126).

Dmp findes med mellemlæg i to forskellige elasticiteter:

- $V \leq 120$ km/t, hårdt mellemlæg, 94 kN/mm
- $V > 120$ km/t, blødt mellemlæg, 77 kN/mm

Figur 29 – Overbygning UIC60 Dmp



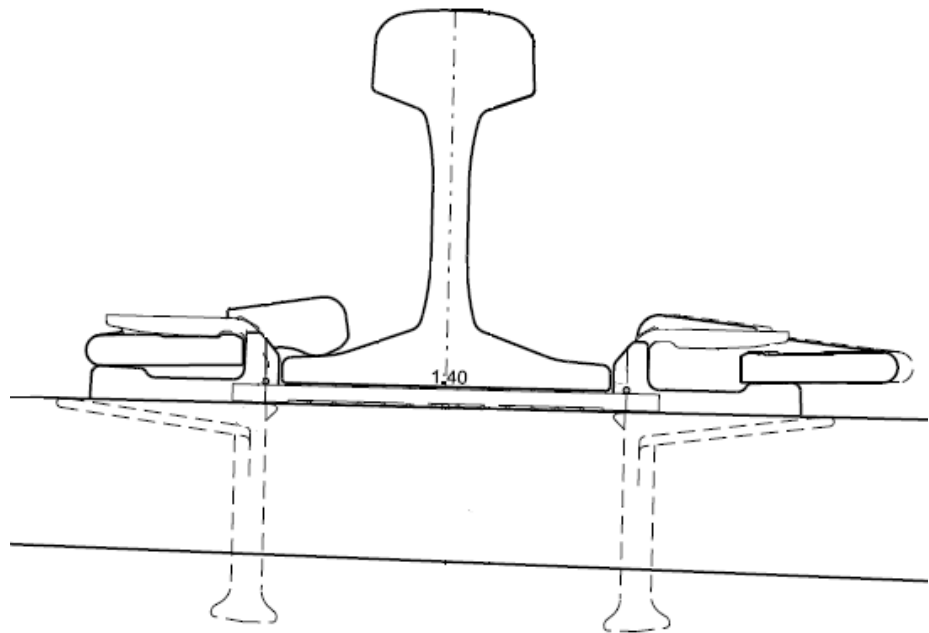
I forbindelse med bygning af Danmarks første højhastighedsbane, København-Køge-Ringsted, blev der for første gang brug for en overbygning, som kunne befæres med mere end 180 km/t. Til det formål blev der udviklet overbygningerne UIC60 Dme og DSB45 Dme (begge med FE clip).

Svellen, S16, blev udviklet i samarbejde med Abetong. Svellen er større og mere kvadratisk end S89/S99 svellerne, hvilket gør at svellen kan holde til den højere hastighed og aksellast.

Længden og bredden af svellen har været afgørende for at svellen kunne blive produceret på Banedanmarks eksisterende svellefabrik uden en større ombygning. Ved at beholde den eksisterende bredde kræver det ikke en udvidelse af de eksisterende bandedæmninger ved ombygning.

Befæstelsen er en Pandrol FE clip, som er en videreudvikling og forenkling af Pandrols FC Clip (der benyttes til S99/Dmp), der gør produktionen af svellerne nemmere. Desuden er det muligt at anvende forskellige skinneprofiler uden at ændre på svellen, f.eks. ved at udveksle kragen og fjedreklemmen. Pandrol FE Clip vil kræve noget nyt håndværktøj for at få klemmen af og på.

**Figur 30 – Overbygning UIC60
Dme**



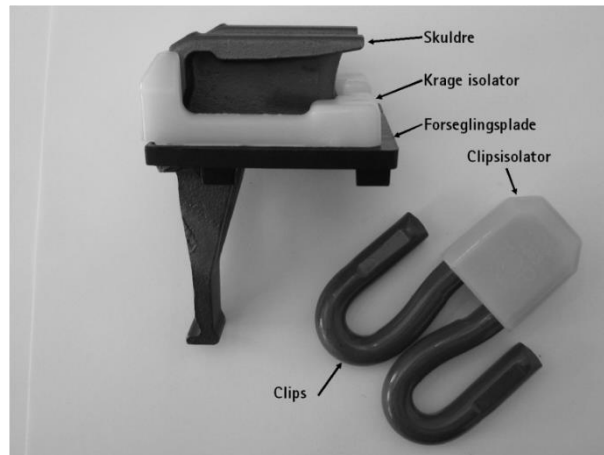
Figur 31 – S16 svelle



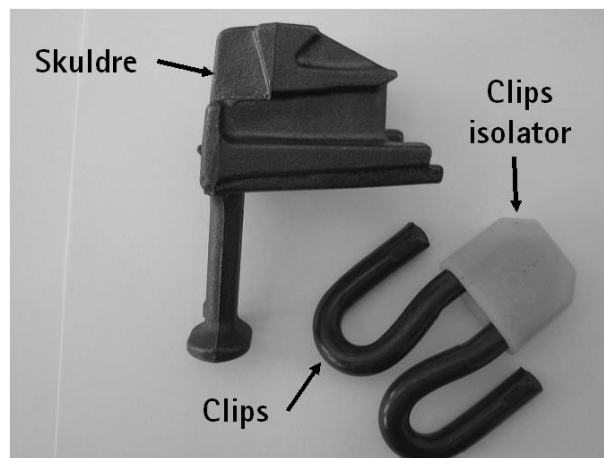
Forskel på FC (Dmp) og FE (Dme) clips

Selvom både overbygning Dmp og Dme benytter Fastclips som befæstelse, er der forskel på dem. Dmp-udgaven benævnes FC og Dme-udgave FE, som er en videreudvikling af FC. FE clips kræver et specielt stykke værktøj, der griber fast om skinnen i stedet for skulderen som på FC for afmontering og påmontering af clips. Endvidere er FE lidt mere flad og kompakt end FC.

Figur 32 – Betegnelser for skulder og clips, type FE



Figur 33 – Betegnelser for skulder og clips, type FC

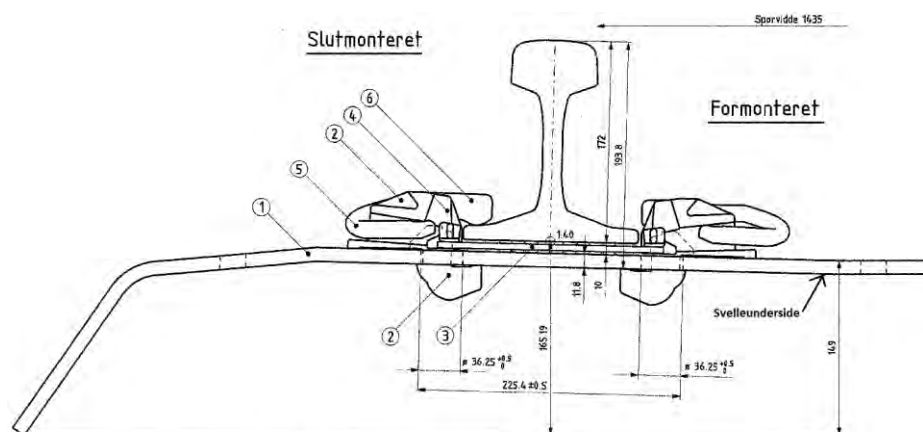


Stålsveller

Sveller lavet af stål findes i meget lille omfang i Danmark. Modsat sveller af træ og beton er stålsveller ikke en massiv "klump", men i stedet et profil bøjet som et omvendt U. Befæstelsen er en Pandrol FC. Stålsveller kan f.eks. finde deres berettigelse hvor der er problemer med ballasttykkelsen, da der kommer ballast op i svellen. Dette udgør dog også et stort problem i forhold til sporjustering som er næsten umulig med normale sporjusteringsmaskiner/-teknikker.

Overbygningen benævnes dobbeltelastisk (D) stålsvelle (s) med pandrol FC-fastclip (p).

Figur 34 – Overbygning UIC60 Dsp



Figur 35 – Oversigt 45E2 og 60E2 overbygnings-typer

Overbygninger

45E2 (DSB45)		60E1/E2 (UIC60)	
Bt	Blad 5512	Bt	Blad 7700
Btl	Blad 5715		
C	Blad 5500		
Cr	Blad 5539	Cr	Blad 7755
Crz	Blad 5722	Crz	Blad 7906
		Cr-stål	Blad 7748
Cf	Blad 5713	Cf	Blad 7789
Cfz	Blad 5721	Cfz	Blad 7905
		Cfb	Blad 7940
		Cft	Blad 7939
		Cr-stropper	10-2412
CrI	Blad 5539	CrI	Blad 7755
Dt	Blad 5650	Dt	Blad 7730
Dtz	Blad 5716	Dtz	Blad 7795
Dt-rawie	10/1840		
		Db	Blad 7718
Db	Blad 5680	Db	Blad 7780
Dbg	Blad 5686	Dbg	Blad 7783
Dbn	Blad 5710	Dbn	Blad 7787
Dbr	Blad 5718	Dbr	Blad 7924
Dbs	Blad 5719	Dbs	Blad 7922
		Dbb	Blad 7798
Dm	Blad 5725	Dm	Blad 7925
		Dm	Blad 7931
		Dmp (Prototype)	10-2382
		Dmp	Blad 7932
		Dme	Blad 8540
Fast-befæst	Blad 5612	Fast-befæst	10/1472
		Dsp	8335

3.7. Ballastfrit spor

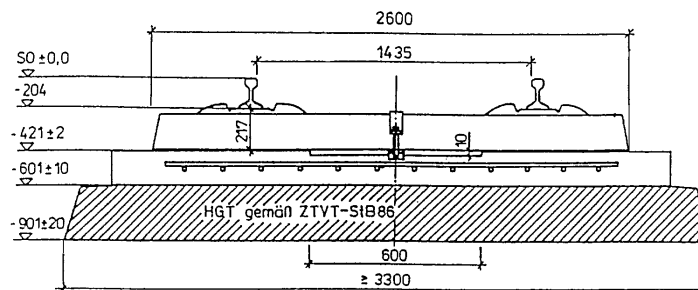
I årtier er der i Japan anvendt ballastfrit spor eller fast befæstet spor som det også kaldes, specielt på deres højhastighedsbaner, hvor de berømte tog Shinkansen og Samurainen m.fl. kører.

I Tyskland er der gennem 1990'erne sket en større udvikling af ballastfrit spor, da man var af den overbevisning at nye højhastighedsbaner bør være med ballastfrit spor og der findes efterhånden ca. 10 mere eller mindre forskellige systemer for ballastfrit spor udviklet af private firmaer.

I Frankrig derimod var man overbevist om at såvel baner for højhastigheds-tog som for andre tog bør være ballasterede.

I dag diskuteres det fortsat meget i de forskellige lande hvorvidt den ene eller den anden type er bedst, og udfaldet sker ofte på baggrund af om der ønskes høje anlægsudgifter med minimal vedligehold eller omvendt.

Figur 36 – Tværsnit af ballastfrit spor i Tyskland, type BTD



I Danmark har det været undersøgt ad flere omgange om ballastfrit spor med fordel ville kunne benyttes. F.eks. blev det undersøgt grundigt i forbindelse med projektering af højhastighedsstrækningen mellem København-Ringsted. Konklusionen blev dog, at grundet de meget høje anlægsomkostninger (2,5x så høj enhedspris) og deraf relativt lange tilbagebetalingstid (ca. 30 år), samt at det oprindelige budget var uden brug af ballastfrit spor, skulle der bruges et konventionelt ballasteret spor. Derudover udfører Banedanmark i perioden 2016-2019 et forskningsprojekt omkring design af et ballastfrit spor baseret på asfalt, men ved denne bogs udgivelse er der ingen resultater af projektet tilgængelige.

Principper for ballastfrit spor

I modsætning til et traditionelt ballasteret spor, hvor ballasten giver et elastisk underlag for svellerne, udgør underlaget for sporet et meget hårdt underlag.

Alle påvirkninger skal dæmpes i selve befæstelsen, der derfor også opbygges med et eller flere elastiske mellemlæg.

I Tyskland er den mest almindelige opbygning af et ballastfrit spor at skinnen placeres på en svelle, der placeres på et bærelag af beton. Svellerne kan være mono- eller to-blok af beton eller stål. Svellen fastholdes til dette bærelag enten ved at den støbes ind eller skrues fast. Under bærelaget kommer endnu et bærelag, der er mindre stift end det øverste bærelag. Der er udviklet forskellige metoder til at dæmpe støj og vibrationer fra det ballastfrie spor.

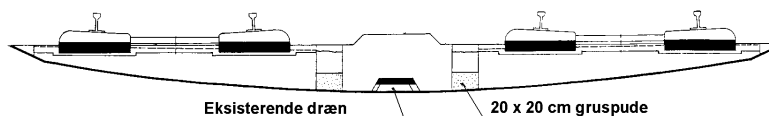
Fordele ved ballastfrit spor - Vedligeholdelsen bliver reduceret i omfang, da der bl.a. ikke skal udføres sporjustering i samme omfang som på ballasteret spor
 - Stabil sporgeometri

Ulemper ved ballastfrit spor - Meget store anlægsomkostninger
 - Energiforbruget set totalt over levetiden menes at være større end for traditionelt spor
 - Kompliceret at regulere sporet (hvis det viser sig nødvendigt)
 - Frembringer mere støj og vibrationer end ballasteret spor

Forskellige typer af ballastfrit spor i Danmark I Danmark er der, på nuværende tidspunkt, kun anvendt ballastfrit spor ved specielle forhold som på broer og i tunneler.

På Boulevardbanen mellem Vesterport og Østerport er der anvendt en fransk udgave, type Stedef, hvor to-bloksveller er placeret i gummigalosher, der er støbt ind i en betonplade.

Figur 37 – Ballastfrit spor, type Stedef



På Boulevardbanen har der været problemer med den elektriske isolering. For år tilbage prøvede man at løse problemet ved at skære mellemstængerne over, hvilket ikke hjalp tilstrækkeligt på isolationsevnen, men i stedet specielt i kurver har medført problemer med at holde sporvidden.

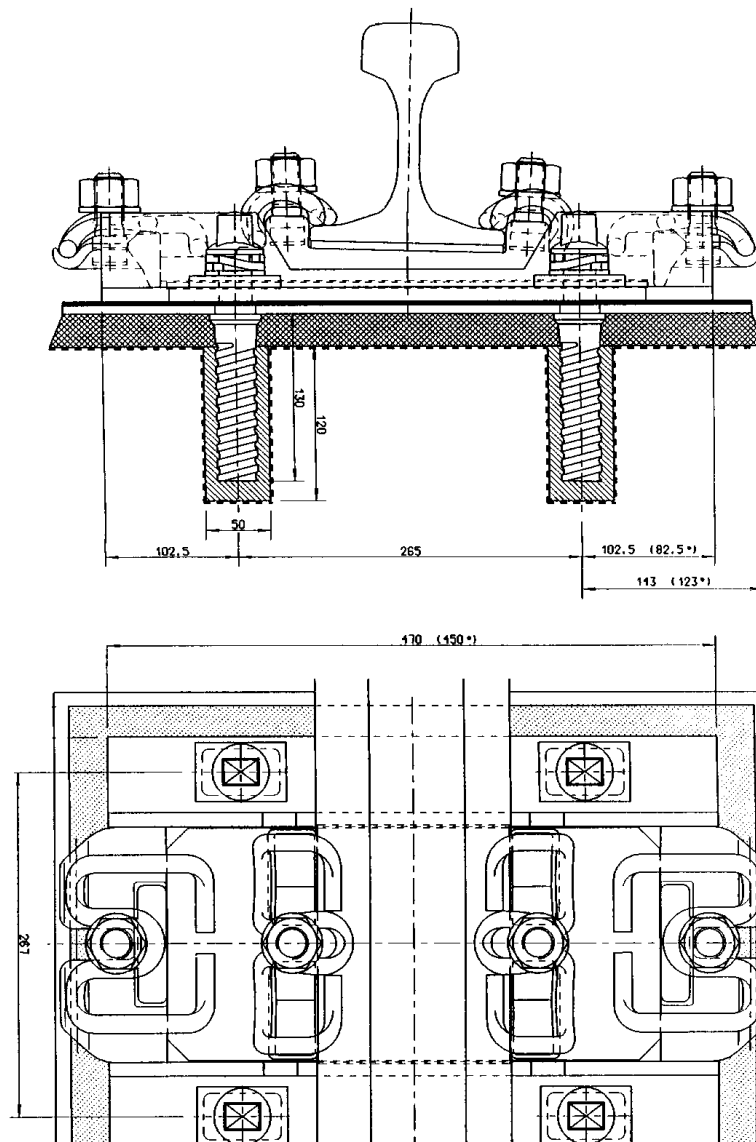
Problemet med isoleringen er nu løst ved anvendelse af specielt brede nylonklemplader, denne overbygning kaldtes UIC60 Dbb. Senere blev der udviklet en fjederklemmer fra Vossloh til to-bloksvelleren som kaldes UIC60 Dbv.

Storebælt I tunnelens dybdepunkt er ca. 100 m spor ballastfrit.

Befæstelsen, der er af typen Vossloh system 1403, er for hver skinnestreg direkte fastgjort til betonunderlaget.

Mellem de to skinner er etableret en langstrakt pumpeump som nødvendigjorde, at sporet blev fast befæstet i modsætning til i resten af tunnelen.

Figur 38 – Ballastfrit spor,
Vossloh



På Vestbroen er der mellem alle de dobbelte skinneudtræk anvendt fast befæstelse, også her type Vossloh system 1403.

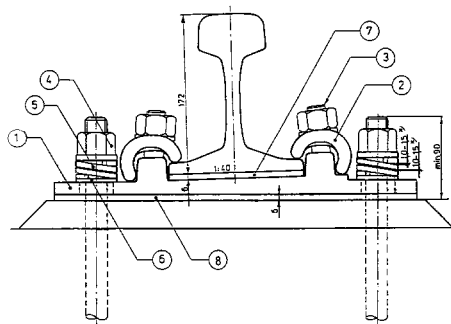
Bro B, Fredericia

I forbindelse med elektrificering i Fredericia skulle sporene sænkes under bro B, hvorefter der ikke var højde nok til almindeligt ballasteret spor.

Sporene er her befæstet direkte på betonpladen. Da hastigheden er maksimalt 100 km/t er her valgt en mere enkel konstruktion end f.eks. på Vestbroen. Der anvendes en ribbeunderlagsplade, der er bredere end normalt. Under denne er placeret et elastisk korkgummimellemlæg. Denne befæstelse er stort set den samme som på betonsveller i sporskifter

Figur 39 – Ballastfrit spor under bro B i Fredericia

- 1: Underlagsplade
- 2: Fjederklemme Fk2
- 3: Klemladebolt R55
- 4: Møtrik M24
- 5: Tredobbelt spændering
- 6: Skive $\varnothing 45/\varnothing 25 \times 4$
- 7: Mellemlægsplade EVA
- 8: Mellemlægsplade FC104



Diverse broer og tunneler

Når et spor er fast befæstet på en bro vil broens bevægelse hidrørende fra temperaturændringer give anledning til opbygning af tryk- eller trækspændinger i skinnerne.

På broer over ca. 20 m i henhold til langskinneregler bør der indbygges skinneudtræk for dermed at undgå store spændinger i skinnerne.

På alle de ældre store broer som Storstrømsbroen, Oddesundbroen m.fl. er sporet befæstet til enten stålbjælker eller brotømmer samt der er indbygget skinneudtræk.

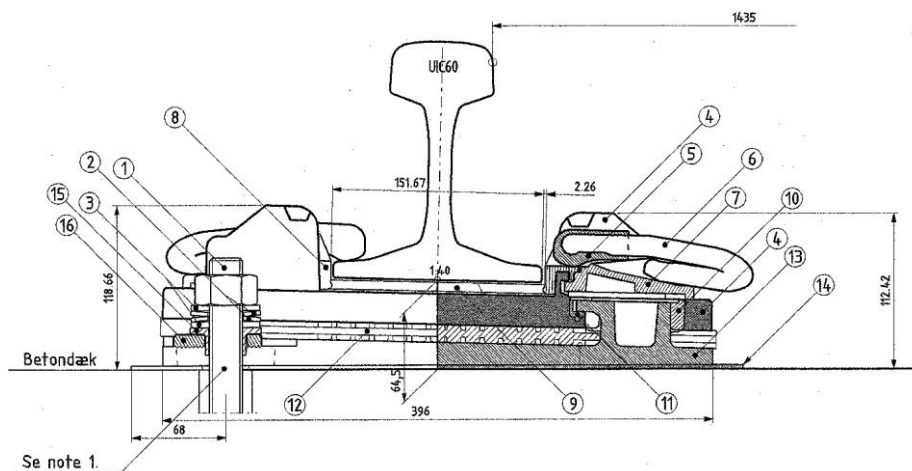
Herudover findes specielt på S-banen et antal mindre broer, hvor sporet er ballastfrit.

I Øresundstunnelen er sporet ballastfrit af stort set samme type som anvendt i tunnelen mellem England og Frankrig og som er en videre udvikling af typen, som ligger i Boulevardtunnelen. Det er en type, hvor tværstangen er udeladt.

Pandrol VIPA, overbygning Ddp

Den ved bogens udgivelse nyeste befæstigelse til ballastfrit spor er Pandrol VIPA, som benyttes på Lillebæltsbroen, andre broer med fast befæstigelse og ved perrontuneller, hvor der ofte er problemer med at få tilstrækkelig ballasttykkelse når træsveller skiftes ud med betonsveller.

Figur 40 – Overbygning UIC60 Ddp



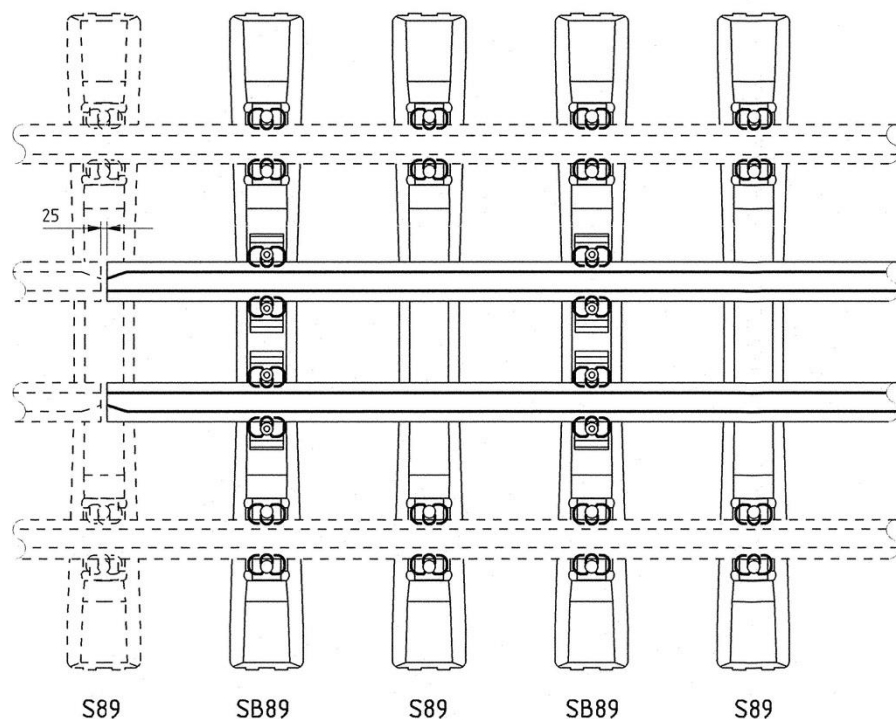
3.8. Beskyttelsesskinner

Indledning

Beskyttelsesskinner er et sæt ekstra skinner der løber parallelt med køreskinnerne i områder hvor der ved afsporing er risiko for at påkøre objekter som vil forværre en afsporingssituation f.eks. under en bro hvor toget kan støde ind i en bropille, hvormed broen kan kollapse ned over toget, eller i en tunnel hvor toget vil støde ind i tunnelvæggen.

Beskyttelsesskinnerne er placeret midt mellem køreskinnerne i en sådan afstand, at et togs hjul ved afsporing holdes inde på svellen (kører ikke udover svelleenden).

Figur 41 – Placering af beskyttelsesskinner jf. blad 7144



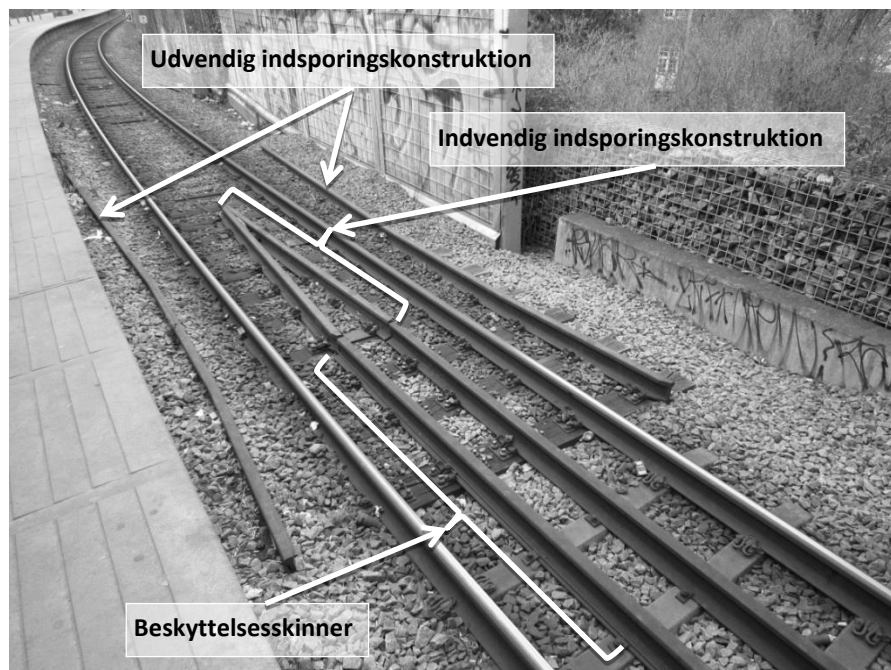
Indspøringskonstruktioner

Der hvor beskyttelsesskinnerne hhv. starter og slutter skal der etableres en glidende ind-/udkørsel kaldet en indspøringskonstruktion, som kan være enten indvendig eller udvendig.

Den indvendige indspøringskonstruktion består af en spids der ligger i direkte forlængelse af beskyttelsesskinnerne.

Den udvendige indspøringskonstruktion består af to bøjede skinner der ligger på ydersiden af køreskinnerne.

Figur 42 – Ind- og udvendig indspøringskonstruktion



Sporjustering

Af hensyn til vedligehold med sporjustering (se afsnit 14.6 på side 289), foretrækkes den indvendige indspøringskonstruktion, da der ved udvendige indspøringskonstruktioner skal anvendes en sporskifte- eller universaljusteringsmaskine, hvor hamrene kan indstilles mere fleksibelt end på en strækningsjusteringsmaskine.

Anvendelse af udvendige indspøringskonstruktioner på strækningsspor, har derfor den konsekvens at stykket med beskyttelsesskinner ikke kan justeres sammen med det øvrige strækningsspor og derfor medfører en ekstra omkostning til særarbejdet.

Ledeskinner

Beskyttelsesskinner må ikke forveksles med ledeskinner, da de har to meget forskellige formål og udformninger. Ledeskinner benyttes i skarpe kurver, og er skinner der placeres parallelt med køreskinnerne, men så tæt på disse at de kan "lede" hjulets flange igennem kurven. Ledeskinner beskytter dermed imod afsporing, mens beskyttelsesskinner, som beskrevet, beskytter øvrig infrastruktur ved afsporing.

4. Ballast

4.1.	BALLASTENS OPGAVE	52
4.2.	BALLASTPROFIL.....	53
4.3.	SPECIFIKATIONER BALLASTSKÆRVER	55
4.4.	SKÆRVEPRØVER	57
4.5.	UNDERBALLAST	58
4.6.	BALLASTRENSNING	59
4.7.	BALLASTUNDERSØGELSER.....	64

4.1. Ballastens opgave

Regelgrundlag

Regler relateret til ballasten indgår i flere forskellige Banenormer, herunder:

- BN2-4: "Ballastlaget, vedligeholdelse og fornyelse"
- BN1-6: "Tværprofiler for ballasteret spor"
- BN2-19: "Ballast og underballast. Materialekrav"

Introduktion

Ballasten er fundamentet for et godt spor. Ballasten skal kunne optage den spænding der opstår på undersiden af svellerne, når et tog passerer. Endvidere skal ballasten kunne fordele spændingen fra svellerne ud på et større areal af planum.

Ballasten består af skærver eller groft grus, da det har en større bæreevne, sammenlignet med råjord.

Ballasten skal også kunne fastholde sporet i side- og længderetningen. Dette har især betydning ved meget varmt vejr, hvor der er risiko for solkurver (se Figur 211 på side 173). Man regner med at 60 til 70 % af modstanden mod solkurver kommer fra ballasten.

Ballasten muliggør, at man kan lægge spor i et plan så man får et stabilt, spor der giver en god komfort for togene. Når undergrunden giver sig har man via ballasten en god mulighed for, at justere sporet op.

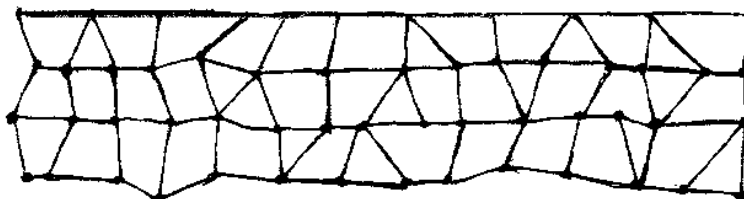
Stenlagets elasticitet

Stenlagets bæreevne beror på et samspil mellem de enkelte sten i laget.

Ved at de enkelte sten kiler sig sammen til en helhed, hvor de enkelte sten berører hinanden i enkelte punkter opstår det elastiske system som er karakteristisk for det ballasterede spor.

Figur 43 – Ballasten som et gitterværk

Underside svelle→



Ballasten kan opfattes som et elastisk gitterværk således, at ballasten direkte under en belastet svelle kan fjedre lidt, hvorved belastningen via skinnen fordeles ud til nabosveller. Knudepunkterne er berøringspunkterne mellem stenene.

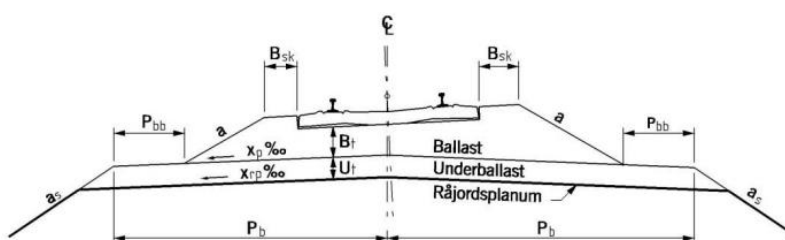
4.2. Ballastprofil

For at ballasten fungerer bedst muligt, er det ikke ligegyldigt, hvordan ballastlaget opbygges. De præcise regler findes Banenormen BN1-6: "Tværprofiler for ballasteret spor". I det følgende beskrives nogle generelle regler.

Ved opbygning af en "sporkasse" tager man hensyn til om den skal ligge i et hovedspor eller et sidespor eller på en station hvor der foregår meget rangerarbejde. Der er således mange forhold der spiller ind.

Opbygningen af en sporkasse består af råjord (planum), underballast (planumgrus) og ballast (se afsnit 3.4 om Tværprofiler på side 31).

Figur 44 – Tværprofil af enkeltsporet bane

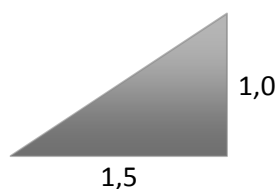


Når man opbygger en sporkasse er det ikke kun vigtigt at opbygge ballastlaget med det mål det skal have, det er også meget vigtigt at ballasten bliver komprimeret undervejs. Et spor som ikke er komprimeret har kun cirka 40 % styrke i forhold til et fuldt komprimeret spor.

Ved spor hvor vandet kan bortledes i grøfter afgraves råjorden så den får 40 ‰ fald ud mod grøften. Herpå lægges der planumgrus som skal være mindst 20 cm tykt på planums højeste sted, dog 10 cm på sidespor, bestående af grus også med 40 ‰ fald, der enten er ensidigt eller som tværfald. Til sidst lægges ballasten som skal have en tykkelse på normalt 30 cm, men op til 35 cm, fra planumgrus til underside af svellen.

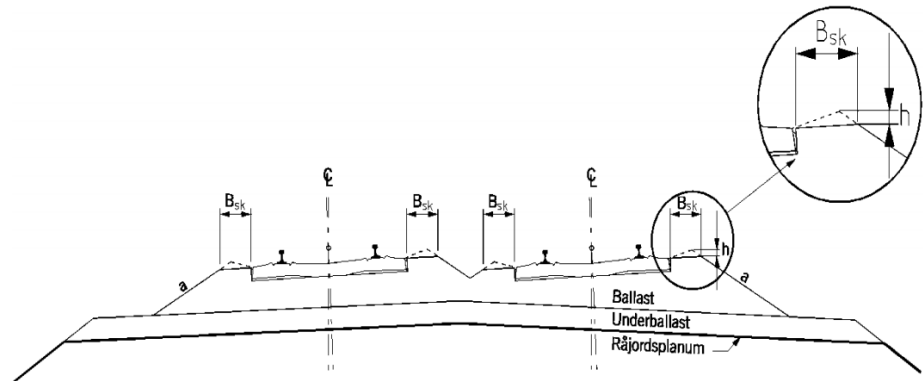
Sporets stabilitet sikres ved, at der fyldes ballast mellem svellerne til overkant og med en bestemt afstand fra svelleende til ballastkant (ballastskulderens bredde), hvorefter ballasten skrånede ned til planumgrus med et fald der siger $a=1,50$. Det vil sige at den falder 1 meter på 1,50 meter.

Figur 45 – Definition på "faldet" der også benævnes anlægget



Ved steder i sporet der er udsat for store påvirkninger, f.eks. et stort udadgående tryk i en kurve eller et sted der har tendens til solkurve, kan man "forhøje" ballastskulderen så der bliver et større modtryk på disse steder. Dette komplicerer dog vedligeholdet, da det skal sikres at den forhøjede ballastskulder vedligeholdes/genskabes ved sporjustering og andet vedligehold, der har indflydelse på ballastprofilet.

**Figur 46 – Forhøjet ballast-
skulder, h**



Ved spor hvor vandet ikke kan bortledes via grøfter, f.eks. på steder hvor pladsmanglen umuliggør grøfter, anvendes i stedet dræn.

På veldrænende jordbund kan der i visse tilfælde dispenseres fra BN1-11 og undlade dræning.

Ved lægning af spor hvor der skal være dræn graves råjorden med fald hen imod drænet.

4.3. Specifikationer ballastskærver

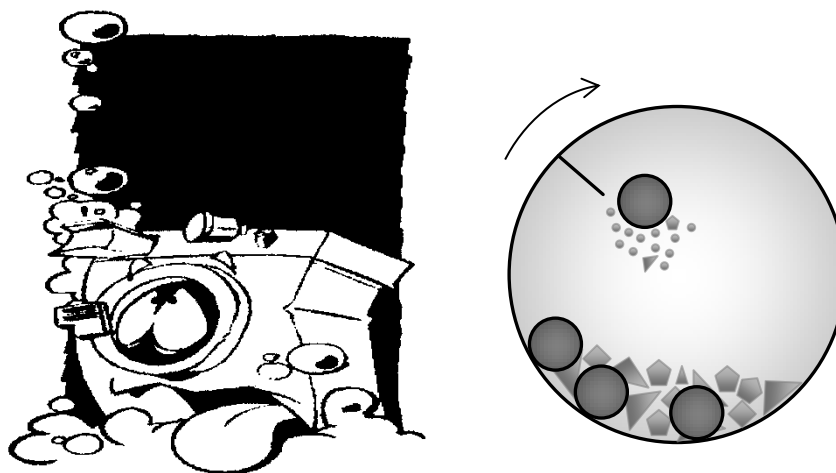
Når Banedanmark hjemkøber skærveballast stilles der nogle krav da det er her, der kan opstå de største problemer, hvis kvaliteten ikke er i orden. Reglerne findes i BN2-19: "Ballast og underballast. Materialekrav." samt BN2-4: "Ballastlaget, vedligeholdelse og fornyelse".

Den skærveballast, der skal benyttes i sporet, består af knust klippe eller sten i målet 31,5-50 mm eller 11,2-31,5 mm hvis der skal benyttes små ballastskærver (typisk i sidespor). Det accepteres at der er mindre eller større skærver imellem i meget begrænset mængde, da det ikke kan undgås totalt.

Udover kravet om størrelsen, stilles der også krav om at skærverne skal have en vis hårdhedsgrad, være frostsikre og må ikke indeholde væsentlige mængder af bløde mineraler.

Om en klippeart har en tilstrækkelig stor hårdhedsgrad og hvor stor en slid- evne den har, testes ved hjælp af et forsøg som kaldes Los Angeles prøven. Prøven går groft sagt ud på at man lægger en mængde skærver fra den pågældende klippetype ind i en "vaskemaskine" sammen med nogle stålkugler. Maskinen kører så en rum tid ved høje omdrejninger, herefter sigter man hele indholdet og der må maksimalt være en smuldprocent på 14. Det vil sige at højst 14 % af skærverne må være knust under en hvis størrelse.

Figur 47 – "Los Angeles prøven"



L. A. prøven udføres ofte kun ved levering fra nye leverandører eller hvis der tages en ny klippeart i brug. Når skærverne som overholder L.A. prøven modtages, skal følgende endvidere være overholdt:

- På mindst 85 % af skærverne skal overfladen bestå af knusningsflader således at skærverne kan gribe fat i svellerne og gå i "hak" med hinanden
- Mængden af helt uknuste skærver må højst udgøre 1 %
- Skærvernes kubiske form skal helst være i forholdet l/b og b/t mindre end 2, hvor l er skærvens største længde, b er den største bredde vinkelret på l og t er den største tykkelse målt vinkelret på både l og b.

Eksempel

Hvis l er 40 mm og b er 32 mm er $l/b=1,25$ og altså mindre end 2. Denne skærve ville kunne ligge inden for den ønskelige kubiske form.

Årsagen til at skærverne helst skal ligge inden for denne kubiske form er, at undgå for aflange skærver.

Mindst 80 % af skærverne skal overholde dette.

Før i tiden havde man to kvalitetsklasser. Skærpet kvalitetsklasse og normal kvalitetsklasse. Dette er ikke længere aktuelt, da man i forbindelse med at man begyndte at vaske skærverne når de blev læsset på vogne, observerede at der ikke var stor forskel på de to kvalitetsklasser. Den skærpede kvalitetsklasse blev bl.a. brugt i tunnelen under Storebælt.

4.4. Skærveprøver

For at være sikker på at skærverne lever op til kvalitetskravene udtages der prøver jf. BN2-19.

Leverandøren udtager prøver ved produktionsstedet efter et kvalitetsstyringssystem, som skal være godkendt af Banedanmark.

Banedanmark skal have mulighed for at se leverandørens kvalitetsrapporter løbende, således man kan sikre at Banedanmarks krav til ballasten opfyldes.

Når Banedanmark modtager skærverne skal de være våde, da leverandøren skal fuldvaske disse inden de læsses på banevogne. Skærverne må ikke vaskes eller vandes med saltvand, da saltvandet udtørrer svellerne, får jernet i sporet til at ruste og ødelægger isoleringerne.

Man kan udtage prøver af ballasten på to måder:

- Direkte fra transportbåndet der læsser på banevogne
- Fra lagerdyngerne

Alle prøver skal være på mindst 25 kg.

Når prøver tages fra transportbåndet inden læsningen på banevogne, er det for at måle kvaliteten efter de er blevet vasket. Prøven man tager, skal sammensættes af ca. 10 delprøver, som tages ud fra et på forhånd fastlagt tidsinterval. Disse prøver kan tages fra båndet med en skovl. Prøven man tager, skal komme fra forskellige steder fra lagerdyngen.

Prøver der tages fra lagerdyngerne, skal ligeledes komme fra flere forskellige steder, man skal udpege 8 til 10 steder. Det indskrives på en skitse, hvor man vil tage delprøverne som samlet skal udgøre de 25 kg som minimum. Når sådanne prøver tages fra en eller nogle dynger skal overfladen, midten, bunden og toppen være repræsenteret, og alle delprøverne skal være jævnt fordelt. Prøverne fra lagerdyngerne kan man således ikke tage uden at have hjælp fra en gravemaskine, kran med grab eller lignende.

4.5. Underballast

Den nederste del af ballasten kaldes underballast (planumgrus).

Reglerne for underballast findes i BN2-19: "Ballast og underballast. Materialekrav." samt BN2-4: "Ballastlaget, vedligeholdelse og fornyelse".

Underballast består af grus, som lægges ud på planum.

Tidligere brugte man 0/8 beton-grus eller 0/32 stabilgrus til underballast. Jf. BN2-19 skal der fremover bruges stabilgrus kategori II 0/31,5 med maksimalt 15 % kalkindhold eller veldrænet grus 0/8, 0/11,2 eller 0/16.

Tallet står for stenstørrelsen. Det vil sige at 0/8 grus er en blanding af "sand og småsten" med størrelsen fra 0 mm til 8 mm. 0/32 grus er en blanding fra 0 mm til 32 mm.

Fordelen ved stabilgrus er, at den kan komprimeres hårdere end de finere grustyper. Vandgennemtrængningen er dårlig ved stabilt grus, hvorfor der over og omkring dræn ikke må anvendes stabilt grus, da det hindrer vandet i at komme ind i drænet. Et alternativ er at anvende veldrænende grus, som har tilsvarende fysiske egenskaber til komprimering.

Drænkassen skal fyldes med ral (evt. 0/8 betongrus) fordi vandet let løber gennem rallen indtil drænrøret.

4.6. Ballastrensning

Introduktion

Ballastlaget skal vedligeholdes, så det:

- Er vandafledende
- Er i en sådan tilstand, at en sporjustering har en rimelig holdbarhed
- Overholder de geometriske krav til ballastskulderens bredde og hældning i henhold til BN1-6

I løbet af nogle år kan ballasten blive forurenset med uønskede partikler.

Disse partikler kan skyldes knuste skærver, jord fra planum der arbejder sig op i skærverne (også kaldet blød bund), skidt fra perroner, broer og lignende, manglende/dårlige afvandingsforhold eller humus fra død vegetation, blade og ukrudt i ballasten.

Disse partikler er uønskede da de kan lukke af for overfladevandets mulighed for at trænge ned i gennem ballasten, hvilket giver et dårligt spor til følge.

Såfremt der sker en uhensigtsmæssig hurtig nedbrydning af sporets kvalitet, og det ikke er muligt at reducere sporjusteringshyppigheden ved en vedligeholdelsesindsats, f.eks. ved at øge skærvelagets tykkelse i form af et løft af sporets længdeprofil eller forbedre skærvelagets drænende evne, skal der foretages en undersøgelse af årsagen/årsagerne hertil. Såfremt nedbrydningen af sporkvaliteten kan relateres til et højt finstofindhold i skærvelaget, skal der udføres ballastrensning. Til at bestemme årsagen kan del relative sporbeliggenhed analyseres (se afsnit 14.3) eller selve ballasten kan undersøges med forskellige metoder (se afsnit 4.7).

Ballastrensning skal udføres, såfremt andelen af partikler mindre end 22,4 mm udgør mindst 30 vægtprocent i gennemsnit for den del af skærvelaget, der ligger under svelleunderside. Dette finstofindhold kan forventes opnået, såfremt et af nedennævnte kriterier er opfyldt:

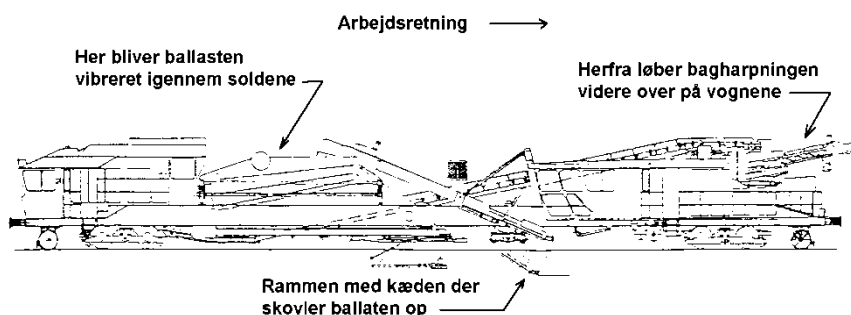
- Skærvelaget har opnået en alder på 37,5 år
- Skærvelaget har opnået en akkumuleret trafikalt belastning på 700 millioner ækvivalente bruttotons (EMGT)

Såfremt forundersøgelser resulterer i en forventning om, at det ballastrensede spor vil skulle sporjusteres sjældnere end hvert 3. år, kan urensede ballastskærver betragtes som underballast.

Ækvivalent belastning i mio. bruttoton togvægt (EMGT), er et udtryk for den akkumulerede belastning fra togtrafikken (MGT) korrigeret for tilladelig hastighed for passagertog og godstog samt en slidfaktor for passagertog og godstog. EMGT for den enkelte strækning er mellem 1,1 og 1,8 gange MGT, afhængig af antallet af godstog og hastighed. Forkortelsen står for (Equivalent) Mega Gross Tons, hvor Mega er den videnskabelige betegnelse for million eller 10^6 .

Ballastrensning foregår med en ballastrensemaskine og bagharpningsvogne.

Figur 48 – Princip for ballastrenser



Funktion

Når ballastrenseren skal starte på at rense et sporstykke sker det på den måde, at der graves ud mellem to sveller ned til gruslaget, hvorimellem der samles en stor kæde. Denne kæde kører så rundt om svellerne, ned i den ene side uden for svellehovedet, under svellen og op på den anden side uden for svellehovedet i denne side, mens ballastrenseren kører stille frem. På denne kæde sidder der nogle små skovlblade, som tager skærverne med op. Maskinen fjerner således skærverne mens den kører.

Skærverne som kæden smider op i maskinen bliver kørt igennem nogle sigter som under vibrationer sorterer snavs fra skærverne. Skærver som er blevet rengjorte bliver lagt ned i sporet igen fra maskinen.

Skidt som nu er sorteret fra, bliver via nogle transportbånd kørt forud til materialevogne. Det vil sige at ballastrenseren skubber materialevogne til bagharp frem foran sig, og materialevogne med ny ballast trækkes bagved.

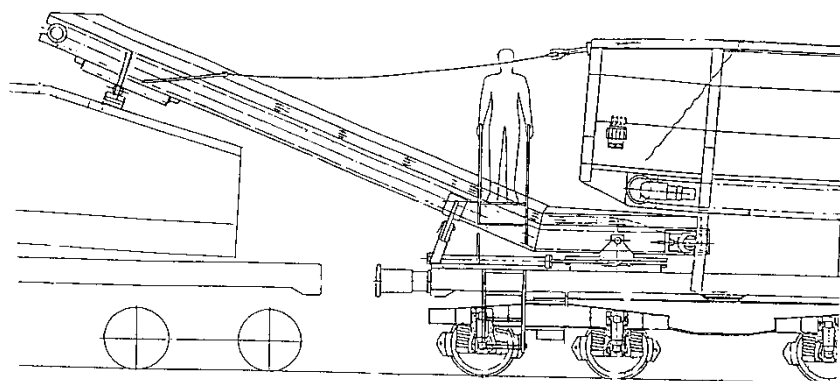
På materialevogne af f.eks. af typen MFS-100 er der transportbånd, der kører materialerne forud til forreste vogn som så fyldes op. Når denne vogn er fyldt stoppes båndet til denne vogn og den næst-forreste vogn fyldes og således forsættes det tilbage mod ballastrenseren.

Når man har rensset et sporstykke suppleres efter med nye skærver så referenceprofilen opnås, sporstykket justeres og til sidst ballastprofileres (enten som indbyggede funktioner eller med selvstændige maskiner).

Figur 49 – Ballastrenser



Figur 50 – Udsnit af materialevogn MFS-100



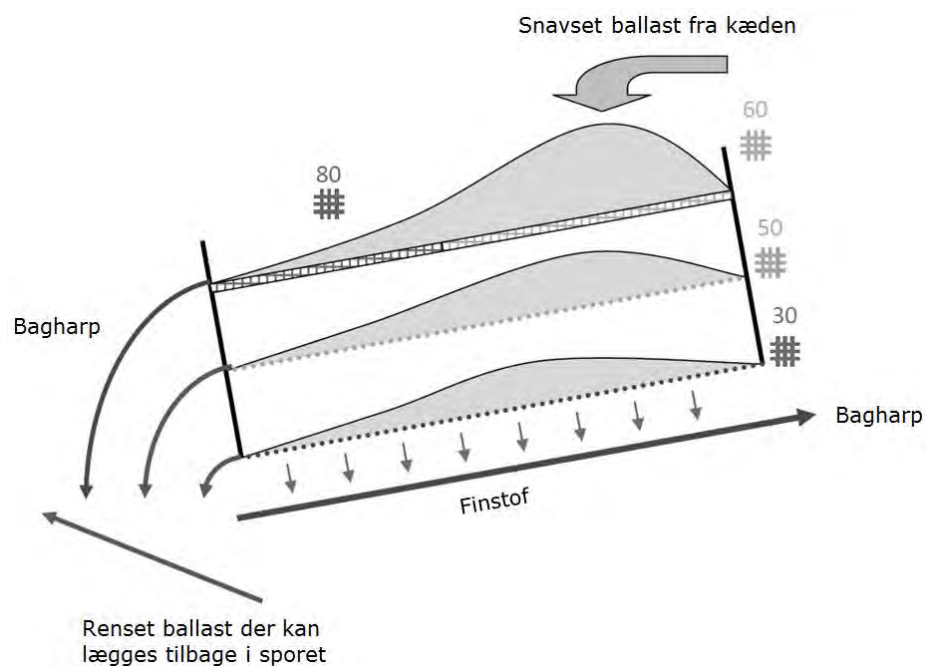
Læg mærke til at løbebåndet er placeret forenden af vognen. Løbebåndet har her begge funktioner modsat fæc vognene, som bruger to forskellige løbebånd et til ballastrensningen og et til aflæsningen.

Partikelstørrelser

Ballasten føres gennem to forskellige sier som fjerner følgende kornstørrelser:

- >80 mm: For store partikler
 - o Store sten
- <32 mm: For små partikler
 - o Mindre ballaststen samt jord og humus

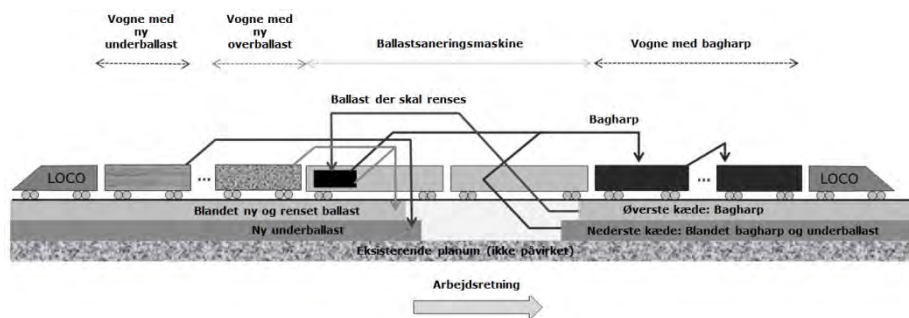
Figur 51 – Princip for rensning (størrelse af siene varierer fra det der normalt benyttes ved BDK)



Ballastsanering

I nogle tilfælde er det ikke tilstrækkeligt alene at rense ballasten for at opnå et stabilt spor. I stedet skal hele sporkassen genopbygges, og dermed skal både under- og overballast udskiftes. Til det formål findes der en udvidet ballastrensemaskine der kaldes en ballastsaneringsmaskine. Denne fungerer efter samme princip som ballastrenseren, men det gøres to gange i træk, hvor den ene del udtager overballasten, derefter udtages underballasten, så lægges der ny underballast i og til sidst ny/renset overballast. Endvidere kan de nyeste maskiner tage gammel overballast og knuse det så det kan genbruges i underballasten.

Figur 52 – Arbejdsprincip for ballastsanering



Figur 53 – Ballastsaneringsmaskine

Kæde til opsamling af overballast ses i midten af billedet, mens kæde til opsamling af underballast ses længst til højre.



Figur 54 – Kæde til opsamling af underballast



Figur 55 – Transport af ny underballast frem til arbejdsområdet fra trukne materialevogne



Figur 56 – Ilægning af ny underballast



Figur 57 – Indbygget sporjustering til arbejdsjustering (se også afsnit 14.6.2 på side 291)



4.7. Ballastundersøgelser

Indledning

Regler for ballastundersøgelser findes i BN2-5: "Ballast- og jordprøvetagning i sporkassen" og TM 62: "Geotekniske regler knyttet til tværprofiler for ballasteret spor" (som senere vil blive indarbejdet i de kommende Banenormer BN1-185: "Underbygning. Krav til beliggenhed og kontrol" og BN1-188: "Belastnings og beregningsforskrift for underbygninger, skråninger og jordkonstruktioner").

Fra overfladen af et spor er det meget svært at konstatere hvordan tilstanden af ballast, underballast og plenum er, da de øverste lag af skærver normalt stammer fra ballastsupplering ved sporjustering eller lignende (se afsnit 14.6.2). Imidlertid er det i forbindelse med fornyelsesprojekter meget vigtigt at vide:

- Er der tilstrækkeligt med ballast og underballast i forhold til det ønskede (er lagtykkelserne tilstrækkelige til at overholde referenceprofilen i BN1-6)?
- Hvor stort er finstofindholdet i ballasten?
- Fungerer afvandingen, således at underballasten eller ballasten ikke er fugtig?

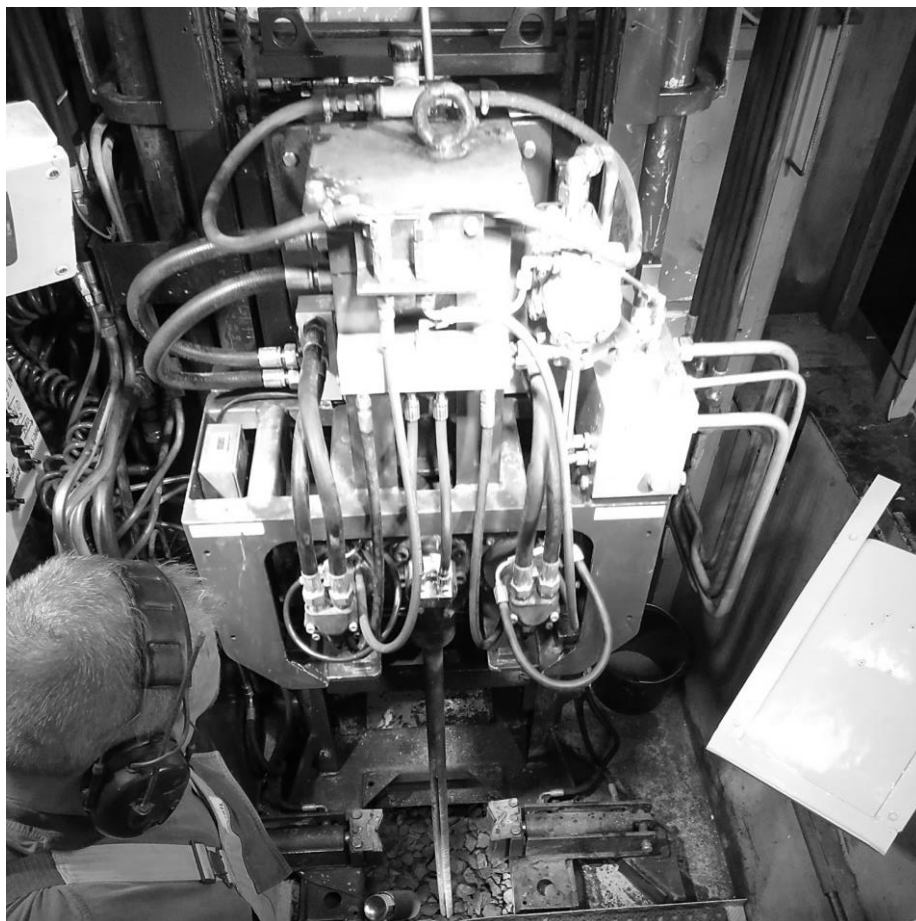
Undersøgelse af disse forhold kan foretages enten ved fysisk at tage prøver i sporet som enten karteringer eller ballastboringer, eller ved at scanne ved hjælp af georadar.

Karteringer og ballastboringer foretages begge med en borerig, som køres ud til den lokalitet hvor prøven skal tages, og derefter vibrerer et karteringspyd eller en borecylinder ned i ballasten. Georadar foretages med tre eller flere antenner som monteres på en trolje, en vogn eller lignende, således at antennernes underside er få centimeter over skinneoverkant.

Figur 58 – Borerig



Figur 59 – Borehoved halv-vejs nede med karteringsspyd



Lagtyper

I et helt nyt tværprofil vil de forskellige lag være rene, således at der er:

- Et ballastlag bestående af skærver eller grus jf. afsnit 4.3
- Et underballastlag bestående af stabilgrus el.lign. jf. afsnit 4.5
- Råjord, som er det banen er bygget på, typisk enten sand eller ler

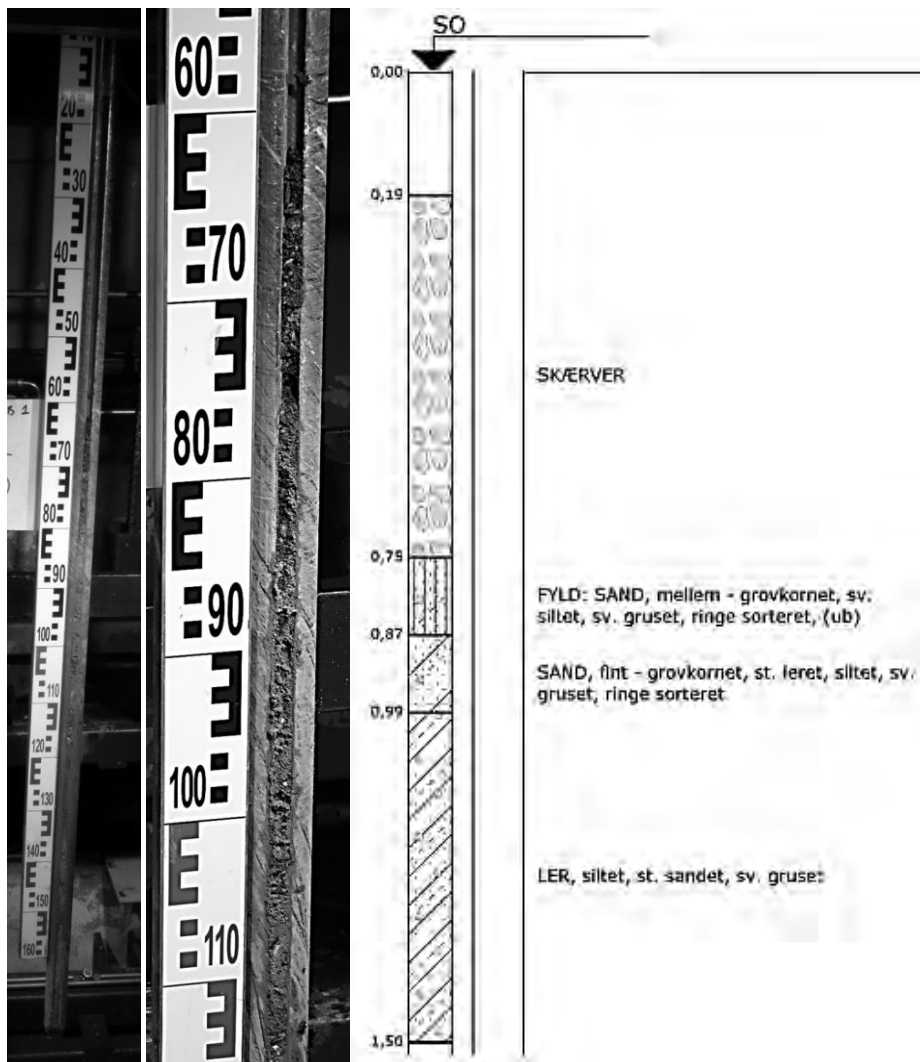
Efterhånden som sporet bliver brugt blandes typerne mere eller mindre sammen, således at der ved ballastundersøgelser f.eks. vil kunne findes følgende lagtyper (silt er en mellemting mellem sand og ler):

- Skærver
- Skærver, med meget finstof
- Grus
- Fyld: Sand, mellem-grovkornet, siltet, gruset, ringe sorteret
- Sand, fint-mellemkornet, stærkt siltet
- Sand, mellemkornet, leret, siltet, gruset, ringe sorteret
- Ler, siltet, sandet, gruset
- Ler, siltet, sandet, enkelte gruskorn, stedvis svært muldet
- Ler, sandet, blød
- Ler, gruset, kalkholdigt

Kartering

En kartering er en simpel undersøgelse af jordbundsforhold med et karteringsbor, som er en stålstang med en smal rille på den nederste del. Når karteringsboret slås ned i jorden og drejes rundt, opsamles der en meget lille jordprøve i rillen, hvorefter en geolog kan aflæse hvor de forskellige laggrænser er. Resultatet aftegnes i et boreprofil.

Figur 60 – Karteringsspyd og resulterende boreprofil



Figur 61 – Laggrænsen mellem skærver og sandfyld er her vurderet til 0,82 m fra SO



Ballastboringer

En ballastboring er udtagning af en ballast- eller jordprøve enten ved boring eller ved gravning.

Ved en ballastboring udtages væsentligt mere materiale end ved en kartering, og det er derfor muligt at bestemme mere end blot lagtykkelserne, f.eks. finstofindhold gennem en sigtning af prøven.

Figur 62 – Borecylinder med prøve



Figur 63 – Forskellige karteringsspyd og borecylindre

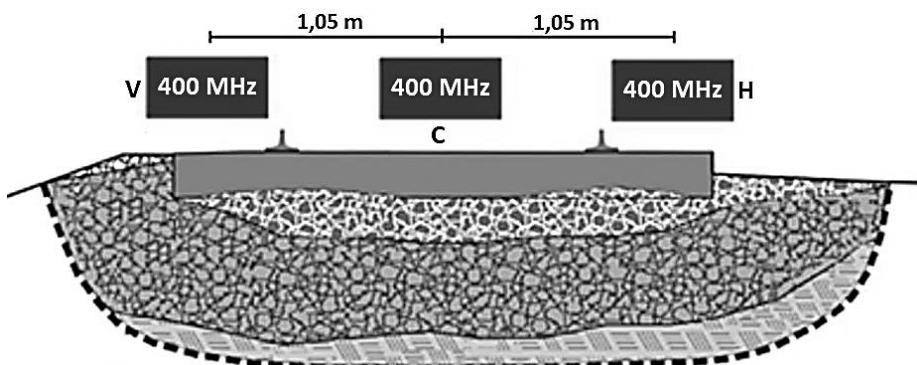


Georadar (GPR)

Georadar, eller Ground Penetrating Radar (GPR), er en metode som ved hjælp af elektromagnetiske impulser, som reflekteres med forskellig hastighed alt efter jordens sammensætning, benyttes til at bestemme laggrænser, finstofindhold og fugtindhold i ballast og underballast.

Figur 64 – Placering af GPR-antenner

Frekvensen varierer efter metode og leverandør, men er typisk mellem 10 MHz - 2,6 GHz



Princip

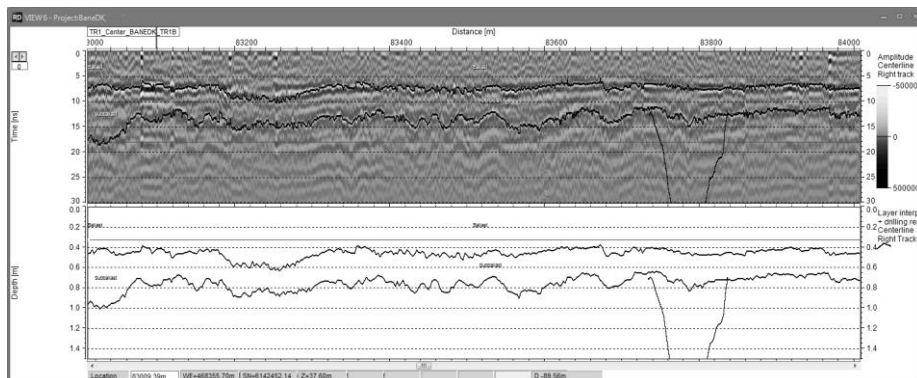
Princippet er det samme som kendes fra radar, sonar og ultralydsundersøgelse af skinner (se afsnit 6.10): der sendes bølger ind i det der ønskes undersøgt (luft, vand, skinner, ballast mv.) hvorefter det måles hvor lang tid bølgerne er om at returnere til en modtager, som så gennem kendskab til materialet kan omregnes til en afstand.

Modsat skinner som er lavet af et kendt materiale, kræver ballastundersøgelser kalibrering af signalet, da sammensætningen af materialerne i ballast og underballast er ukendt. Kalibreringen foretages ved hjælp af karteringer, hvor oplysningerne om laggrænser på udvalgte lokationer sammenlignes med GPR-signalet, hvorefter hastigheden af signalerne kan beregnes. Beregningen bygger på beregning af elektrisk ledningsevne og dielektriske værdier for hhv. ballast og underballast, som er et udtryk for forskellen i permittivitet mellem materialet og fri luft. Skærveballasts dielektricitet er typisk omkring 6 og underballast omkring 9.

Antallet af kalibreringsprøver er afgørende for hvor præcis GPR-målingen bliver, da et større antal prøver giver en bedre viden om den pågældende strækning. Det diskuteres meget hvor mange kalibreringer der er behov for, og Banedanmark har ved bogens udgivelse ingen retningslinjer for det. Det antages dog at tolerancen er omkring 5 % ved én kalibrering pr. km spor.

Lagtykkelserne bestemt af GPR kan efterfølgende vurderes på et radargram.

Figur 65 – Radargram fra GPR-undersøgelse

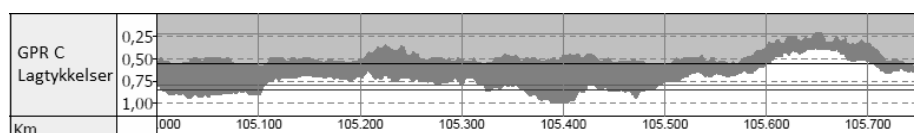


Radargram

Et radargram indeholder data fra GPR-målingen, hvor de elektromagnetiske impulsers refleksion er afbilledet (refleksionerne opstår hvor der forskel i de dielektriske værdier), over længde og i tid i nanosekunder [ns] (som omtrentligt kan omregnes til dybde ved at gange med 0,06 for dielektriske værdier på 6 for ballast og 9 for underballast).

Aflæsningen af disse diagrammer kræver ekspertviden og vil typisk blive håndteret af leverandøren, som fremsender resultatet i form af laggrænsernes placering (det afledte resultat nederst på Figur 65). Disse kan efterfølgende f.eks. fremvises som lineære assets i IRISYS (se afsnit 16.5) som vist på Figur 66.

Figur 66 – Lagtykkelser fra GPR-undersøgelse

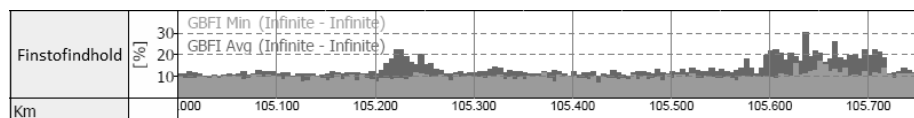


Finstofindhold

GPR-signalerne kan også benyttes til at give en indikation af ballastens finstofindhold (andel af partikler med en kornstørrelse der kan passere en kvadratisk sigte med hulstørrelse 22,4 mm), da et højt finstofindhold vil lede til større fugtabsorption og dermed ændrede dielektriske egenskaber.

Gennem brug af frekvensanalyse kan der ved Fourier transformation af GPR-signalerne og kalibrering ved sigteanalyse af boreprøver kan der beregnes et finstofindeks, som giver en indikation af hhv. minimums- og gennemsnitligt procentuelt indhold af finstof for hver meter spor. Resultatet kan efterfølgende f.eks. fremvises som lineære assets i IRISYS (se afsnit 16.5) som vist på Figur 67.

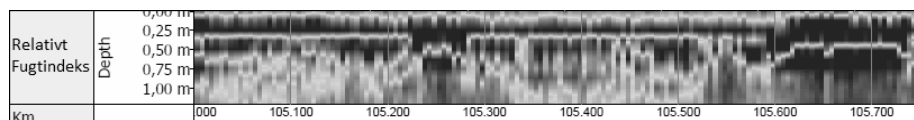
Figur 67 – Finstofindhold fra GPR-undersøgelse
Grå=min | mørkegrå=gns



Fugtindeks

Samme teknik som benyttes til at indikere finstof, kan også benyttes til at beregne et relativt fugtindeks for ballasten. Det er vigtigt at bemærke, at der er tale om et relativt indhold til det omkringliggende spor, ikke et absolut indhold i væskemængde eller lignende. Et højt fugtindeks vil dermed indikere at det pågældende spor har en højere andel fugt på det pågældende måletidspunkt end det omkringliggende spor, og dermed en større tendens til at holde på fugt. Resultatet vises på et overfladediagram som for en given dybde og position har en farve på en skala fra rød til blå, hvor rød betyder relativt tørt og blå relativt vådt.

Figur 68 – Fugtindeks fra GPR-undersøgelse
Lys=tørt | mørkt=vådt



5. Sveller

5.1.	FORMÅL MED SVELLER	72
5.2.	TRÆSVELLER.....	73
5.3.	FEJL I TRÆSVELLER	76
5.4.	VEDLIGEHOLDELSE AF TRÆSVELLER	79
5.5.	BETONSVELLER TIL SPOR	82
5.6.	BETONSVELLER TIL SPORSKIFTER	85
5.7.	FEJL I BETONSVELLER	87
5.8.	KABELTRUGSVELLER	88
5.9.	SVELLESÅLER (UNDER SLEEPER PADS)	89

5.1. Formål med sveller

Indledning

Svellerne har til opgave, at fordele det tryk der opstår når der passerer tog, det vil sige at trykket fordeles fra skinnerne og ud i ballasten (se Figur 13 på side 29).

Svellerens opgave er også at fastholde sporvidden.

Sveller fremstilles af tre materialer: træ, stål og beton. Naturligt nok kalder man dem så hhv. træsveller, stålsveller og betonsveller.

Levetiden som sveller har, er forskellig, alt efter hvor de ligger og hvor stor en belastning de er udsat for, men som minimum skal levetiden være 30 år for imprægnerede træsveller, for uimprægnerede 20 år og for betonsveller 45 år.

Hvis træsveller skal genanvendes, skal de have en rest-levetid på mindst 15 år.

To-bloksveller må ikke genanvendes i spor, men skal bortskaffes. S89-sveller fremstillet før 1998 må ikke indbygges eller genanvendes. Øvrige regler vedr. genanvendelse af S89 og S99 sveller fremgår af teknisk meddelelse TM 68/18.08.2014.

5.2. Træsveller

Træsveller til spor

Fra og med udgivelse af teknisk meddelelse TM 74/14.08.2015 benyttes kun azobé- eller egesveller. Tidligere er der i forskellige perioder blevet benyttet forskellige typer træsveller, herunder imprægneret bøgetræ, egetræ, fyrretræ og azobétræ.

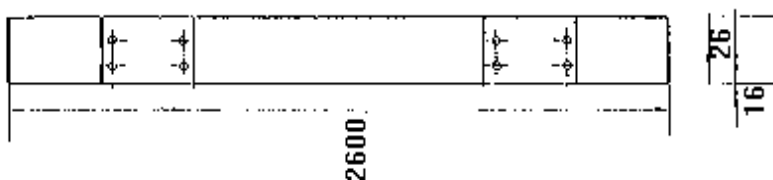
Fyrretræet var for blødt og rådne for hurtigt på trods af det blev imprægneret med kreosot (som siden er blevet udfaset).

Azobétræ er en meget hård træsort som ikke er imprægneret, det kommer fra de tropiske lande og er så hårdt og massivt at hvis man taber det i vandet vil det ikke flyde som andet træ, men falde til bunds. Azobétræ blev brugt i sporet hvor sporet var udsat for store påvirkninger. Handel med azobé på verdensmarkedet er betinget af, at leverandøren kan præsentere et certifikat for bæredygtig skovdrift. Det er ikke altid muligt at få disse certifikater, eller det kan gøre leveringsterminerne meget lange. Sporteknisk har azobé den ulempe, da træsorten er meget hård, at skærverne ikke trykker sig ind i træet, og svellerne derved ikke ligge så stabilt i sporet som ved de knap så hårde træsorter.

Uimprægnerede egesveller har i mange tilfælde udvist en levetid på kun ca. 10 år i sporet, hvilket ikke er tilfredsstillende ud fra et driftsmæssigt synspunkt.

Tekniske betingelser for træsveller fremgår af EN13145.

Figur 69 – Målene på en træsvelle af bøgetræ

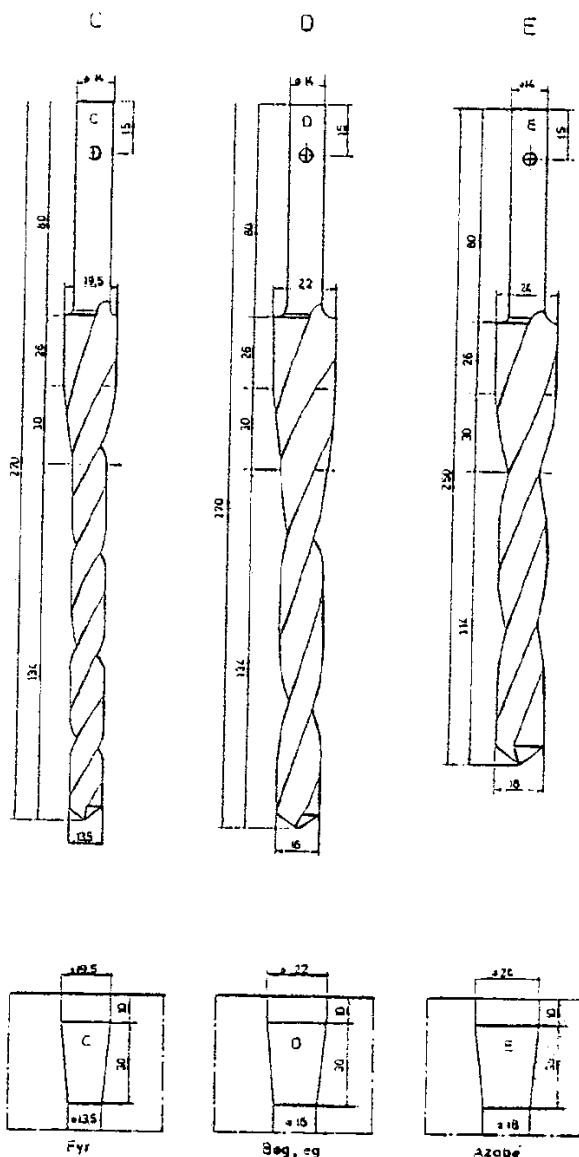


Ved boring i sveller til svelleskruer skal der bruges følgende diameter.

Fyr	13,5	mm
Bøg og eg	16	mm
Azobê	18	mm

Der skal bores helt igennem svellen, da vand ellers kan ligge sig i bunden og få svellen til at rådne.


Figur 70 – Bor som bruges til boring i sveller



Svellerne i bøgtræ leveres borede og høvlet til næsten alle overbygninger.

Sveller til overbygning Cf I overbygning kan man kende ved at der er sat et trekantet søm \triangle som fortæller at svellen er til en lodretstående skinne, det vil sige en svelle der ikke hælder indad som skinnerne almindeligvis skal (1:40).

Årstalssøm bruges ikke mere men kan ses på sveller op til år 1980. Sømmet angiver hvornår svellen er lavet (79).

Sekskantet søm i DSB45 sveller  viser at svellen er til hældningen 1:40

Dobbeltsveller er en sammenboltning af to enkeltsveller, disse bliver brugt i Cr spor, hvor de ligger under stødet. Dobbeltsveller anvendes ikke længere.

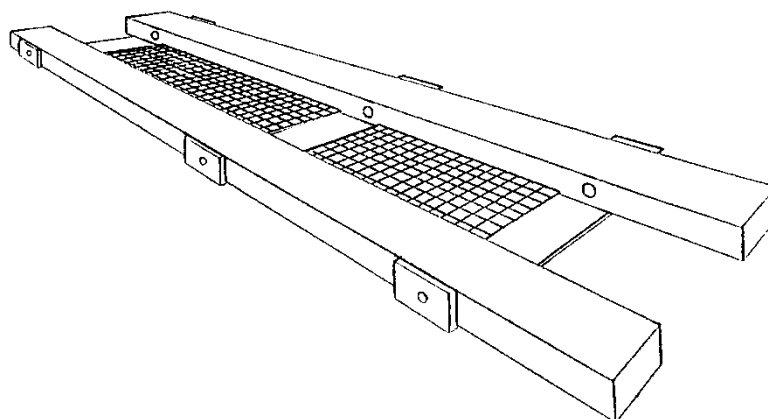
Hvis svellerne skal ligge på lager skal det ske på nogle gamle kasserede sveller, eller tykke strøer og der skal være luft omkring svellerne.

Træsveller til sporskifter

Til sporskifter benyttes jf. TM 74/14.08.2015 kun egesveller, imprægneret efter Sleeper Protect metoden eller en tilsvarende metode. Efter tilladelse fra TSA sporkonstruktioner kan alternativt og undtagelsesvis anvendes uimprægnerede azobé sveller.

Trugsveller består af to specielle sveller, der er koblet sammen med U-jern og riste i bunden således at der opstår et trug. Trugsveller anvendes ved sporskiftedrevet, til beskyttelse af træk- og kontrolstængerne mod skærver som i frostperioder kan presse sig op fra undergrunden. Endvidere sikrer sammenpændingen af svellerne til en trugsvelle, at drevet får en bedre fastgørelse.

Trugsveller er i mange år blevet lavet af azobétræ, men nu bruges der egetræ. Ved sporskifter med betonsveller dog beton.

Figur 71 – Trugsvelle

Hvis egetræssvellerne skal ligge på lager mere end 3 måneder skal de stables med strøer mellem hvert lag og der skal være luft mellem svellerne i de enkelte lag så der kan komme luft omkring dem.

Lagerpladsen må ikke være under træer og buske, der må ikke kunne gro ukrudt op mellem svellerne. Dette skal overholdes da der ellers hurtigt kan fremkomme grønne alger, som er begyndende sygdomstegn.

5.3. Fejl i træsveller

Træ er et levende materiale, også efter det er fældet.

Det betyder at træet kan arbejde videre selv om det er skåret op til sveller. Ja, selv når det ligger ude i sporet kan det arbejde.

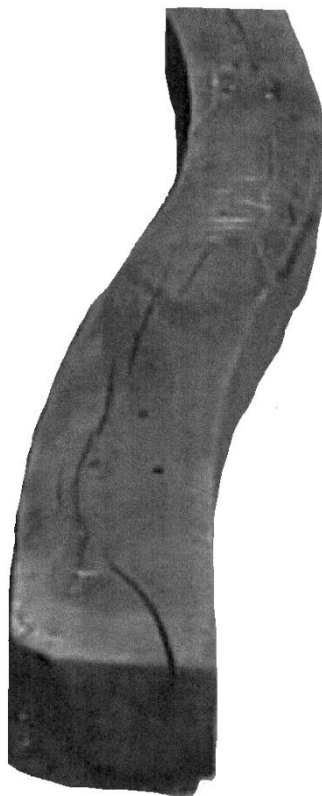
Det der som oftest sker, er, at svellerne vrider sig eller revner på langs.

De sveller der er særligt slemme til dette, er sveller af bøgetræ.

Vridninger i sveller

Svellerne kan vride sig op eller nedad eller sidevers. Hvis en svelle er begyndt at vride sig er der kun en ting at gøre, og det er at kassere den. Hvis den ligger i sporet skal den udskiftes da den vil kunne trække sporvidden i en negativ retning.

Figur 72 – Svelle som er blevet udskiftet pga. vred



Revnedannelse

Revnedannelser i svellerne kan skyldes store spændinger, som kan være i træet inden fældningen eller også kan de opstå når træet tørrer ind og således arbejder sig fra hinanden. Revnedannelsen kan fortsætte i svellerne når de ligger i sporet.

Denne revnedannelse er uheldig, da den som oftest opstår på langs af svellen, og dermed kan gå igennem skruehullerne, hvilket bevirker at skrueerne ikke kan holde skinnen eller befæstelsen fastlåst til svellen.

Selvom revnen ikke går igennem ved skruehullerne, vil svellens levetid blive væsentligt forkortet, da der vil kunne lægge sig vand og skidt i revnerne, som så vil kunne føre til rådangreb.

For at imødegå disse revnedannelser på langs i svellerne, har man gennem tiden lavet forskellige konstruktioner til at sammenholde svellerne.

I stor udstrækning har man - før i tiden - banket S-klemmer i svellens ender straks efter tildannelsen af svellen.

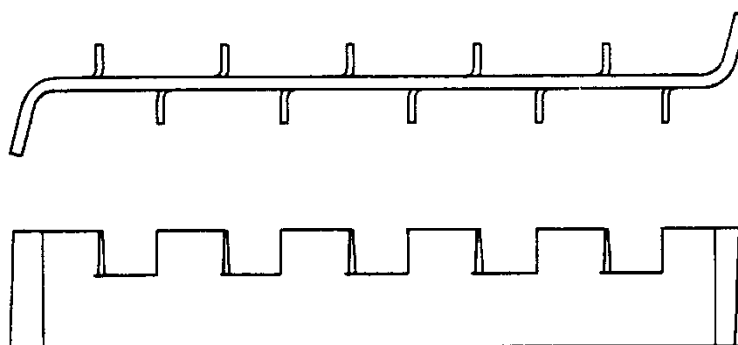
Figur 73 – S-klemme



Rüpingklemme

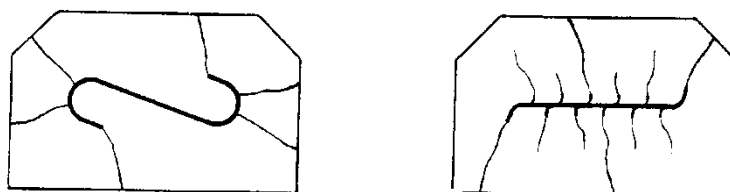
Fra Tyskland har man en klemme ved navnet "Rüpingklemmen". Fordelen ved denne skulle være at den ikke så let arbejder sig ud af træet, da den i den skærende side er klippet op med klip for hver 25 mm, hvorefter de udklippede flige skiftevis er bøjet ud til siden således, at de virker som modhænger.

Figur 74 – Rüpingklemme



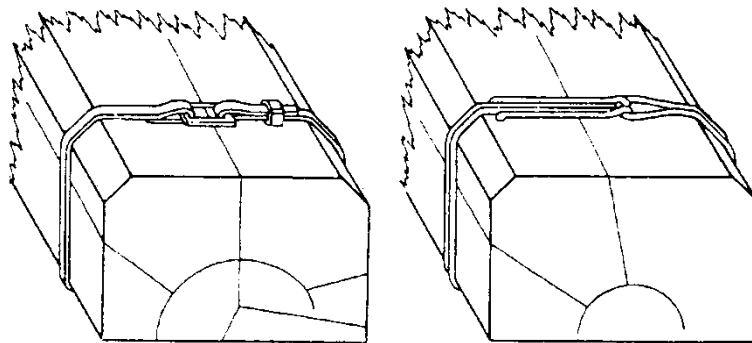
Disse 2 typer af klemmer kan godt give nogle nye små revnedannelser i svelleenden. De nye små revner opstår da der kan trække vand ind hvor klemmerne er sat fast, og når det så bliver frostvejr vil vandet udvide sig.

Figur 75 – S-klemme og Rüpingklemme i svelleenden hvor det har givet små revner som følge af islagning



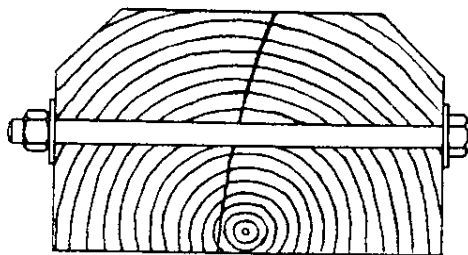
For at komme over dette problem har man prøvet at ligge en bandage rundt om svellen cirka 5 cm fra enden. Bandagen er fremstillet af båndjern eller galvaniseret jerntråd. Denne metode har været meget benyttet i Frankrig. Danmark har dog også sveller af denne type liggende i sporet.

Figur 76 – Bandage omkring sveller



Politikken er, at skal der sikres mod revner, skal der anvendes en 10 mm bolt med spændeplade om vist på Figur 77.

Figur 77 – Bolt igennem svelle



Erfaringerne i Banedanmark har vist, at en bolt igennem svellen giver den bedste sikring mod revner.

I f.eks. de tekniske betingelser for egesveller kræves således, at sveller med langsgående eller gennemgående revner skal forsynes med en bolt.

5.4. Vedligeholdelse af træsveller

Når træsvellerne har ligget en årrække i sporet, vil der ske en nedslidning af dem. Hvor hurtig denne nedslidning foregår, er afhængig af flere forhold som blandt andet:

- Træsarten svellen er lavet af
- Den trafikale belastning
- Hvilken overbygningstype der er anvendt
- Om svellen ligger i kurve eller i ret spor
- Om svellen ligger i skygge eller sol om dagen
- Om svellen er imprægneret
- Hvordan drænforholdene er omkring svellen

Som det ses er der mange forhold der spiller ind på træsvellernes holdbarhed, derfor er det også svært at sige hvornår en træsvelle skal vedligeholdes, da det beror på de ovennævnte forhold.

Hvis sporvidden ikke holder sig inden for de norm-satte tolerancer, skal der altid indsættes vedligeholdelse eller udskiftning af svellerne på det pågældende sporstykke.

Ellers bør vedligeholdelse finde sted når:

- Underlagsplade eller skinne giver sig ned i svellen ved togpassage
- Skruerne i svellen er løse
- Skinnen giver sig ud af i den høje streng i en kurve ved togpassage

Hvis underlagspladen giver sig ned i svellen, kan man lægge træplader eller trækiler mellem svellen og underlagspladen. Træpladerne eller kilerne skal gå ud over skruehullerne - hvor der bores hul - således at skruerne kan fastholde pladerne/kilerne.

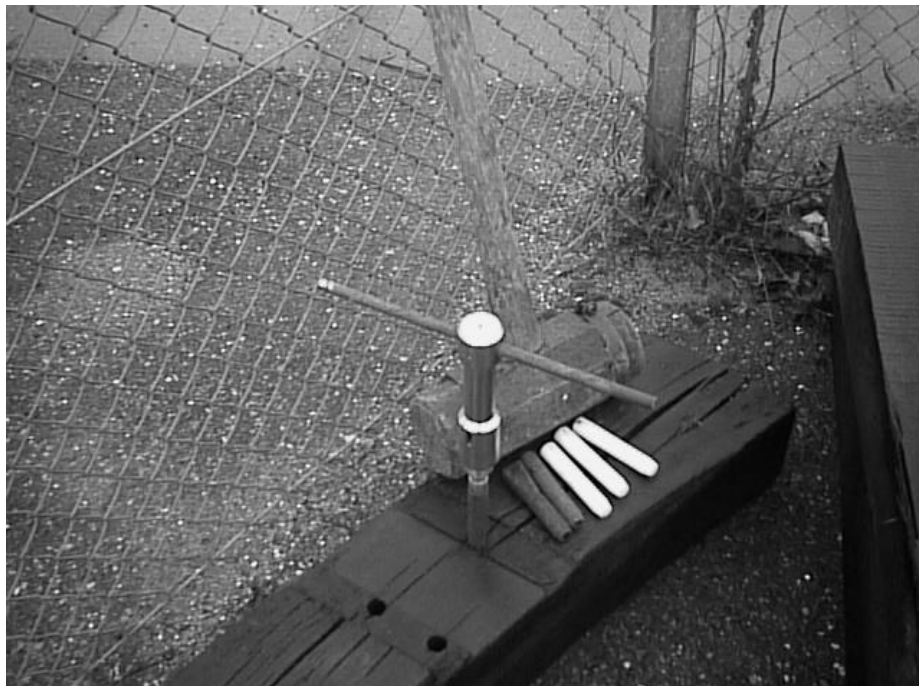
En anden metode er at vende svellerne om, og bruge bagsiden som en "ny" overside. Denne metode må dog ikke bruges for bøgesveller.

I gamle skruehuller skal der altid isættes træpløkker som lukker hullet.

Hvis skruerne er løse kan det skyldes, at skruehullerne er så slidte, at hullet er blevet for stort til skruen. Man kan afhjælpe dette og få skruen til at "tage fat" igen ved at gøre det slidte skruehul mindre.

Op til midten af 80'erne har man brugt træhulpløkker til dette arbejde. Dette foregik ved at anbringe pløkken på et særligt stykke værktøj og derefter slå pløkken ned i hullet.

Figur 78 – Træhulpløkker med anbringelsesapparat



I 1980'erne gik man over til at bruge hulpløkker af nylon, men efter nogle års brug af disse måtte man se på nogle alternativer som afløser for nylonhulpløkkerne. Dette var på grund af at nylonpløkkerne ikke levede op til kvaliteten. Problemet med disse var, at de var svære at sætte i hullerne, og når de var i hullerne blev de ofte "revet op" når skruen skulle skrues i.

Nu bruger man en spiral, som skrues i med en særlig skrue. Fordelen ved spiralen er, at den skærer sig fast i svellen og hvis svelleskruen stadigvæk ikke holder, kan man sætte endnu en ny spiral ned i det samme hul. Faktisk kan man sætte 5 til 6 spiraler i det samme hul, men dette er ikke hensigtsmæssigt da svellen ofte vil revne på langs. En sådan svelle bør udskiftes. Som en rettesnor siger man maks. 3 spiraler i et hul da svellen ellers er for slidt/rådden.

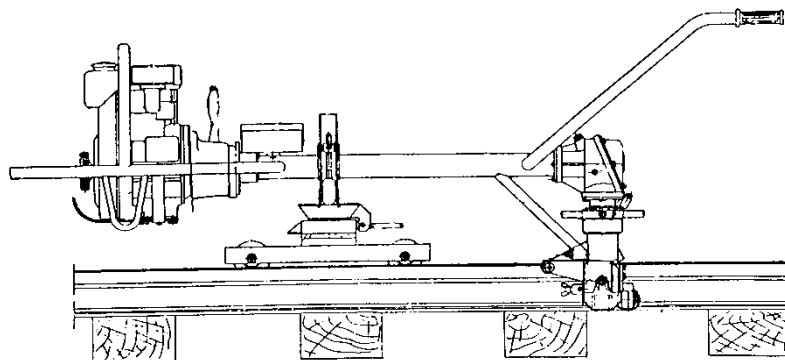
Figur 79 – Spiral og den særlige skrue til isætning af spiraler



Spiralen drejes på skruen hvorefter man skruer skruen ned i hullet. Når man så skruer skruen op bliver spiralen nede i hullet (forhåbentligt). Nyeste metode er en dybel fra Hilti som ikke behøver specielværktøj men skal monteres i svellen med svelleskruen

En anden mulighed ved overbygningstypen Bt er, at man kan fræse et lille lag af svellen inde ved skinnefoden hvor skruehullerne sidder. Dette foregår ved at man fjerner svelleskruerne og fræser svellen henover skruehullerne med en svellefræsemaskine, herefter sætter man skruehullerne og de skulle gerne tage fat i svellen på ny da hullet er konisk.

Figur 80 – Svellefræsemaskine



En tredje mulighed er at plukke de gamle skruehuller og bore nye huller i frisk træ. Dette kan gøres også ved overbygningstyper der har underlagsplader. Man plukker hullerne og løsner boltene, flytter underlagspladen langs med skinnen til et sted, hvor man ikke rammer de gamle huller, fastgør boltene og borer så nye huller.

Ovenstående metode kan bruges også hvis sporvidden er for vig og skal ind på plads, en såkaldt indsporing, der sker ved, at man trækker skinnen ind på plads med en sporstrammer, inden man borer nye huller.

Figur 81 – Sporstrammer

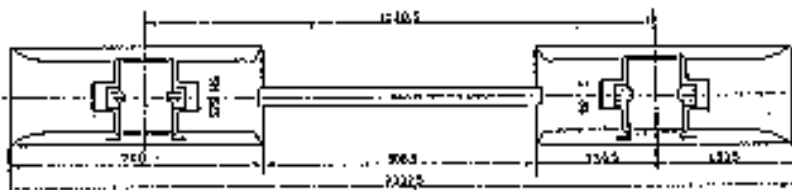


5.5. Betonsveller til spor

To-bloksveller

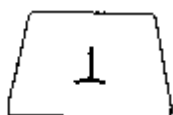
I 1958 blev der indført betonsveller af to-bloktypen RS, der består af to armerede betonblokke der er forbundet med en tværstang.

Figur 82 – To-bloksvelleren

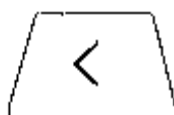


Efterfølgende blev der indført to typer mere. De adskilte sig fra hinanden på formen og tværjernetets udformning. Typerne RS og SL kan give problemer med kortsluttede sporisoleringer hvis metaldelene i befæstelsen ikke er ordentligt adskilt fra skinnen, da tværjernet rører ved boltene i svellen.

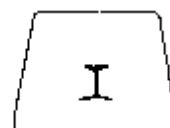
Figur 83 – Tværjernetets udformning



RS 1958 – 1968



SL 1968 – 1978



S75 1978 - 1989

RS og SL har en sporvidde på 1432 mm, da man mente at befæstelsen var så elastisk at den gav sig 3 mm når toget passerede henover. I 1983 ændrede man S75 svellen så sporvidden blev 1435 mm.

To-bloksvellen tillader hastigheder på op til 180 km/t.

Ved stabling af betonsvellerne skal der lægges lægter mellem lagene på skinnefods lejet, og svellerne må ikke stødes, da de ellers kan ødelægges.

To-blok til monoblok

I 1989 indførtes monobloksvellen S89 og blev den standard i stedet for to-bloksveller.

To-bloksvellen har den fordel at have en stor modstand mod sideforskydning, men en af de største ulemper, som har vist sig at blive et meget stort problem er, at tværstangen rustner. Nogle steder er tværstængerne rustet så meget at udveksling af sveller må foretages langt tidligere end forudsat, og der er generelt udfordringer med at bruge maskinel sporombygning, da svellerne knækker når de tages op af sporombygningstoget, hvorefter de manuelt må trækkes ud til siden af sporet (se Figur 84).

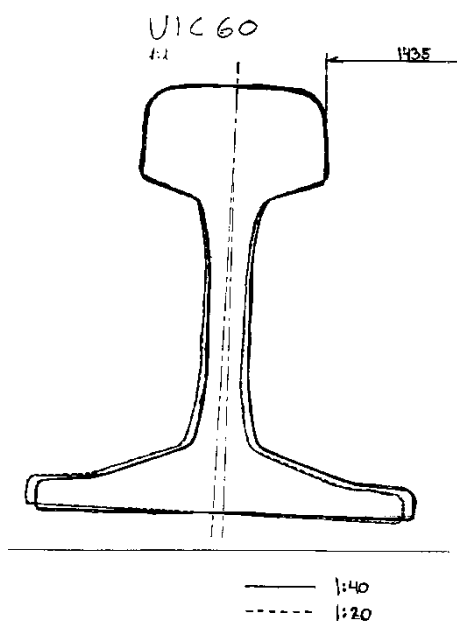
Figur 84 – To-bloksveller udtaget af sporombygnings-tog i 2010



Skinnehældning fra 1:20 til 1:40

Med monobloksvellen skiftede skinnehældningen fra 1:20 til 1:40 primært for at tilpasse danske forhold til tyske. Det bemærkes at skinnehældningen skal ses i sammenhæng med hjulprofil. Alle 1:20 spor bliver ændret til 1:40 ved skinneslibning.

Figur 85 – Skinnehældning 1:20 kontra 1:40



Monobloksveller

Den type betonsveller der primært anvendtes i perioden 1989-2000 havde navnet S89 efter året den blev indført ved DSB og er forsynet med Vossloh befæstelse. I år 2000 blev befæstelsen udskiftet til Pandrol Fastclip (se afsnit Figur 14 på side 30) og fik navnet S99. Begge er monobloksveller med de samme egenskaber:

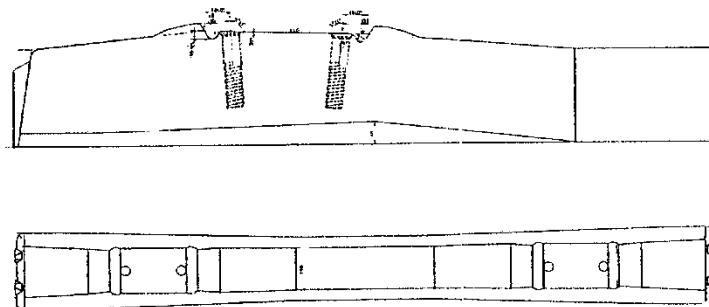
Højde:	206 mm
Bredde:	300 mm
Længde:	2500 mm
Vægt:	Ca. 240 kg
Armering:	10 tråde
Hastighed:	180 km/t
Aksellast:	22,5 ton

I forbindelse med projektering af Danmarks første højhastighedsstrækning mellem København-Ringsted opstod der behov for en kraftigere svelle. Det blev overvejet om der skulle indkøbes en udenlandsk svelle på licens, men det blev besluttet at det bedst kunne betale sig at producere den selv. Der blev derfor designet en ny monobloksvulle, som ved en mindre ombygning af svellefabrikken i Fredericia kunne fremstilles med de eksisterende faciliteter. Denne svulle hedder S16 og har, ligesom S99, en Fastclip befæstelse. S16 har følgende egenskaber:

Højde:	224 mm
Bredde:	280 mm
Længde:	2500 mm
Vægt:	Ca. 290 kg
Armering:	12 tråde
Hastighed:	250 km/t (100 km/t)
Aksellast:	22,5 ton (25 ton)

Tekniske betingelser for betonsveller findes i EN13230.

Figur 86 – S89 monobloksvelle



Monobloksvellerne S89 er støbt ud i et og er armeret med jern. Der er indstøbt dyvler til svelleskruer. Skruerne må kun skrues ned med en skruemaskine med momentbegrænsning, da svellerne ellers kan ødelægges. De revner eller dyvlen hives op af svellen, hvis der spændes med en alt for stor kraft.

I den ene skulder på svellen er der mærket med svulle-type - formnummer – fremstillingsår.

På strækningen fra København H til Kastrup er benyttet sveller fremstillet i Sverige. Overbygningen er UIC60 Dmp, men svellen har en lidt anden udformning end den tilsvarende danske svulle.

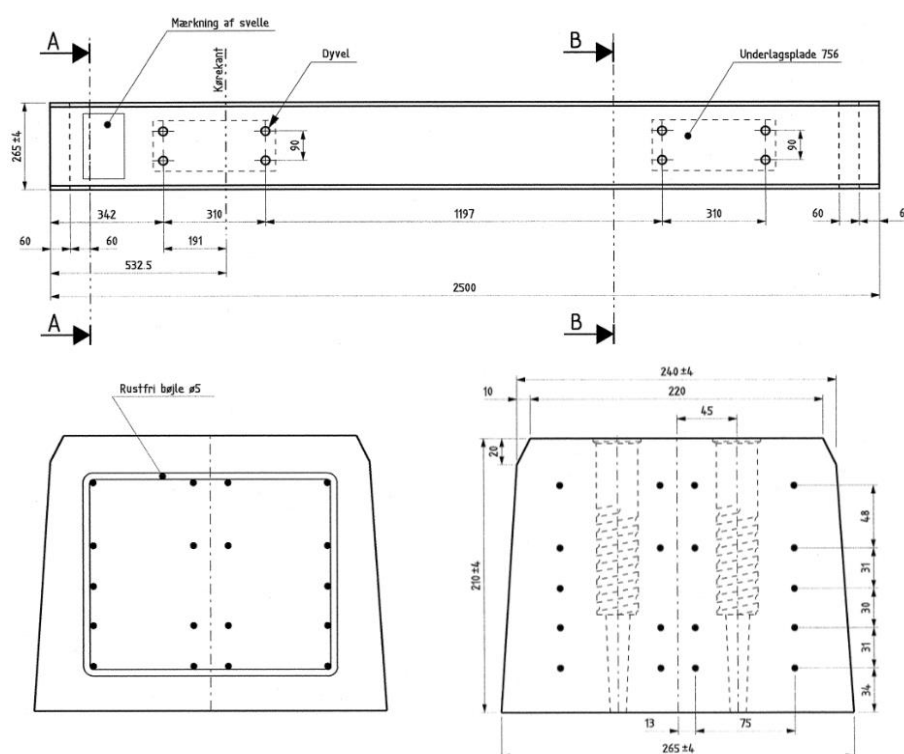
5.6. Betonsveller til sporskifter

Betonsveller til sporskifter Det stigende akseltryk og den stigende hastighed har medført stadig større påvirkninger ikke mindst på sporskifterne. Betonsveller i sporskifter betyder mere stabil beliggenhed og dermed mindre vedligeholdelse. Byggeprocessen er hurtigere og til dels også mere enkel. Et minus er det dog at svellerne er tungere og vanskeligere at håndtere.

Til alle typer sporskifter (på betonsveller) benyttes SP90-sveller, dog har højhastighedssporskifterne til København-Ringsted banen sin egen type sveller.

SP90 er ret firkantet i forhold til betonsvellen S89 som er til spor og har endvidere skinnehældning 1:1 (lodret).

Figur 87 – En sporskiftesveller i beton



Betonsvellerne til sporskifter leveres med følgende mål:

Højde: 21 cm

Bredde på oversiden/underside: 24/26,5 cm

Længde: 205-480 cm

Vægt: 129 kg pr. meter

Når man får et komplet sæt betonsveller til et sporskifte nummereres de fortløbende fra tungespids og bagud, herudover fremgår sporskiftetypen af nummeret, da de første cifre i løbenummeret er sporskiftets hældningsforhold. Numrene lægges altid i venstre side set fra tunge-partiet mod bagenden. Betonsvellerne i tunge- og mellem-parti er ens i sporskifte 1:12 og 1:14, de benævnes alle med tallet 14. Det samme gælder sporskifte 1:7,5 og 1:9 R190 som benævnes 1:9

Udover det komplette sæt sveller kaldet svellesatsen, bruges et antal SP90 sveller i længden 230 *cm* og 250 *cm*. Disse markeres med 2300 og 2500. Desuden anvendes SP90 sveller med længderne 202, 205 og 210 *cm*. Disse bruges fortrinsvis i transversaler.

Lagring af sporskiftesveller Ved oplagring skal samme regler overholdes som ved betonsveller til spor, dog skal strøerne ikke ligge i skinne-fodslejet men så langt ude som muligt, lige over hinanden. Men da svellerne har ulige længder, kan udragende ender ikke undgås, og dette kan ved længere tids opbevaring medføre deformation af svellerne. Så man bør ikke bestille svellerne i alt for lang tid inden de skal bruges.

Udragende ender bør ikke være mere end 70 *cm*.

5.7. Fejl i betonsveller

Beton er modsat træ ikke et levende materiale, men alligevel opstår der fejl i svellerne.

Revner i S89-sveller

Et problem med betonsveller er, at der er opstået revner i S89 betonsveller fremstillet før 1998, fordi der ikke var boret et drænhul i bunden af dyvlen og gennem svellen. Dette gjorde at når man skruede skrue ned i svellen opstod der et hydrostatisk overtryk i dyvlen pga. det smøremiddel man brugte på skruen. Det hydrostatiske overtryk gjorde at dyvlen udvidede sig en lille smule hvilket skabte mikrorevner i betonen, som med tiden (pga. trafik-belastning) udviklede sig til revner i svellerne.

Sveller fremstillet i 1998 og derefter har et gennemgående drænhul gennem dyvlen og svellen, hvorledes det ikke er muligt at skabe et hydrostatisk overtryk i dyvlen.

Figur 88 – Revnede S89-sveller



5.8. Kabeltrugsveller

Indledning

En kabeltrugsvelle er en hul stålsvelle hvor igennem kabler kan trækkes. De tillades kun hvor underboring af tekniske, økonomiske, sporspæringsmæssige eller af andre særlige hensyn ikke er hensigtsmæssigt.

Krydsende kabler, som ikke tillades ført i skærvelag iht. BN1-13, skal som udgangspunkt føres på tværs af spor i underført trækkerør iht. BN1-13. Trækkerøret kan etableres ved gravning ifm. etablering af ny sporkasse, eller det kan etableres ved opgravningsfri underføring som f.eks. styret underboring. Der ønskes ikke etableret tværgående trækkerør ved gravning/sugning af tværgående render.

Hvor særlige forhold gør sig gældende kan kabeltrugsvellen anvendes som alternativ til et underført trækkerør. Særlige forhold kan f.eks. være:

- Fysisk besværlige eller umulige forhold for etablering af bore- og modtagegrube for opgravningsfri etablering. F.eks. ved dobbeltsidige stejle dæmninger, op imod bygværker, i spormellemrum uden plads og lignende.
- Sporspæringsmæssigt vanskelige eller umulige betingelser for etablering af opgravningsfri underføring.
- Anvendelse ved et eksisterende tværgående kabeltracé i skærvelaget, hvor driften af kablerne ønskes opretholdt under etablering af en tværgående føringsvej. Her muliggør kabeltrugsvellen at føringsvejen etableres uden kapning af kabler.
- Uforholdsmæssigt høje anlægsomkostninger eller kontraktuelle omkostninger ved etablering af underført tracé.

Kabeltrugsvellen må anvendes til kabler med diameter op til 60 mm, dog ikke til kabler med blykappe, tilkørestråms forsyningskabler, til returstrømskabler, til togforvarme, til eksterne ledninger, til strækningsskabler, til FTN kabler eller i spor med stålsveller.

Figur 89 – Kabeltrugsvelle lagt mellem S99-sveller



5.9. Svelleråler (Under Sleeper Pads)

Indledning

En svelleråle, på engelsk kaldet under sleeper pad, eller i daglig tale USP, er en gummimåtte der sættes under svellen med henblik på ét af to formål:

1. For at forbedre sporets levetidsomkostning, LCC, regnet som levetiden af ballasten og antallet af sporjusteringer gennem en livscyklus. Kaldet en USP-LCC.
2. For at dæmpe vibrationerne fra sporet til naboejendomme. Kaldet en USP-AV.

Det er ikke muligt at opnå begge egenskaber på én gang, da den ene kræver en stiv måtte og den anden en blød. USP'er opdeles i forskellige stivhedskategorier i forhold til deres statiske elasticitetsmodul. I en kladdeudgave af en kommende UIC anbefaling 713 opdeles de som følger:

- Stiv: $0,25 \text{ N/mm}^3 \leq C_{\text{stat}} < 0,35 \text{ N/mm}^3$
- Mellem: $0,15 \text{ N/mm}^3 \leq C_{\text{stat}} < 0,25 \text{ N/mm}^3$
- Blød: $0,10 \text{ N/mm}^3 \leq C_{\text{stat}} < 0,15 \text{ N/mm}^3$

De bløde benyttes til reduktion af vibrationer samt i sporskifter, mens de mellem-stive og stive benyttes såvel til forbedring af sporkvaliteten, overgangszoner, til reduktion af ballasttykkelse og til reduktion af lange rifler og bølger.

Virksomheden fremkommer bl.a. ved at USP-LCC'en øger kontaktarealet mellem svelle og ballast betragteligt samt ved at der tilføjes elasticitet til hele overbygningen.

Hvorvidt det er relevant at benytte USP-LCC'er afhænger af en lang række faktorer: ekstraomkostninger til at udstyre sveller med USP, reduktionen i frekvensen af sporjustering og andet vedligehold, enhedspriser for det pågældende vedligehold. Det diskuteres meget internationalt i hvor høj grad man bør benytte USP'ere, men den generelle opfattelse er at det er en god idé på højhastighedsbaner og på baner med stor belastning – men grundet forskellige rammebetingelser er det svært at generalisere på tværs af forskellige infrastrukturforvaltere. I Danmark benyttes, ved bogens udgivelse, kun USP på højhastighedssporskifterne til København-Ringsted samt i enkelt bynære områder til vibrationsdæmpning.

Figur 90 – USP monteret på sporskiftesveller



6. Skinner

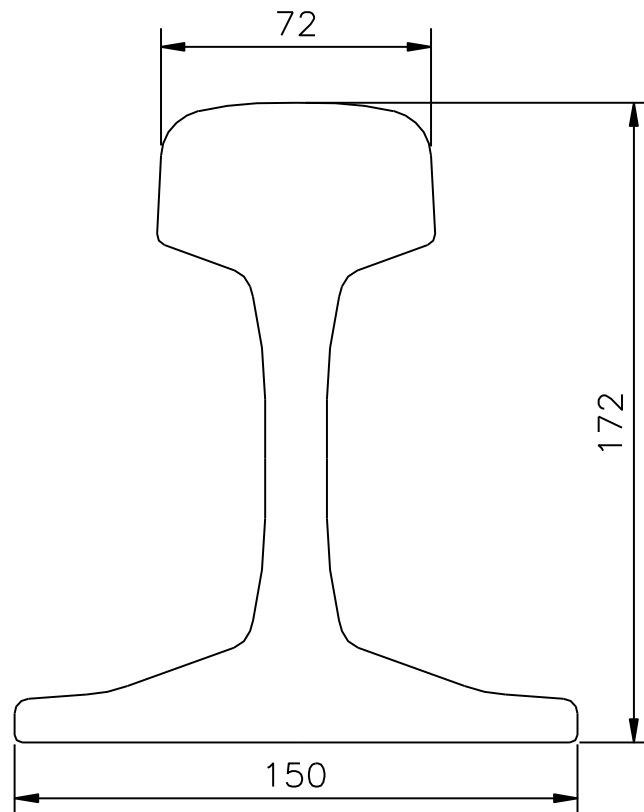
6.1.	SKINNENS FORM	92
6.2.	SKINNETYPER OG MATERIALER	93
6.3.	RENOVEREDE OG BRUGELIGE ÆLDRE SKINNER	97
6.4.	SKINNEFEJL	98
6.5.	SKINNESLID	106
6.6.	RIFLER OG BØLGER	109
6.7.	KRAV TIL SKINNER	110
6.8.	SVEJSNING AF SKINNER	111
6.9.	HÅNDBLING AF SKINNER.....	114
6.10.	INSPEKTION AF SKINNER.....	115
6.11.	VEDLIGEHOLD AF SKINNER	118

6.1. Skinnens form

De skinner man benytter er såkaldte vignoleskinner. Skinnerne er udformet således, at de overfører trykket fra toget på den bedst tænkelige måde når det passere.

Skinnerne har et kompakt hoved, der kan tåle store tryk og en høj slank krop, der giver en god bæreevne, som munder ud i en flad bred fod, der fordeler trykket ud i svellerne på et stort område. Den brede fod giver også gode muligheder for at befæstelsesdelene kan få godt fat i skinnen.

Figur 91 – Skinne 60E1/60E2



6.2. Skinnetyper og materialer

Af Banenorm BN2-202 fremgår Banedanmarks politik for skinner.

Igennem tiden er skinnerne blevet større, tungere og mere slidstærke i takt med stigende belastning af skinnerne i form af stigende akseltryk, hastighed, accelerations- og bremsekraft m.m.

Skinnerne benævnes efter deres type og vægt. Før i tiden benævnte man dem i den rækkefølge de blev indført. Dette skete ved talbenævnelse i romertal. Denne benævnelse kan man stadigvæk støde på i dagligdagen. De skinner, der er de mest almindelig ved Banedanmark er (V) DSB45 og (VII) UIC60.

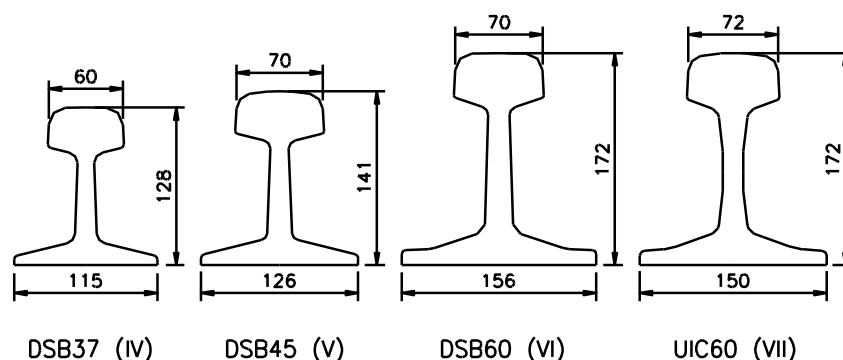
Betegnelserne DSB45 og UIC60 er dog forældede (selvom de i vid udstrækning stadig bruges), da der i 2006 blev indført standardiserede betegnelser i den europæiske standard EN 13674 (bind 1 for skinner ≥ 46 kg/m og bind 4 for skinner < 46 kg/m – opdelingen skyldes, at kun skinner på ≥ 46 kg/m er interoperable jf. TSI INF). DSB45's korrekte betegnelse er derfor *45E2*.

UIC60 findes i to udgaver, hvor forskellen findes i skinnehovedets geometri som betydning for kontakten mellem skinne og toghjul. Den oprindelige UIC60 hedder *60E1*, mens den såkaldte UIC60 AHC (anti headcheck), *60E2*, som er lidt mere spids i profilet (R16 på skinnehovedets hjørner mod R13 på *60E1*).

I Danmark anvendes *60E2* profilet som standard og skal bruges ved alle ny-anlæg, fornyelsesarbejder mv.

Når skinnerne bliver vedligeholdt med skinneslibning anvendes profilet *60E2*, så det er muligt at finde skinner hvor valsemærket angiver UIC60 eller *60E1*, men hvor profilet så sidenhen er ændret til *60E2* med slibning.

Figur 92 – Skinnetyper



60E2 profilet anvendes af flere lande og er derved også billigere at fremstille i forhold til skinner, som tidligere kun blev brugt af Banedanmark (DSB), da valseværkerne ikke skal omstille produktionen hver gang.

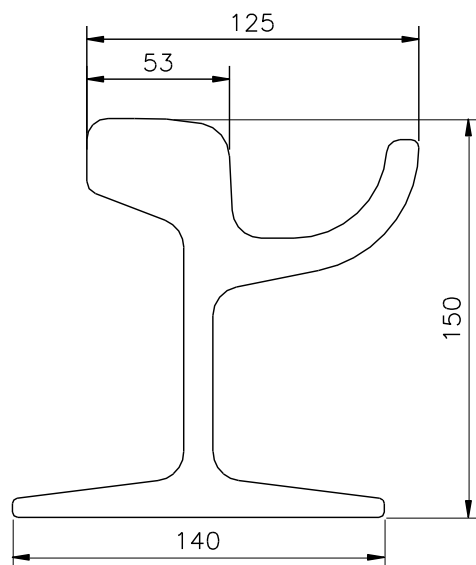
Tallet i betegnelsen for et skinneprofil står for vægten i kg pr. meter. Det vil sige, at en *60E2* skinne vejer ca. 60 kg/m.

Rilleskinnen er en skinnetype, der anvendes hvor sporet passerer gade og vejanlæg, samt hvor man ønsker et plant terræn omkring skinnerne.

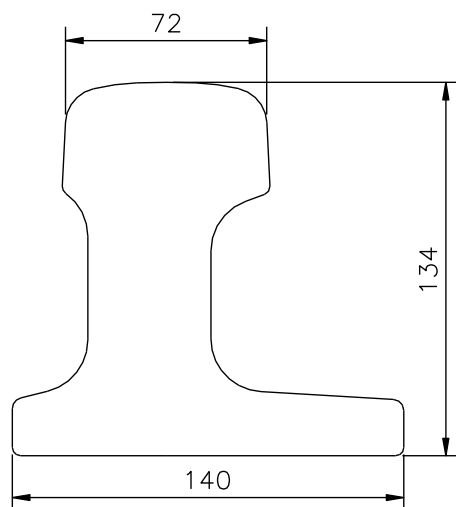
Den nyeste rilleskinne hedder RI46, den gamle type hedder HI54.

Rilleskinner må ikke bruges i hovedspor.

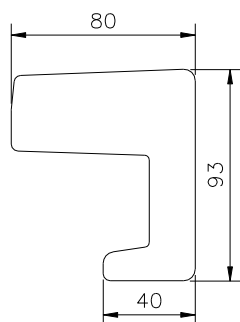
Figur 93 – Rilleskinne, type RI 46



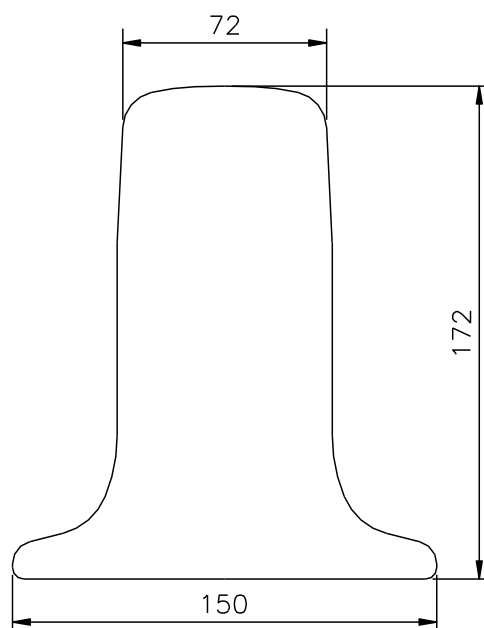
Figur 94 – Tungeprofil (til sporskifter), ZU1-60



Figur 95 – Tvangskinneprofil (til sporskifter), Vo1-60



Figur 96 – Fuldskinne til fremstilling af krydsninger i sporskifter



Skinneres materiale

Med de kraftige påvirkninger skinner udsættes for, er det nødvendigt med et skinnemateriale, som er hårdt, ensartet og slidstærkt. Skinnerne er derfor fremstillet af stål med relativ høj kulstofindhold på ca. 0,8 %.

Den type stål, der anvendes som standard i Danmark, er R260, hvilket tidligere hed St 90 eller 900a. De tidligere x00-tal henviser til stålets trækstyrke i MPa, som stadig er korrekt, men ikke bruges som betegnelse for skinnerne. I stedet benyttes hårdheden som betegnelse, hvor R260 er udtryk for, at skinnen har en hårdhed på 260 Vickers. Hårdhedsbetegnelsen benyttes, da denne er nemmere at måle manuelt.

Tidligere brugte man også blødere stål af typen R200 (St70 eller 700a), hvilket derfor stadig findes i sporet i dag, indtil det bliver udvekslet.

I mere snævre kurver – dvs. relative små kurveradier – er der mere slid i skinnerne, og derfor har man siden 1997 anvendt en mere hård og mere slidstærk ståltype R350HT. Denne ståltype R350HT kaldes også i daglig tale for hovedhærdede skinner (tidligere 900A HH, 900A HSH eller St 1100). Hvis skinnerne er fra perioden 1997-2015 og kurveradius er under 1000 m, så kan det forventes, at skinnerne er hovedhærdede (R350HT). Da skinnepolitikken for anvendelse af hovedhærdede skinner har varieret hen over årene, kan der også findes hovedhærdede skinner i kurver op til ca. 1500 m. Fra og med udgivelsen af Banenormen BN2-202-1 i september 2015 anvendes hovedhærdede skinner ikke mere ved nyanlæg og fornyelse. Dette skyldes, at skinnerne, på grund af deres hårdhed, ikke slides nok ved lav belastning til at undgå dannelse af mikrorevner i skinnens overflade, hvorved der er en øget tendens til skinnefejl, herunder specielt skinnepletter.

Ståltypen fremgår af valsemærket, som er placeret midt på skinneskroppen med jævne mellemrum.

Hvert valseværk har sit valsemærke, hvoraf der fremgår navn på værket, fremstillingstidspunktet og stål kvalitet.

Figur 97 – Skinnekvalliteter

STÅLKVALITET		TRÆK- STYRKE [N/mm ²]	HÅRD- HED [HV]	VALSEMÆRKE
Betegnelse	Tidl. Betegnelse			
R200	(700) (St70)	680 – 830	200	Intet symbol
R260	(900 A) (St90)	880 – 1030	260	— —
R350HT "Hoved- hærdede"	(900 A HH) (HSH) (St1100)	≥ 1100	350	HSH eller — — —

Figur 98 – Valsemærke på skinne

Tip! Bemærk, at der er benyttet en skærve til at skrævre teksten, så den ses tydeligere.



6.3. Renoverede og brugelige ældre skinner

Br.æ. skinner står for brugelige ældre skinner – brugte skinner som ved udveksling endnu ikke er brugt op, og som derfor gemmes til senere brug. De må dog kun anvendes i side- eller vigespor samt som indpassere i hoved- og togvejsspor.

Skinner, som ikke kan genanvendes som br.æ. skinner, sælges typisk som skrot.

Reglerne for brugelige ældre skinner fremgår af Banenorm BN2-202: "Skinnepolitik".

Der skal ved sporfornyelse, hvor de eksisterende skinner overvejes bibeholdt, gennemføres en teknisk og økonomisk vurdering i forhold til skinnernes tilstand og restlevetid.

Herunder skal det aktuelle højde- og sideslid i skinnerne samt skinnernes UT-fejlhistorik (10 år) analyseres, hvilket skal indgå i beslutningsgrundlaget for eventuel bibeholdelse af de eksisterende skinner.

I vurderingen skal der tages hensyn til konsekvensen af sporspærringer ved eventuelt forøget vedligeholdelse og en senere udskiftning af skinnen. Ved bibeholdelse af eksisterende skinner i et fornyelsesprojekt gælder følgende krav:

- a) Projektet skal gennem manuel ultralydskontrol af skinnerne sikre, at skinnerne efter sporfornyelse er fejlfrie i alle fejlgrupper i henhold til BN1-107.
- b) Ved udveksling af sveller og bibeholdelse af 45E2 skinner, skal de nye sveller også kunne anvendes til eventuelle fremtidige 60E2 skinner.
- c) Ved udveksling af træsveller skal der senest i projektets programfase udføres stikprøvevis visuel kontrol for korrosion og slid i skinnefoden under befæstelser. Der må ikke forekomme fejl i skinnefoden efter sporfornyelse.

Brugelige ældre skinner skal have en estimeret restlevetid på mindst 20 år eller indtil skinnerne er planlagt til udveksling i en eventuel sporfornyelse i det spor, de påtænkes at skulle anvendes.

Figur 99 – Br.æ.-skinne med kraftigt sideslid, lagt i så slidet vender udad



6.4. Skinnefejl

I skinner kan der opstå fejl som i alt andet materiale af stål og jern, som bliver udsat for belastning.

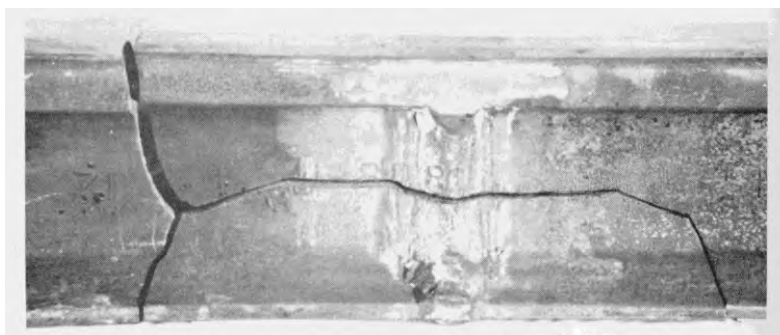
De fejl der opstår, er almindeligvis fejl der viser sig som brud, revner eller slidmærker i skinnen. Nogle fejl er synlige med det blotte øje, mens andre er interne fejl i skinnen som kan findes med ultralyds- eller hvirvelstrømsmålinger (se afsnit 6.10 på side 115).

Regler og krav til håndtering af fejl i skinner er beskrevet i Banenormen BN1-107: "Skinner, eftersyn og tilstand".

Brud og revner kan opstå som følge af mange forhold, det kan være som følger af:

- Dårlig kvalitet af skinner
- Metaltræthed
- Hård belastning fra togene, f.eks. hjulflader
- Sporets vedligeholdelsesstand
- Skødeløs aflæsning af skinnerne
- Boring af skinnerne uden efterfølgende rejfning af hulkant
- Utilstrækkelig spændingsudligning
- Dårlig svejsekvalitet

Figur 100 – Skinnebrud omkring thermitsvejsning



Det er kun tilladt at overskære skinner med en skinesskæremaskine, hvis de skal blive liggende i sporet, hvor der er toggang.

I særlige tilfælde som skinnebrud, solkurver, afsporinger eller lignende hvor det ikke er muligt at bruge en skinesskæremaskine, må der bruges skærebrænder. I disse tilfælde er der nogle vigtige forholdsregler der skal være opfyldt før toggangen må genoptages.

Det er ikke tilladt at fremstille huller i skinnekroppen til tværbolte med en skærebrænder.

Slidmærker opstår ofte ved "hjulspind" på skinnen. Disse kan blive så dybe, at man er nødt til at skifte det pågældende stykke skinne. Slidmærker kan senere være skyld i revnedannelser eller brud.

Ved lasket spor kan man ofte se, om der er brud eller revner under laskerne uden at afmontere laskerne. Det kan vise sig som stærk rustdannelse ved skinnefoden eller at hovedet på skinneenden ved lasken giver sig lidt op og ned, når der kører tog over, uden at undergrunden og skinnefoden giver sig.

Hvis man har mistanke om et brud ved en laskesamling kan man prøve, at slå på hovedet af skinnen med en skærve et stykke fra stedet hvor man har mistanken, og så hen over stedet. Hvis "lyden" forandrer sig over, hvor man har mistanke om bruddet, er der stor sandsynlighed for, at der er tale om et brud.

Når man har opdaget et skinnebrud skal reglerne i BN1-107 følges.

Efter reglerne i BN1-107 skal man gøre sig følgende overvejelser:

- Kan togene passere bruddet – i så fald med hvilken hastighed
- Skal man udskifte skinnestykket nu
- Kan det klares med lasker og skruetvinger
- Kan bruddet laves af et svejsehold med det samme

Hvis skinnebruddet er sket i et langskinnespor, skal man notere brudåbningen og endvidere sætte kønerprikker på den udvendige side af skinnen. Kønerprikkerne sættes på begge sider af bruddet og markeres med vejrbestandigt kridt eller maling. Hvis man skal have en indpasser indlagt skal kønerprikkerne placeres uden for indpasserens område. Man måler herefter afstanden mellem kønerprikkerne. Disse oplysninger skrives ind i blanketten "Målinger ved indgreb i langskinnespor". Oplysningerne skal bruges, når man igen skal spændingsudligne sporet.

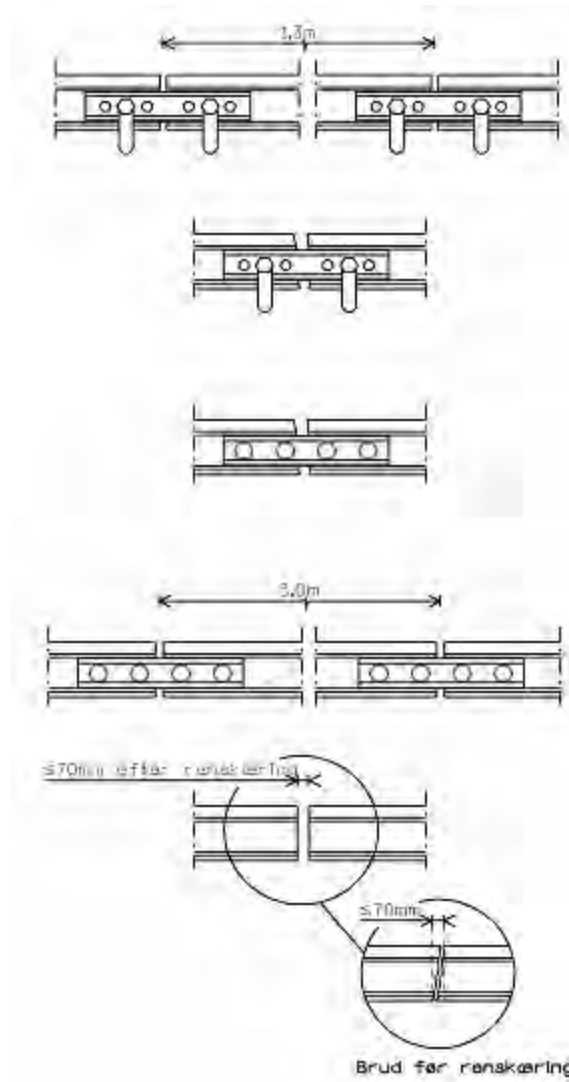
Indpassere i langskinnespor skal have en længde på mindst 7,5 meter.

I Banenormen BN1-107: "Skinner, eftersyn og tilstand", kan man se hvordan man kan udbedre forskellige typer af skinnebrud og med hvilken hastighed de midlertidige foranstaltninger må passeres.

Figur 101 – Skinnebrud gennem svejsning




Figur 102 – Eksempel på tegninger i BN1-107



Når skinnebruddet er udbedret eller der er foretaget nogle midlertidige foranstaltninger skal der udfyldes en skinnebrudsrapport.

Figur 103 – Skinnebrudsrapport



Skinnebrudsrapport

Bruddet opdaget
Dato Kl.

Skinnetemperatur °C

Bruddets beliggenhed

På eller mellem station

Spør nr. **Km**

Hovedspor **Sidespor** **Sporskifte nr.**

Højre skinne **Venstre skinne**

Spor

Overbygningstype **Skinneprofil**


Valsemærke **Skinnestål**

Stødtype / Svejsetype


Særlige forhold _____

Brudets placering og udssende

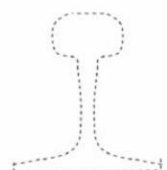
Fra siden



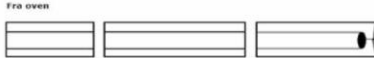
Svejsning



Indsæt og målsæt fejlen, angiv væsentlig slid og kørekant



Fra oven



Brudåbning mm **Udbredelse** mm

Bemærkninger / øvrige forhold _____

Dato _____ Navn _____ gul _____ Underskrift _____

Skinnebrudsrapport ver 3.1.xls 1 / 1

Klassificering af fejl

Skinnefejl klassificeres efter et system der er udviklet i UIC og beskrives i UIC 712 "Rail defects" med fire cifre, hvor cifrene er som følger, og som vist på Figur 104:

1. Situationen
2. Lokationen
3. Fejltypen
4. Evt. underinddeling

Figur 104 – Uddrag af UIC 712 klassificering

1. ciffer	2. ciffer	3. ciffer	4. ciffer
1 Skinneender 2 Zone væk fra skinneender	0 Fuld sektion 1 Skinnehoved 3 Skinnekrop 5 Skinnefod	1 Tværgående 2 Horisontal 3 Langsgående vertikal 4 Korrosion 5 Gennem et hul 6 Ikke gennem et hul 9 Overlap	Evt. underinddeling
	2 Overflade af skinnehoved	0 Slid 1 Overfladefejl 2 Afskalning 3 Knusning 4 Lokalt afslag 5 Hjulspind 7 Revnedannelse	

Kode 112 er dermed horisontale revner i skinnehovedet

Hyppigst forekommende fejl

De fejl der forekommer flest af på Banedanmarks spor er:

- 135: Revner i boret hul
- 211: Lodret tværgående revne
- 212: Vandret langsgående revne
- 213: Lodret langsgående revne
- 227: Skinnepletter (squats)
- 411: Lodret tværgående revne i brændstuksvejsning
- 421: Lodret tværgående revne i thermitsvejsning
- 2223: Kørekantsrevner (head checks)

Revner i boret hul (135)

Revner i borede huller fremkommer som følge af trafikbelastning og fremstår som fremadskridende revner der udgår fra hullet, typisk i en vinkel på omkring 45°. Fejlen kan lede til skinnebrud.

Lodret tværgående revne (211)

Denne fejltype udvikler sig som en intern fejl i skinnehovedet, typisk fra en intern horisontal revne eller i sjældne tilfælde fra kraftig afskalning på skinnehovedet. Fejlens udgangspunkt er ikke nødvendigvis centreret i området. Hvis fejlen får lov til at udvikle sig, vil den med tiden blive synlig på skinnekroppen, hvorefter risikoen for skinnebrud vil være stor.

Vandret langsgående revne (212)

En vandret langsgående fejl vil typisk dele skinnehovedet på tværs, parallelt med overfladen, typisk omkring 15 mm fra skinneoverkant.

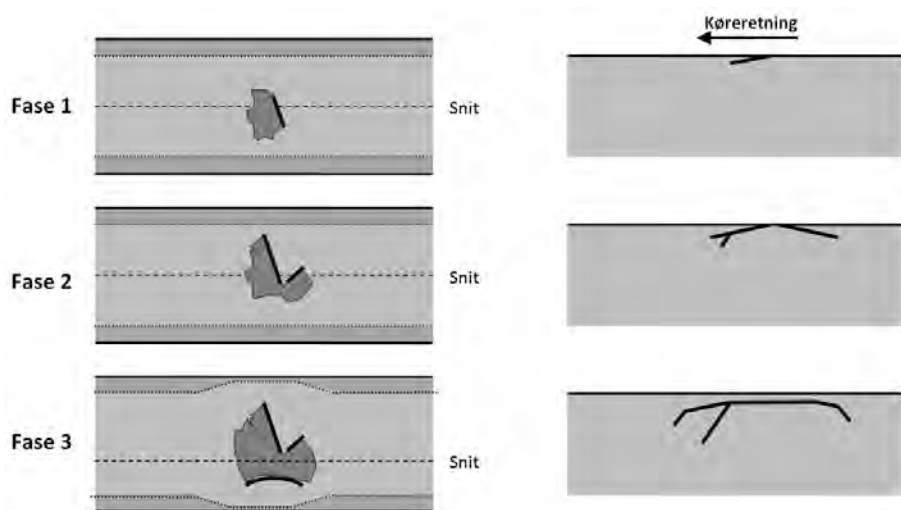
Lodret langsgående revne (213)

En lodret langsgående fejl vil typisk dele skinnehovedet på langs i to halvdele parallelt på skinnekroppen. Så snart fejlen når skinneoverfladen vil den være karakteristisk som en sort streg langs med overfladen, som kan observeres dels ved at den er nedtrykket i forhold til overfladen, og dels ved at skinnehovedet er blevet bredere svarende til bredden af revnen.

Skinnepletter (squats) (227)

Skinnepletter ses som pletter eller skygger på skinneoverfladen. En skinneplet udvikles ved at der dannes en revne på toppen af skinnehovedet, som udvikler sig til at have en U-, V- eller Y-form. I skinnehovedet udvikler revnen sig parallelt med toppen af skinnen, således at der opstår en flig. Under belastning begynder fligen at gå i plastisk flydning og den presses efterhånden flad. Således vil der opstå en fordybning og udpresning (plastisk deformation) til siden hvilket medvirker til at skinnen bliver bredere omkring pletten. Selve formørkelsen eller pletten opstår når snavs samles i fordybningen.

Figur 105 – Princip for skinnepletter



Figur 106 – Skinneplet (squat)



Figur 107 – Skinnepletter (squats) med afskalning



Lodret tværgående revne i brændstuksvejsning (411) eller i thermitsvejsning (421)

Denne fejltype er en revne der udvikler sig i et svejsningstværsnit som en intern fejl enten i skinnehovedet eller i skinnefoden, som leder til skinnebrud. Den vil ofte kunne ses som enten en glat og lys plet i skinnehovedet eller som et mørkt område i skinnefoden.

Figur 108 – Lodret tværgående revne i thermitsvejsning



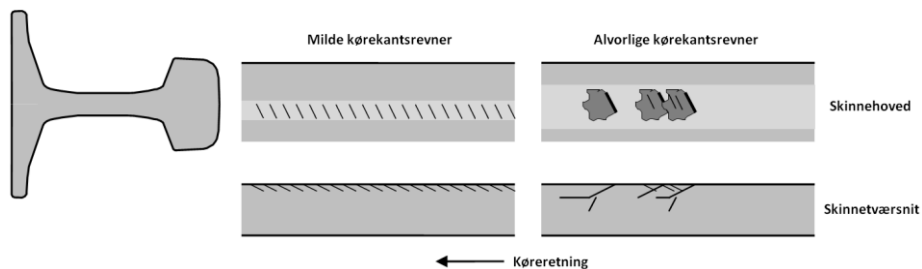
Kørekantsrevner (head checks) (2223)

Kørekantsrevner eller head checks som de hedder på engelsk (og som oftest også bruges på dansk) er primært et problem i kurver hvor der enten er relativ stor overhøjde eller relativt stort overhøjdeunderskud. I kurver med stor kurveradius ($R > 1500$ meter) forekommer de fleste kørekantsrevner på toppen af skinnen, og efterhånden som radius reduceres flytter kørekantsrevnerne sig mere ind mod den inderste side af skinnen. I skarpe kurver er der øget risiko for dannelse af kørekantsrevner, da der opstår spændingsforskel på de to kontaktpunkter. Kørekantsrevner er typisk meget fine (så de bedst kan føles med en negl, frem for med fingrene), har en indbyrdes afstand på ca. 2-3 mm og har en vinkel på 35° - 60° imod køreretningen. Det fejlbehæftede område kan have en meget stor udstrækning (op til flere kilometer).

Milde og små kørekantsrevner fremstår som små smalle revner i skinnehoovedet med meget kort indbyrdes afstand og uden markant dybde (mindre end 10-20 mm). Meget små kørekantsrevner kan fjernes med skinneslibning. Hårde skinnestålstyper (R350HT) har en tendens til at give små kørekantsrevner, mens blødere skinnestålstyper (R260) vil give større og dybere kørekantsrevner.

Alvorlige kørekantsrevner, er kendetegnet ved at de er brede (> 20 mm) og er forholdsvis dybe. Når dybden på revnerne bliver større end ca. 5 mm kan revnerne grene sig ud i skinnen (55° - 65° fra vandret) og i værste fald kan en revne mødes med sin nabo og forårsage skinneafskalning, hvilket ikke er muligt at reparere (hverken med en skinnesliber, -fræser eller -høvl) og derfor kræver en skinneudveksling.

Figur 109 – Princip for head checks



Figur 110 – Kørekantsrevner (head checks)



Figur 111 – Kørekantsrevner (head checks) med afskalning



6.5. Skinneslid

Når skinner bliver udsat for trafikale belastning vil der opstå slidtage i skinnerne.

Om skinnerne bliver slidt afhænger af flere ting:

- Den trafikale belastning af dem
- Hvor skinnerne er ilagt (kurve eller ret spor)
- Kvaliteten af skinnerne
- Hvordan sporvedligeholdelsen er

Reglerne for skinneslid fremgår af BN1-107: "Skinner, eftersyn og tilstand".

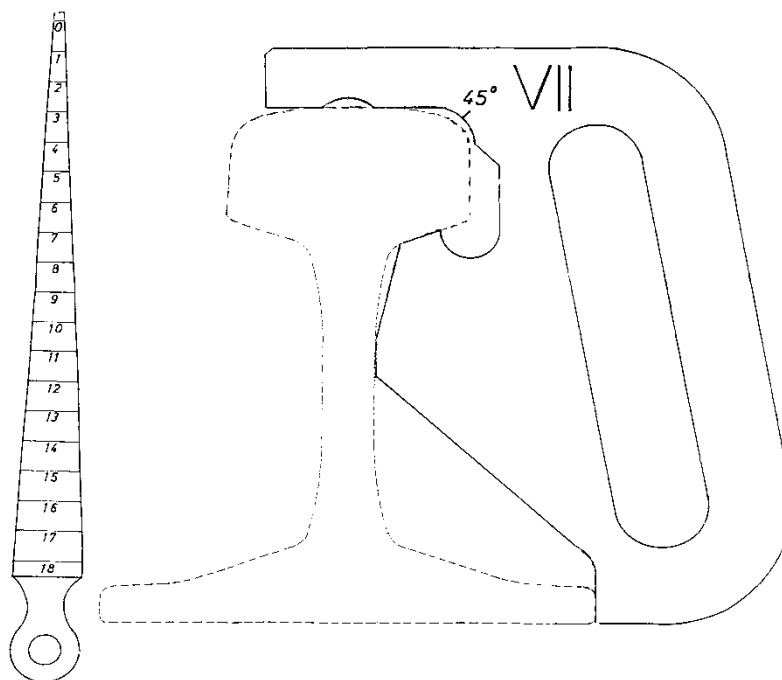
Slitage

Slidtagen kan opdeles i to hovedpunkter

- Skinneslid i skinnehovedet
- Slitage i skinnefoden efter befæstelsesdelene

Skinneslid i skinnehovedet måles med en skabelon specielt udviklet til måling af skinneslid, for at konstatere hvor stort et slid er. Skabelonen findes i udgaver til de forskellige skinner. Når man bruger skabelonen skal man være opmærksom på at denne har kontakt med skinnen på tre punkter, da man ellers kan få nogle forkerte måleresultater.

Figur 112 – Skabelon til UIC60



BN3-200

En detaljeret vejledning til benyttelse af måleskabelon og -kegle findes i Banenorm BN3-200: "Vejledning til måling af skinneslid".

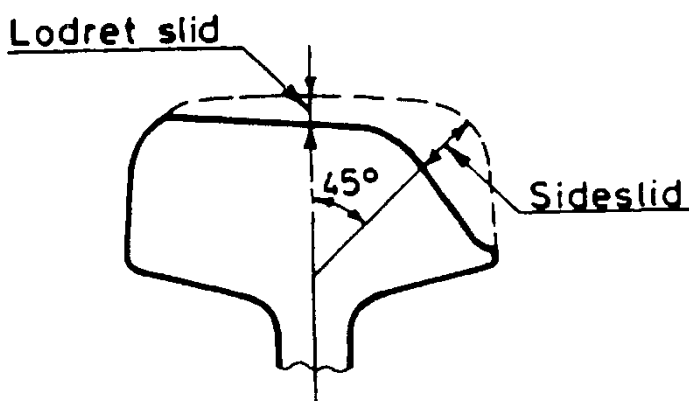
Skinnerliddet i hovedet deles op i 2 grupper:

- Lodret slid (højdeslid, 0°)
- Sideslid (diagonalslid, 45°)

Når skabelonen er placeret korrekt, måles det lodrette slid ved at føre målepinden langs SO – skinneroverkanten – ind i ”hakket” på skabelonen til målepinden ikke kan komme videre. Det tal der så fremkommer på målepinden ved skabelonen er sliddet målt i mm.

Samme fremgangsmåde bruges ved måling af sidesliddet bare ud for 45° mærket. Desværre medfører denne målemetode, at er der lodret slid over nogle få mm vil dette medføre et sideslid på omtrent samme størrelse.

Figur 113 – Måling af skinnerlidd

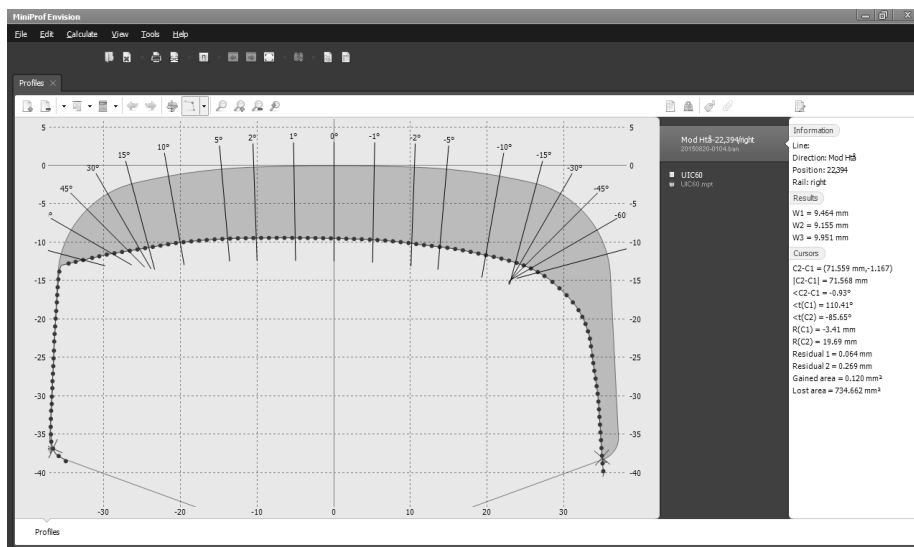


Reglerne og tolerancerne for skinnerliddet i skinnerhovedet findes i BN1-107.

Miniprof

Banedanmark er i besiddelse af et meget præcist instrument til måling af skinnerhovedets profil, kaldet Miniprof. Det bruges ved at et målehjul føres henover hovedet og nogle indbyggede sensorer måler dets vej og indlægger det ovenpå et referenceprofil. Målingen kan efterfølgende analyseres på en tablet.

Figur 114 – Miniprof analyse-software



Slid i skinnefoden

Slid i skinnefoden efter befæstelsesdelene kan ofte ses som "hakker" ind i skinnen ud for befæstelsen.

Hvis man måler sporvidden skal man sådanne steder være opmærksom på at sporvidden ofte kan give sig når der passerer tog henover. Hvis man har mistanke om at sporvidden giver sig væsentligt når der passerer tog, kan man prøve at presse skinnen ud til den får kontakt til befæstelsen og herefter måle sporvidden for at få det mest korrekte resultat.

Hvis skinnen ligger i et hoved- eller togvejsspor bør den udskiftes. Hvis sporvidden er for stor sættes der faste afstandsjern på, til skinnen kan udskiftes.

Figur 115 – Afstandsjern ved knækket to-blokveller



6.6. Rifler og bølger

Introduktion

Reglerne for rifler og bølger fremgår af BN2-47: "Rifler og bølger samt skinnelibning".

Rifler og bølger er en fællesbetegnelse for korrugering der opstår på skinner som følge af kontaktkræfterne mellem hjul og skinne. De opdeles efter deres bølgelængde, λ (lambda), se Figur 323 på side 268:

- Små rifler: $\lambda=10-30$ mm (denne kategori er ikke inkluderet i danske regler jf. BN2-47, men måles ofte alligevel, da den bruges i andre lande)
- Rifler: $\lambda=30-100$ mm
- Korte bølger: $\lambda=100-300$ mm
- Medium lange bølger: $\lambda=300-1000$ mm
- Lange bølger: $\lambda=1000-3000$ mm

Riffeldannelser fremkommer på køreflader. Det er ophøjede tværsletter med en dybde på op til 0,5 mm.

Bølgedannelser fremkommer ligeledes på køreflader, men som regelmæssige deformationer/bølger (periodiske fordybninger) i lodret retning med dybder på 1 mm eller mere.

Begge typer af fejl kan ses med det blotte øje og man kan høre fejlen som en skurren, når der passerer tog henover – man kan forestille sig at toget kører henover et gammeldags vaskebræt.

Årsag

Årsagerne til at der opstår rifler og bølger i skinnerne er ikke fuldstændig forstået. I litteraturen findes mange forsøg på at give en forklaring, og man kender således til nogle af årsagerne, men der findes ikke én endegyldig definition på hvorfor rifler og bølger opstår. Det vides at, skademekanismerne inkluderer plastisk flydning, plastisk bøjning, kontaktræthed og slid, samt at bl.a. den kemiske sammensætning af skinnestålet har betydning (f.eks. skulle et øget magnesium-carbon forhold reducere antallet af rifler, mens nitrogen øger det). Empirisk kan det fastslås, at der er større sandsynlighed for rifler og bølger hvor trafikken primært kører opad i forhold til nedad. Det er også observeret gennem de sidste årtier, at øget akseltryk, traktion og bremseevne øger tendensen til rifler og bølger. De lange bølger på over 1 m menes primært at stamme fra produktionen af skinner, da det svarer til diametere på valsetromlerne.

Figur 116 – Bølger på køreflader



6.7. Krav til skinner

Når Banedanmark køber skinner af valseværkerne, stilles der krav til kvaliteten af skinnerne efter EN13674-1, herunder:

- Rethed
- Legering
- Overfladefejl (må ikke være dybere end ca. 0,35 mm)
- Slidstyrke
- Trækstyrke
- Hårdhedsgrad

Disse egenskaber testes på nogle af skinnerne ved en lang række af tekniske og kemiske prøver.

Når man har modtaget nye skinner og opdager fejl i dem, det være sig valsefejl, revner, direkte brud, slagmærker o.l. må de ikke lægges i sporet. Man skal kontakte indkøberen med henblik på en ombytning af disse skinner.

Hvis skinnerne er lagt i sporet, og der kort tid efter opstår fejl i dem, som ikke kan henføres til vores egen behandling af skinnerne, så skal man ligeledes kontakte indkøberen.

6.8. Svejsning af skinner

Indledning

Som det omtales i kapitel 9 (side 171) er stort set alt spor i dag såkaldt langskinnespør, hvor skinnerne er sat sammen i principielt uendelig længde. Metoden der benyttes til denne sammensætning er forskellige svejsemetoder. Derudover benyttes svejsning også til forskellige vedligeholdelsesarbejder hvor skinnenhovedets profil reparerer med pålægsvejsning.

I både lasket spor og langskinnespør skal stødsvejsning udføres med enten aluminotermisk svejsning eller brandstuksvejsning.

Specielle forhold ved svejsning af skinnestål

Ved svejsning i skinner er det vigtigt at være opmærksom på følgende forhold som er specielle for skinnestål i forhold til andet stål:

- Skinneståls meget høje indhold af kulstof og mangan øger hærdebidøjeligheden og begrænser svejsbarheden. De meget store temperaturvariationer fra svejseprocessen påvirker bl.a. de metallurgiske strukturer og egenskaber i både det opsmeltede svejsemetal og i det omkringliggende varmpåvirkede skinneområde, hvor temperaturen har været over 600 °C. I nogle områder omkring en sporsvejsning vil de mekaniske egenskaber derfor være forringet.
- Ved svejsning og flammeskæring af skinnestål er der risiko for hærkning og dermed følgende forsprødningsrisiko med forhøjet risiko for skinnebrud. Hærkning af stålet kan normalt påvirkes positivt ved at dæmpe afkølingshastigheden på flere måder, f.eks. ved at sikre tilstrækkelig varmetilførelse, forhøje arbejdstemperaturen (forvarme og mellemtemperatur), isolerer svejsestedet efter svejsning eller tilføje eftervarme.
- På hver side af specielt en aluminotermisk svejsning vil der være en varmpåvirket zone, hvor styrkeegenskaberne er svækket. Størrelsen af disse zoner skal begrænses gennem anvendelse af godkendte svejseprocedurer.
- Fejlfrie svejsninger findes ikke, på grund af processens natur med meget høje varmegrader. I en svejsning kan der være risiko for større fejl som udrivninger, porer, indeslutninger, bindingsfejl, størkningsfejl, kærvedannelse, revner, geometriske fejl m.fl.
- De store temperaturvariationer i og omkring et svejsested medfører deformationer og krympninger. Samtidig stilles der af hensyn til kørekomfort og vedligeholdelsen høje krav til den resulterende geometriske rethed af skinnesvejsninger.
- Svejsning er en proces, hvor der kun er begrænsede muligheder for at kontrollere kvaliteten efter udførelsen i sporet. Nogle fejltyper kan detekteres med ikke-destruktive kontrolmetoder, som eksempelvis ved ultralydsmåling eller hårdhedsmåling. Andre kan kun undersøges ved destruktiv prøvning - dvs. hvor svejsningen typisk må udskæres og herefter udsættes for nærmere undersøgelse.

For at imødekomme ovennævnte problemområder kræver svejsning af skinner og andre sporkomponenter specielle godkendte teknikker og procedurer, og arbejdsopgaverne må kun udføres af særlig uddannet og godkendt svejsepersonale.

Svejsemetoder

Svejsning i skinner foregår primært til et af følgende formål:

- Sammensætning af skinner ved én af følgende typer stødsvejsning:
 - Formsvejsning
 - Aluminotermisk svejsning (thermitsvejsning)
 - Brandstuksvejsning
- Vedligehold af skinner ved pålægssvejsning

Formsvejsning

Formsvejsning med elektroder må ikke anvendes i hovedspor med mindre pladsforholdene umuliggør brugen af aluminotermisk svejsning – i så fald skal der indhentes tilladelse fra driftsområdets svejseansvarlige.

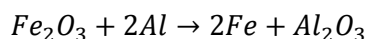
Aluminotermisk svejsning

Aluminotermisk svejsning, der oprindeligt blev betegnet, og stadig omtales som thermitsvejsning, er en speciel svejsemetode, som også kan betragtes som en støbeprocess, der er specielt udviklet til stødsvejsning af skinner.

Aluminotermiske svejsemetoder og fabrikater skal være godkendte i henhold til EN14730.

Svejsning foregår ved brug af en aluminotermisk reaktion, hvor de to skinneender anbringes i en form der omkredser skinneprofilerne og et mellemrum mellem skinnerne. Efter forvarmning med en gasart, anbringes en beholder med svejsemasse ovenpå formen, som antændes og derved smelter ned i formen og mellemrummet mellem skinnerne og svejser disse sammen. Efterfølgende fjernes overskydende svejsemasse og svejsningen slibes til en rethed på 0,3 mm over en 1 m lineal.

Den aluminotermiske reaktion for stål er som følger:



Det er en eksotermisk kemisk reaktion (udskiller varme) som bruger aluminium for reducerende forbindelse sammen med jernoxid til at skabe rent jern (som er det der er tilbage når svejsningen er færdig).

Metoden kan således nemt udføres for nogle enkelte svejsninger, og er den primære metode der benyttes i vedligehold og mindre fornyelsesarbejder. Ved større mængder svejsninger indenfor et begrænset område vil den dog være meget tidskrævende i forhold til brandstuksvejsning.

Brandstuksvejsning

Brandstuksvejsning (flash butt welding) er en type modstandssvejsning hvor der ikke benyttes andet materiale end skinnerne der skal svejses sammen. Metoden foregår med en stor skinnekørende maskine, og er derfor kun velegnet såfremt der er en stor mængde svejsninger der skal laves samtidigt. I anlæg- og fornyelsesprojekter med mere end 100 stødsvejsninger skal der anvendes mobil brandstuksvejsning med mindre andet er aftalt med Bandedanmark.

Ved brandstuksvejsning anbringes hver af de to skinneender op mod hver sin elektrode, som igen er forbundet til den sekundære side af en transformator. Derefter trækkes skinneenderne langsomt mod hinanden indtil de lige nøjagtig rører hinanden, hvorved der opnås elektrisk forbindelse. Elektriciteten har meget lav spænding (4-20 V), men meget stor strømstyrke på titusindvis af ampere, hvormed der opstår kraftig opvarmning og smeltning af skinneenderne når de rører hinanden. Det smeltede stål frigøres med det samme som følge af dets egen termiske ekspansion, som kan ses som gnister der springer fra. Igennem denne proces øges temperaturen af skinneenderne indtil der nås ca. 1250 °C som er den korrekte smedetemperatur for stålet. Derefter trykkes skinneenderne hurtigt mod hinanden med en kraft svarende til at der opnås en spænding på ca. 90 MPa, således at resterende flydende stål fjernes og stålet svejses sammen.

Figur 117 – Mobil brandstuksvejsmaskine



Pålægssvejsning

Pålægssvejsning udføres for at genetablere et ønsket profil på slidte spor-komponenter ved påsvejsning af svejsmetal med manuel eller automatiseret lysbuesvejsning.

6.9. Håndtering af skinner

Når skinner henlægges skal de så vidt muligt støttes hele vejen hen og stå på foden. Hvis de skal stables skal det ske på et solidt vandret leje, med understøtning 2,5 m fra skinneenden og midterunderstøtninger med lige store afstande, dog ikke over 10 m.

Skinner skal aflæsses på en af følgende måder: a) Med kran med min. 3 m og maks. 10 m mellem min. 2 løftepunkter samt min. 2,5 m og maks. 5 m udhæng b) ved enkeltvis nedføring sideværts på skråtstillede ledeskinner eller c) ved aftrækning enkeltvis på langs ud over enden af vognen, hvor de løftes eller fires ned af sliske.

Skinnerne må ikke anbringes hvilende på hinanden, henligge i grøfter og i længere tid ligge med skarpe kurver eller knæk, da det kan give deformationer.

Overskæring skal udføres med skinneskæremaskine.

Boring i skinner bør begrænses så meget som muligt, da skinnerne bliver svage de steder, hvor der er huller.

Overgangsskinne er en sammensvejsning af to skinnetyper.

Overgangsskinner er skinner der bruges hvor f.eks. et 45E2 spor støder op til et 60E2 spor.

Hvor hastigheden er under 120 km/t er det tilladt at bruge en stedsfremstillet bred overgangsvejsning på maksimum 50 mm mellem to forskellige skinneprofiler.

Figur 118 – Overgangsskinne mellem 60E2-45E2 på Københavns Hovedbanegård i forbindelse med perrontunnel



6.10. Inspektion af skinner

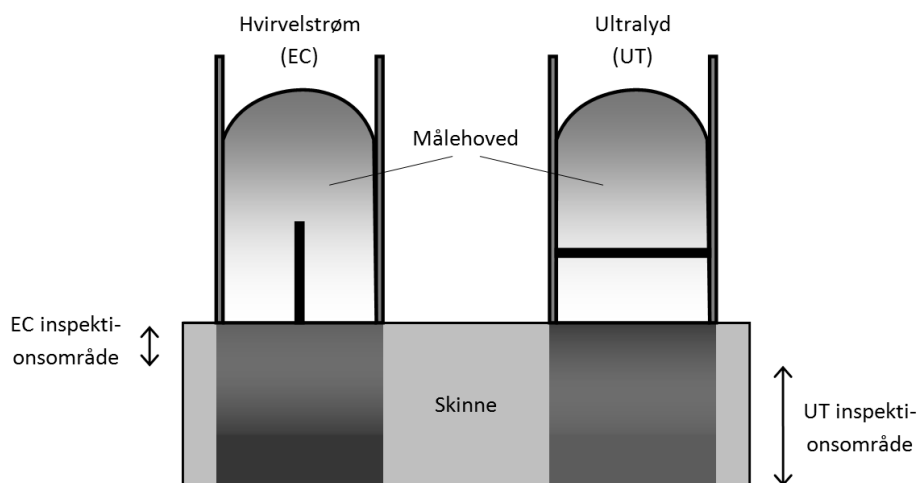
Introduktion

Nogle skinnefejl er nærmest umulige at overse med det blotte øje, andre kan konstateres hvis der ses godt efter, og andre igen er kun interne og dermed ikke mulige at se uden at skære skinnen i stykker. Endvidere er det ikke muligt ved visuel inspektion at afgøre noget objektivt omkring dybden af fejlene og dermed hvor alvorlige de er. Det er derfor nødvendigt med en målemetode hvormed der dels kan konstateres om der er interne fejl i skinnerne og dels hvor store/dybe de forskellige fejl er.

Til dette formål har man gennem længere tid benyttet ultralydsmålinger af skinner, og siden 2008 er Banedanmark også begyndt at benytte hvirvelstrømsmålinger (eddy current). Disse to teknologier komplimenterer hinanden særdeles godt, da ultralydsmålinger ikke giver retvisende målinger indenfor de første ca. 3 mm af skinneoverfladen. Hvirvelstrøm derimod kan kun bruges til de første ca. 3 mm fra skinneoverfladen.

Figur 119 – Måleområde for hhv. hvirvelstrøms- og ultralydsmåling

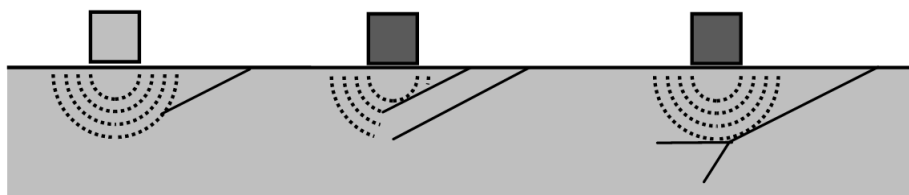
Forkortelserne EC=Eddy Current (hvirvelstrøm) & UT=Ultrasonic Testing anvendes også internationalt



Ultralydsmåling

Ultralydsmåling foregår ved, at der sendes lydbølger med meget høj frekvens ind i skinnerne (et apparat som Banedanmark bruger kan udsende 0,1-18 MHz, men skinnelydhovederne ligger på 2-4 MHz) og måle tiden for hvor lang tid det tager før der kommer en refleksion tilbage, som direkte kan omregnes til en afstand (samme princip som radar, sonar mv.). Ved at måle fra forskellige vinkler (typisk $\pm 0^\circ$, $\pm 35^\circ$ og $\pm 70^\circ$ fra skinnens centerlinje) kan der dannes et billede af revner og andre fejl i skinnen. Det er imidlertid kun muligt at måle den første revne som hver bølge støder på, da disse revner vil skygge for andre revner der ligger længere nede, som illustreret på Figur 120.

Figur 120 – Skyggevirkning ved ultralydsmåling



Hvirvelstrømsmåling

En hvirvelstrømsmåler bruger elektromagnetisk induktion til at detektere fejl i elektrisk ledende materialer. Den har to spoler, hvor den ene af spolerne genererer vekselstrøm i det materiale der skal undersøges for fejl. Dette resulterer i et varierende magnetisk felt i genstanden, hvilket medfører en hvirvelstrøm, som kan detekteres af den anden spole ved at måle variationer af de elektrisk ledende evner af materialet, den såkaldte magnetiske permeabilitet.

Ultralyds- og hvirvelstrøms-måletog

Til at screene netværket for skinnefejl benyttes en kombineret ultralyds- og hvirvelstrømsmåletog. Da ultralydshovederne skal have kontakt med skinnen gennem et kontaktmiddel (typisk vand eller en type gel) kan der typisk ikke køres hurtigere end ca. 40 km/t.

Reglerne og måleintervallerne for ultralydskørsel findes i BN1-107: "Skinner, eftersyn og tilstand". Intervallet hvormed der måles varierer mellem 0,25-1,00 gange pr. år afhængig af hastighed og bruttotonsbelastning. Det svarer til at omtrent 2/3 af netværket pr. 2016 måles hvert år.

Figur 121 – Ultralyds- og hvirvelstrømsmåletog, Eurail-scout UST02



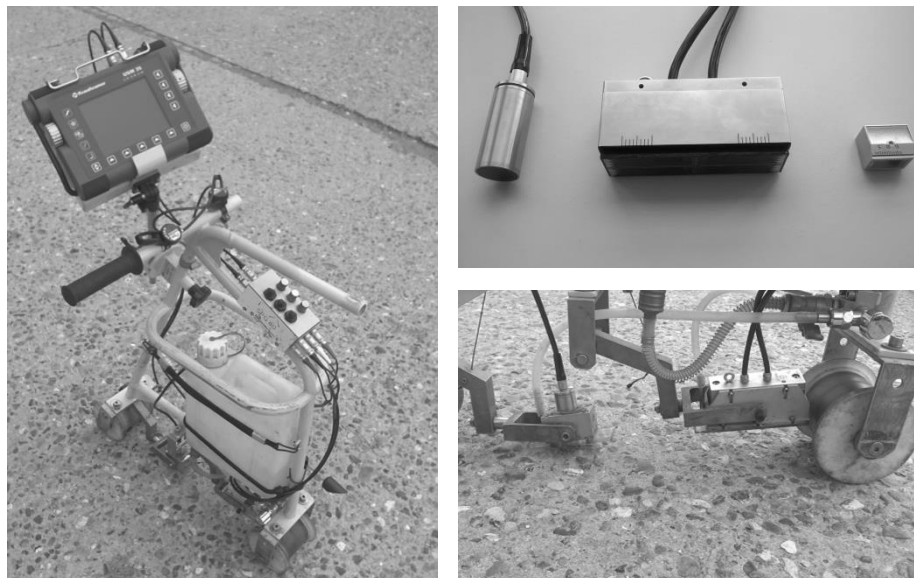
Figur 122 – Ultralyds-måleinstrument monteret på målevogn med slanger til påføring af kontaktmiddel (vand)



Verifikation af fejl

Grundet måletogets relativt store hastighed, i forhold til måleteknologien, anses resultaterne ikke som værende nøjagtige, men kun en indikation af at der er en fejl. Placeringer der mistænkes for at have fejl kaldes suspects. Før disse bliver til fejl skal de verificeres med manuelt ultralydsmåleudstyr, som foregår ved en meget lavere hastighed.

Figur 123 – Manuelt ultralyds-måleudstyr samt ultralydshoved og detalje af den del der har kontakt med skinnen



Fejlgrupper

Hvis der findes fejl kategoriseres de ud fra type og størrelse i følgende fejlklasser:

- Fejlklasse 0: Kritiske fejl, som kan udgøre en umiddelbar fare for skinnebrud.
- Fejlklasse 1: Fejl, som udgør en fare for skinnebrud i forbindelse med store temperaturvariationer
- Fejlklasse 2: Fejl, som kan udgøre en fare for skinnebrud ved stor trafikbelastning
- Fejlgruppe 3: Fejl, som udvikler sig meget langsomt og som ikke umiddelbart medfører risiko for skinnebrud.

Fejlgruppe 0 reageres der på med det samme, med en hastighedsreduktion til 80 km/t og fejludbedring indenfor 3 uger. Fejlgruppe 1 fejl udbedres inden vinteren indtræffer, hvilket iflg. normen pr. definition er d. 16/11. De øvrige fejlgrupper overvåges ved genmålinger med fastsatte intervaller.

6.11. Vedligehold af skinner

Introduktion

Hvis der opstår rifler og bølger eller skinnefejl af forskellig art er det, afhængig af type og størrelse, muligt at reducere eller fjerne fejlene uden helt at skulle udskifte skinnen, ved at fjerne noget af skinnens overflade. Afhængig af hvor meget materiale der skal fjernes samt hvad formålet er med slibningen, findes der forskellige metoder:

- Konventionel skinneslibning af hhv. spor og sporskifter
- Højhastighedsslibning
- Skinnefræsning
- Skinnehøvling

Regler for skinneslibning findes i BN2-47: "Rifler og bølger samt skinneslibning".

Generelt om skinneslibning

Formålet med skinneslibning er primært at forebygge, fjerne eller udskyde udbredelsen af fejl i skinner. Skinneslibning gennemføres endvidere til sikring af optimal hjul-skinne kontakt. Skinneslibning har en positiv miljøeffekt, idet velslebne skinner nedbringer støjgenerne.

Der skal foretages skinneslibning som følge af nedenstående:

- Præventiv slibning af nye/recoverede skinner.
- Vedligeholdelsesslibning på grund af rifler og bølger.
- Vedligeholdelsesslibning på grund af udmattelsesfejl i skinner.
- Vedligeholdelsesslibning på grund af deformeret skinneprofil.
- Udbedring af snæver sporvidde.

På steder, hvor der er udført sporombygning, skal foretages en præventiv/forebyggende slibning af nye/recoverede skinner, da dette erfaringsmæssigt er økonomisk fordelagtigt set over hele skinnernes levetid. Ved den præventive slibning fjernes valsehud/glødeskaller samt små bølgedannelser på skinnehovedet. Endvidere fjernes ujævnheder omkring svejsninger tillige med at skinneprofilet forbedres.

En af de væsentligste årsager til iværksættelse af vedligeholdelsesslibning for adskillige jernbaneforvaltninger er eksistensen af rifler og korte bølger. Den letteste dokumenterbare effekt af rifler og korte bølger er støj. Selv relativt små dybder af rifler og korte bølger på 0,05-0,10 mm, giver ved togpassage anledning til en forøgelse af støjniveauet med op til 10 dB, der subjektivt opleves som en fordobling af støjen. Når der forefindes rifler og korte bølger, vil skinneprofilet ofte være deformeret, hvilket i kombination med et øget støjniveau i toget giver anledning til en reduceret kørselskomfort.

Rifler og bølger giver derudover anledning til u hensigtsmæssige store dynamiske påvirkninger og vibrationer i sporkonstruktionen, der fører til et behov for hyppigere sporjustering og en reduceret levetid af både skinner, sveller og ballast.

Udmattelsesfejl i skinner forekommer typisk på strækninger, der befares af tog med høj aksellast, høj hastighed og stor traktion, men disse kan også forekomme i kurver på strækninger med moderat aksellast, hvor skinnerne

er velsmurte, og der passerer mange tog. Udmattelsesfejl stammer fra et træt lag af metal nær skinnehovedets overflade. Når skinnesliddet er lille, vil metallet forblive forholdsvis længe på skinnen. Dette kombineret med uhenigtsmæssigt store kontaktpændinger mellem hjul og skinner kan føre til, at udmattelsesgrænsen nås.

Udmattelsesfejl i skinner kan forebygges ved fjernelse af metal på skinnehovedet inden udmattelsesgrænsen bliver nået. Dette kan ske ved en forebyggende og hyppig skinneslibningsindsats, hvor der fjernes små mængder metal hver gang. I visse tilfælde kan skinneslibning endvidere anvendes til at udbedre udmattelsesfejl.

Skinnens tværprofil spiller en vigtig rolle for kontakten mellem hjul og skinner. Et ikke korrekt skinne- eller hjulprofil kan forårsage uhenigtsmæssigt store overflade- og indre spændinger, der kan resultere i udmattelsesfejl i skinner og hjul. Skinnens tværprofil er ligeledes af afgørende betydning for togets kørsel i sporet både på ret spor og i kurver.

Et fladt skinneprofil eller snæver sporvidde vil ofte give anledning til en høj ækvivalent konicitet. Den ækvivalente konicitet bør holdes inden for visse grænser, da der ellers kan opstå uhenigtsmæssige gentagne periodiske bevægelser af hjulsættet som f.eks. hunting eller sinusløb. Sådanne periodiske bevægelser, der typisk kan opstå på ret spor og i kurver med relativt store radier, kan give anledning til periodiske skader på skinnerne, der vanskeliggør eller endda umuliggør opretholdelsen af en tilfredsstillende sporkvalitet.

I kurver med mindre radier er det en fordel, såfremt hjulsættet i størst muligt omfang kan styre gennem kurven via en forskel i rulleradius mellem de to hjul. Herved reduceres hjulslippet. Skinneprofilen har i den henseende en betydning med henblik på, at undgå et unødigt stort slid på hjul og skinner og kan reducere støj i kurver.

Konventionel skinneslibning

En konventionel skinneslibning foretages enten med roterende eller oscillerende slibesten, hvoraf førstnævnte er den absolut primære type. Den oscillerende er den mest simple metode, som kan sammenlignes med en ryste-pudser, da slibestenen kører frem og tilbage henover skinnens overflade, samtidig med at toget kører frem ad. Metoden med roterende slibesten er mere avanceret, da hver eneste sten kan indstilles til lige præcis den vinkel der ønskes, og det derfor er muligt at opnå et bestemt skinneprofil. Det er kun metoden med roterende sten der anvendes ved Banedanmark, og som omtales i det følgende.

Et slibetog har normalt mellem 16-96 roterende slibesten som kan indstilles i forskellige vinkler. Hver slibesten har en diameter på 130-260 mm og er lavet af korund (krystallisk aluminiumoxid Al_2O_3 legeret med små mængder af jern, titan og chrom). Efter flere passager (kørsel frem og tilbage henover den samme strækning) med stenene i forskellige positioner kan skinnehovedet reprofileres til et ønsket profil, typisk et 60E2 referenceprofil.

Som udgangspunkt er det muligt at slibe i et interval mellem $+70^\circ$ - -6° , hvor '+' grader referer til vinklen mellem skinnens centerlinje ind mod sporets

midte, mens '°' referer til vinklen ud fra sporets centerlinje. På denne måde kan der opnås et hvilket som helst profil der ønskes f.eks. genskabelse af et optimalt skinneprofil hvis der i forvejen er stort højde- og/eller sideslid. Hvis der skal slibes for langbølgede fejl kan stenene vinkles så de kun sliber i ét plan svarende til den oscillerende metode.

På en enkelt passage afslibes der op til 200 µm (0,2 mm) (hvilket kan styres meget præcist med farten af slibetoget, der typisk er imellem 3-7,5 km/t (des langsommere der slibes des mere materiale fjernes der). Endvidere er det muligt at regulere trykket på slibestenene og påsætte slibesten af forskellige grovheder (kornstørrelser).

Som nævnt er det muligt for slibestenene at pivotere omkring skinnens tværsnit således at det er muligt præcist at opnå det ønskede skinnets tværsnit. Det kan vælges om slibestenene frit skal pivotere langs skinnens længde eller låses fast i bestemte positioner (f.eks. i et vandret plan).

Den ulåste position bruges til at fjerne rifler og korte bølger, mens den låste position bruges til lange bølger. Den høje ydelse i forhold til den oscillerende metode har dog den pris at der kommer mange gnister, som der skal tages højde for hvis der er brandbart materiale i nærheden som f.eks. træsveller, løvfald og lignende.

I de mest moderne slibetog styres slibningen af en computer, så der altid opnås optimal tryk på slibestenene, og deraf kan antallet af passager optimeres.

Figur 124 – Forskellige slibesten til roterende slibning samt højhastighedsslibning



Figur 125 – Slibetog, Speno RPS-32, med 32 roterende slibesten



Figur 126 – Roterende slibetog i drift



Sporskifteslibning

Til konventionel slibning af sporskifter kan der ikke anvendes det samme slibetog som til spor, da de store slibesten ikke passer ind mellem de små mellemrum der er i et sporskiftes krydsningsparti (dog kan det ikke slibe selve krydsningen). I stedet anvendes et mindre sporskifte-slibetog der typisk kun har 16 sten, og hvor stenene er mindre og/eller tyndere end på et strækningsslibetog.

Figur 127 – Sporskifte-slibesten (mf+th) sammenlignet med strækningsslibesten (tv)



Højhastighedsslibning

Hvis der kun er meget små fejl i skinnerne og der ikke er behov for at reprofilere skinnehovedet, er højhastighedsslibning et alternativ til konventionel slibning.

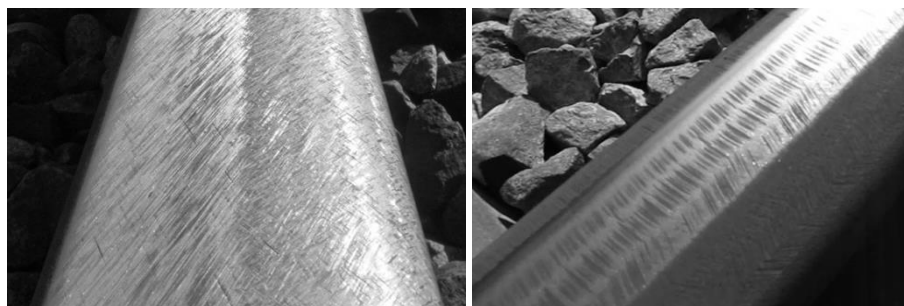
Metoden er meget anderledes end konventionel slibning, idet der bruges meget mindre slibesten som pivoterer passivt omkring skinnen – der bruges ikke motorer til at få dem til at dreje, i stedet aktiveres de af friktionen mellem skinne og slibesten. Mængden af materialejernelse er derfor meget lille (ca. 0,05 mm pr. passage) og skinnen beholder det profil som den havde før slibningen påbegyndte. Endvidere gennemføres slibningen, som navnet siger, med stor hastighed på op til 80 km/t (konventionel slibning er omkring 6 km/t), som giver den store fordel at der kan køres i blandet trafik i stedet for en sporspærring.

Dermed egner metoden sig særdeles godt til såkaldt *præventiv* slibning og *akustisk* slibning.

Præventiv slibning foretages ud fra den teori, at skinneoverfladefejl starter som meget små revner i et meget sprødt lag der er i de øverste få mikrometer af overfladen. Efterhånden som der kører trafik henover udvikler de sig først meget langsomt indtil de når en vis størrelse, hvorefter fejludviklingen går hurtigere og hurtigere (eksponentiel udvikling). Ved konventionel slibning ventes der ind til fejlene har fået en målbar størrelse hvorefter der fjernes 0,5-1,5 mm af skinnen og processen starter forfra. Ved præventiv slibning køres i stedet for med fastsatte intervaller og få passager, hvormed fejlene fjernes før de for alvor er begyndt at udvikle sig. Da der ikke fjernes ret meget hver gang (0,1-0,2 mm) kan der opnås en forlængelse af skinnens levetid og dermed reducerede livscyklusomkostninger (LCC).

Akustisk slibning udføres for at fjerne støjgener. Ved konventionel slibning efterlades slibemærker på skinnen, som indtil der er passeret trafik nok til at de er slebet naturligt væk, kan give en højfrekvent hyletone når tog kører henover, som kan være til stor gene for naboerne. Højhastighedsslibning giver en masse meget små slibemærker som går på kryds og tværs af skinnehovedet og derfor ikke giver anledning til støj.

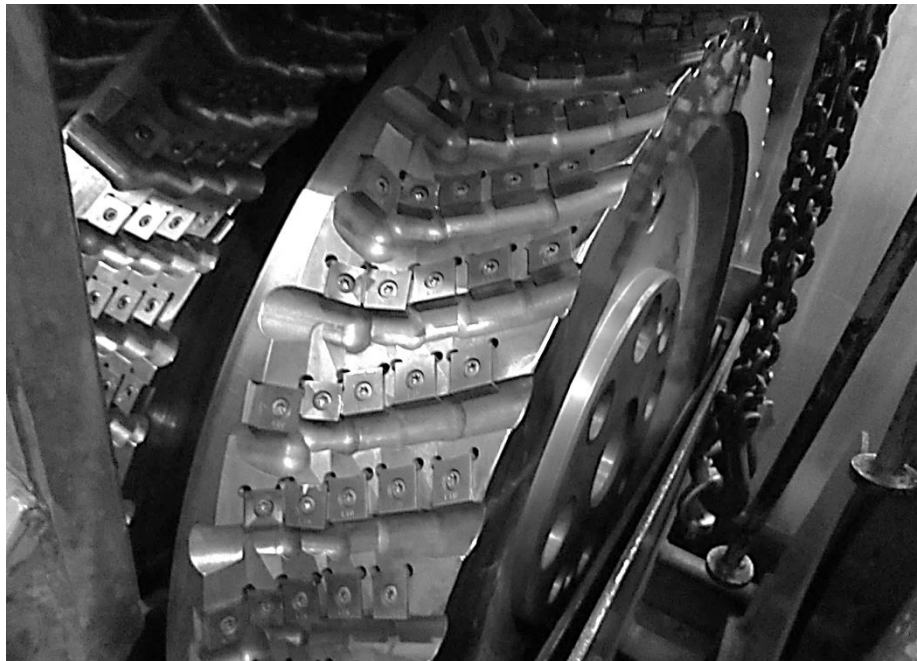
Figur 128 – Slibemærker fra hhv. højhastighedsslibning (tv) og konventionel slibning (th)



Skinnefræsning

En skinnefræser er i stand til at fjerne en stor mængde metal hurtigere end en sliber, det vil sige op til 1,5 mm (1500 μm) pr. passage, da selve slibehovedet ikke er en slibesten, men i stedet et sæt "tænder" der flår materiale af skinnen. Ved fræsning reprofileres skinnen til det profil som fræsehjulet er konfigureret til, hvilket typisk er et 60E1 eller 60E2 referenceprofil.

Figur 129 – Fræsehoved



Af samme årsag bruges skinnefræsere ofte i sammenhæng med dybe skinnefejl f.eks. skinnepletter eller head checks. Hvor et slibetog, som beskrevet, "producerer" meget små metalpartikler der ligner støv, "producerer" fræsetoget i stedet spåner der er noget større. Af denne grund er metoden ikke helt lige så præcis som slibning, da tolerancen ligger på ca. 30 μm . Der kommer ikke gnister, så brandfaren bliver reduceret. Derudover fungerer maskinen i det store hele som et slibetog med roterende sten. Efter at skinnen er blevet fræset vil skinnen være forholdsvis ru, idet fræsehjulet har skrabet materiale af skinnenhovedet som små spåner. Derfor foretages der en slibning af skinnen. Moderne skinnefræsemaskiner har enten et slibehjul indbygget, som benyttes umiddelbart efter fræsehjulene, eller en påhængsvogn med et slibebånd og dermed efterlader skinnen glat og klar til brug.

Figur 130 – Skinnefræsere med to fræsehjul og et slibehjul (til hver skinnestreg) i drift



Skinnehøvl

Ved særdeles dybe skader i skinnerne kan der, i stedet for at skulle køre frem og tilbage med en fræser mange gange (eller en sliber endnu flere gange), bruges en skinnehøvl, der – ligesom en træ-høvl – tager rigtig godt fat. På et høvle-tog er der én høvleenhed til hver skinnestreng, som styres ved hjælp af rullelejer både horisontalt og vertikalt, og som bliver presset ned mod skinnerne hydraulisk. Metalfjernelsen er op til 3 mm pr. passage.

Den mest almindelige anvendelse af en skinnehøvl er dog ikke til fjernelse af dybe skinnefejl, men til udbedring af snæver sporvidde (se høvlet skinneprofil på Figur 114 på side 107). Som beskrevet i afsnit 13.9 på side 253 blev to-bloksveller indtil 1983 fremstillet med sporvidde 1432 mm, og den teori man havde på daværende tidspunkt om at de ville give sig pga. belastningen holdt ikke stik. Indgrebsgrænsen for maks-fejl for snæver sporvidde ligger 7-9 mm under standardsporvidden på 1435 mm, og med 3 mm reduktion i konstruktionsdesignet skal der ikke meget til før der opstår en meget stor mængde maks-fejl på sådanne strækninger. Derfor har Banedanmark valgt i mange tilfælde at høvle nogle millimeter af indersiden af begge skinnestrenge og dermed øge sporvidden.

Figur 131 – Skinnehøvl



7. Befæstelsesdele

7.1. GENERELT.....	126
7.2. BEFÆSTELSESEDELE TIL DE FIRE OVERBYGNINGSTYPER.....	127
7.3. TEKNISKE BETINGELSER FOR BEFÆSTELSESEDELE (KOMponenter).....	130
7.4. ÆLDRE OVERBYGNINGSTYPER.....	131
7.4.1. Overbygning A.....	131
7.4.2. Overbygning B.....	132
7.4.3. Overbygning C.....	134
7.5. OVERBYGNING BT.....	136
7.6. OVERBYGNING CR / CF.....	138
7.6.1. Overbygning Cr.....	138
7.6.2. Overbygning Cf.....	140
7.7. OVERBYGNING DT.....	141
7.8. OVERBYGNING DB (DBG, DBR, DBS).....	144
7.9. OVERBYGNING DBN.....	148
7.10. OVERBYGNING DM.....	150
7.11. OVERBYGNING DMP.....	152
7.12. BEFÆSTELSESEDELE TIL SPORSKIFTE OVERBYGNING DSB45 CR OG UIC60 CR.....	153
7.13. BEFÆSTELSESEDELE TIL SPORSKIFTE OVERBYGNING DSB45 CF OG UIC60 CF.....	159
7.14. BEFÆSTELSESEDELE TIL SPORSKIFTE OVERBYGNING UIC60 CFB.....	161
7.15. SKEMA BEFÆSTELSESEDELE.....	163

7.1. Generelt

Introduktion

Befæstelsesdele er de spormaterialer, der anvendes til at fastholde skinnerne til svelle eller andet underlag.

Befæstelsesdelene er blevet ændret løbende som en del af udviklingen i overbygningen.

Siden spigeret i overbygning A blev erstattet af svelleskruer har svelleskruer og bolte været de gennemgående elementer i DSB's overbygninger indtil 1999 hvor Fastclip blev introduceret på S99-svellen og senere videreført på S16-svellen.

Tidligere kunne arbejdet omkring befæstelse i stor udstrækning udføres udelukkende med skruemaskiner. Med indførelse af Fastclip skal der suppleres med en klipsemaskine, som findes både i en manuel udgave og som automatiske som selvstændigt værktøj eller indbygget på maskiner. Som overbygningen har udviklet sig er der kommet flere komponenter til og komponenterne er ikke længere kun fremstillet af traditionelt stål.

Nu anvendes dyvler, klemplader og vinkelføringsplader af nylon.

Klemplader mm af fjederstål, mellemlægsplader af gummi, korkgummi og EVA-plast.

Specielt inden for underlagsplader foregår der en del forskning og udvikling, dels i udformningen af mellemlægspladerne, men også af selve materialet.

Det er specielt den dobbeltelastiske befæstelse, der har medført indførelse af nye materialer.

I det næste underafsnit oplyses samtlige befæstelsesdele til hver af de fire befæstelsestyper samt til sporskifter, dog ekskl. komponenterne til S16-svellen, der ikke var tilgængelig ved bogens udgivelse.

De øvrige afsnit her i kapitel 7 er en detaljeret gennemgang af overbygningstyper og befæstelsesdele.

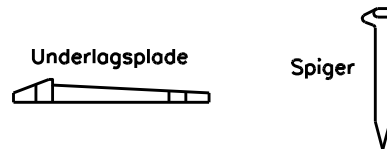
Figur 132 – Oversigt over brugte overbygningstyper på hoved- og togvejsspor medio 2016 fordelt på sportype [km]

Overbygning	Hovedspor	Togvejsspor	Sidespor	Total
A				0
B		1	10	11
Bt	6	8	72	86
C			5	6
Cf	1	6	3	10
Cr	3	14	21	38
Db	278	56		334
Dbn	472	110	2	583
Dm	585	201	65	851
Dmp	882	312	21	1215
Dt	76	26	31	133
Fast befæstelse	3		5	8

7.2. Befæstelsesdele til de fire overbygningstyper

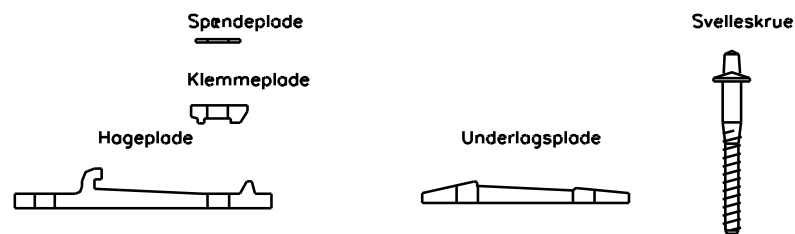
- Til type A
- Spiger
 - Underlagsplader

Figur 133 – Dele til type A



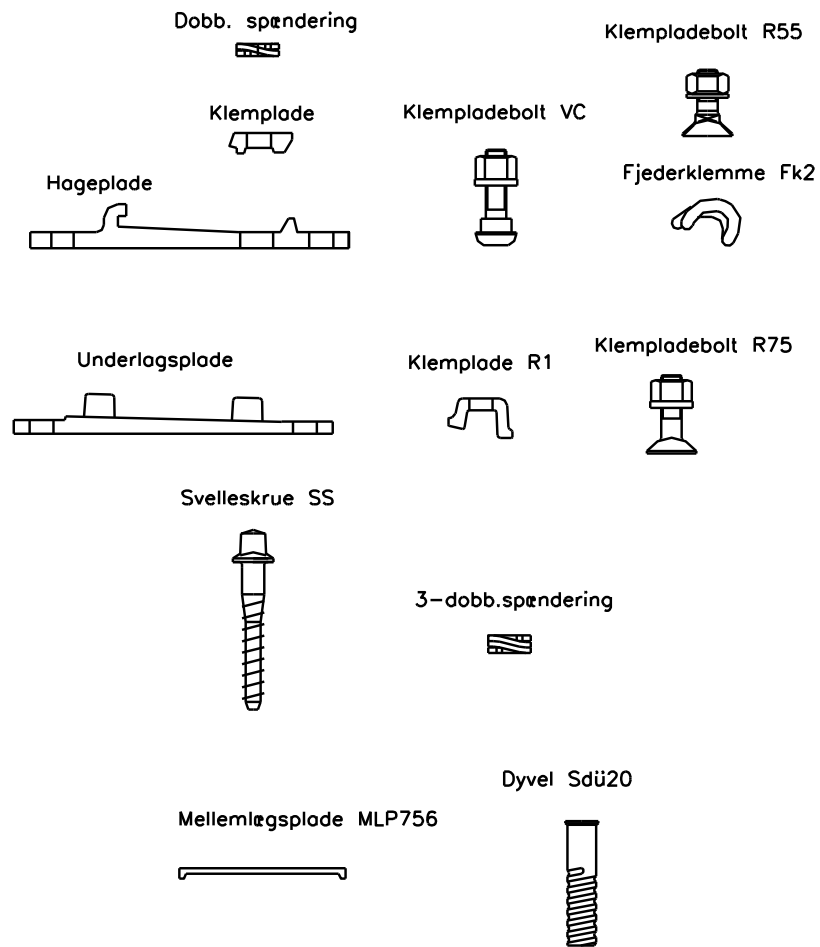
- Til type B
- Svelleskruer
 - Underlagsplader
 - Hagebolte
 - Hageplader

Figur 134 – Dele til type B



- Til type C
- Svelleskruer
 - Spænderinge
 - Dyvler
 - Hageplader
 - Ribbeunderlagsplader
 - Mellemlægsplader
 - Klemplader
 - Klempladebolte
 - Fjederklemmer

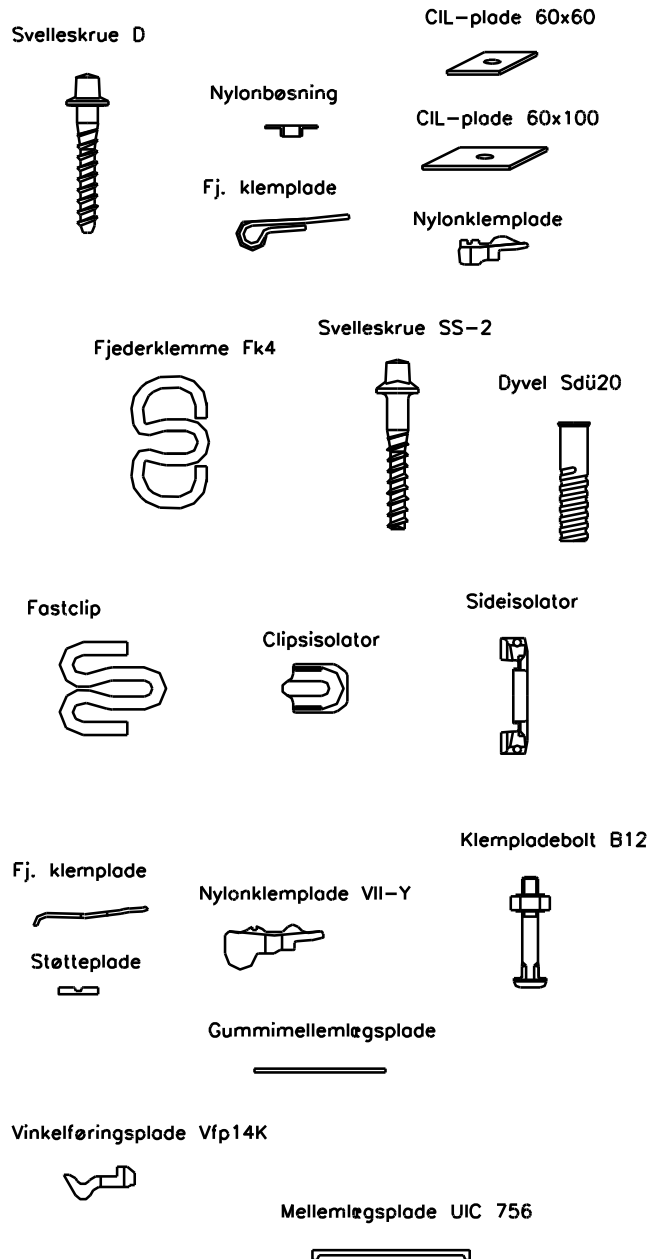
Figur 135 – Dele til type C



Til type D

- Svelleskruer
- Spænderinge
- Dyvler
- Fjedrende klemplader herunder CIL-plader
- Støtteplader
- B-bolte
- Nylonklemplader
- Vinkelføringsplader
- Fjederklemmer
- Mellemlægsplader
- Fastclip
- Clipisolator
- Sideisolator

Figur 136 – Dele til type D



Til sporskifter

- Tværbolte
- Mellemlodser
- Spændeplader
- Fjederbøjler
- Bladfjeder
- Klemplader
- Støttelasker
- Klempladebolte
- Fjederklemmer
- Svelleskrue
- Spænderinge
- Dyvler
- Mellemlægsplader

7.3. Tekniske betingelser for befæstelsesdele (komponenter)

De tekniske betingelser beskriver de enkelte befæstelsesdele. Hvordan de skal se ud og hvordan de skal fremstilles.

Der bliver udformet krav, specifikationer og tegninger som beskriver den enkelte del til den mindste detalje. For at opnå det bedste resultat produkt- og sikkerhedsmæssigt.

Der bliver beskrevet hvilket materiale der skal anvendes, hvordan det skal udformes og hvilke former for belastningsprøver komponenten skal udsættes for.

De tekniske betingelser udformes af Banedanmark, med inspiration fra EN-standarder og evt. UIC koder (se afsnit 2.3 på side 22).

Eksempel på en DSB/Banedanmark bestemmelse

Figur 137 – Uddrag af BDKs bestemmelse #59 for fjedrende klemplader (Cil plader) til overbygning Dbn, Dbr og Dbs

2.- Measuring. (Appendix A.)

a.- definition.

J1a and J1b : represent the play measured, before loading, between the blade and the die (M) in the transversal axis of the blade, on each side of the blade.

J2a and J2b : represent the play measured, after unloading, under the same conditions.

b.- measuring procedure.

- positioning of the blade on the die and measuring of J1a and J1b (appendix A. figure 1.).
- 180° turning-over of the blade, following its longitudinal axis.
- carrying-out of the test as outlined page 2. paragraph 1. "test procedure" (see appendix A. figure 2.).
- 180° re-turning-over of the blade, following its longitudinal axis.
- measuring of J2a and J2b (appendix A. figure 3.).

c.- Requirements.

Permanent deformation :-

$$\frac{(J2a + J2b) - (J1a + J1b)}{2} \leq 0,6 \text{ mm}$$

with :-

$$J1a - J1b \leq \pm 0,1 \text{ mm}$$

C.- BENDING TEST OF THE BLADES.-

This test is carried out on the blade only. It is meant to control :

- a.- the brittleness of the blades during folding,
- b.- the capacity for the blades to recover their former shape after having exceeded the elastic limit of the steel.

The blade is placed on the testing apparatus (appendix B. figure 4.-), comprising :-

- a.- a graduated reglet fastened on the opposite side of the operator, permitting to read the permanent deformation value of the blade.
- b.- a die (M), made of hard steel, with a radius (R) = 300 mm and a 70 mm width groove, Depth : 12 mm.
- c.- a "T" head shaped as an hexagonal nut as outlined page 2. paragraph B.b.-

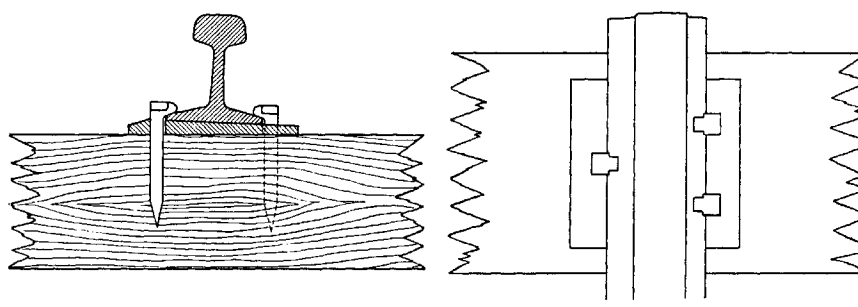
The whole device to be tested is placed under a press. A load is applied on the blade, through the "T" head, so that the blade comes into contact with the bottom of the groove of the die (appendix B. figure 5.).

7.4. Ældre overbygningstyper

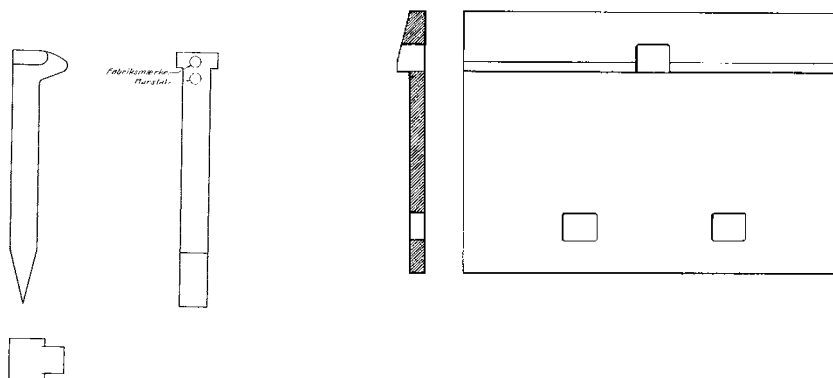
7.4.1. Overbygning A

I de første overbygningskonstruktioner fastgjorde man skinnerne med svelle-spiger. Denne overbygningstype blev kaldt Overbygning A. Denne overbygning bliver ikke anvendt mere, men findes stadig nogle steder i sidespor. Nedenfor er som eksempel vist befæstelsesdelene for skinne DSB37 (også kaldet skinne IV).

Figur 138 – Overbygning DSB37 A



Figur 139 – Skinnespiger (tv) og underlagsplade (th)



Men da togbelastningen blev større blev man nød til at ændre i befæstelsesdelene, da spigerne ikke kunne holde til de større belastninger.

Figur 140 – DSB37 A spor i Taastrup, oktober 2016



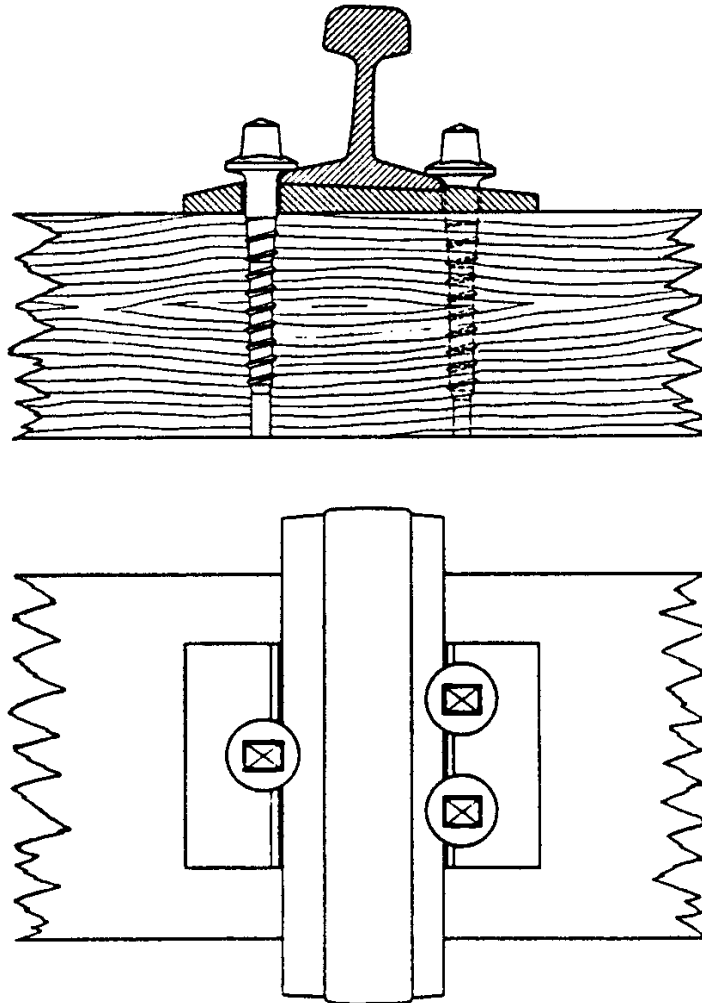
7.4.2. Overbygning B

Da gik man over til skruer, idet de har meget større evne til at holde sig fast i svellen.

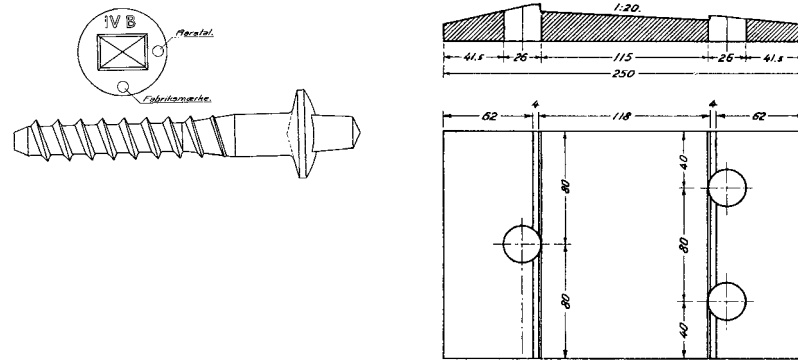
Skruerne har gennem tiden gennemgået mange ændringer. De første havde firkantet hoved og fint gevind, mens de nyere typer har en aflang top og er med groft gevind.

Denne overbygning kaldes Overbygning B (skruet i træ).

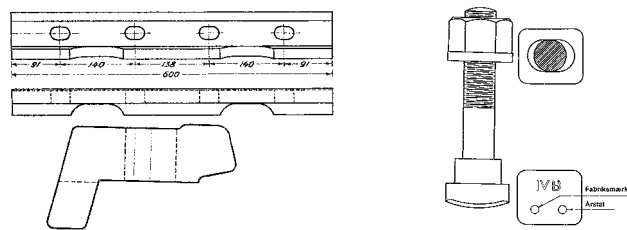
Figur 141 – Overbygning DSB37 B



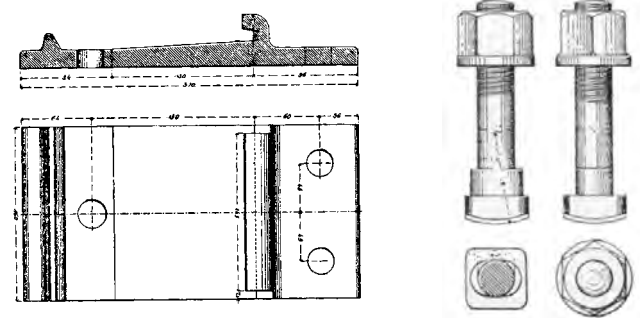
Figur 142 – IV B skrue (tv) og IV underlagsplade (th)



Figur 143 – IV B Laske (tv) og IV B Bolt + spændering (th)



Figur 144 – V B underlagsplade (tv) og V laskebolt (th)



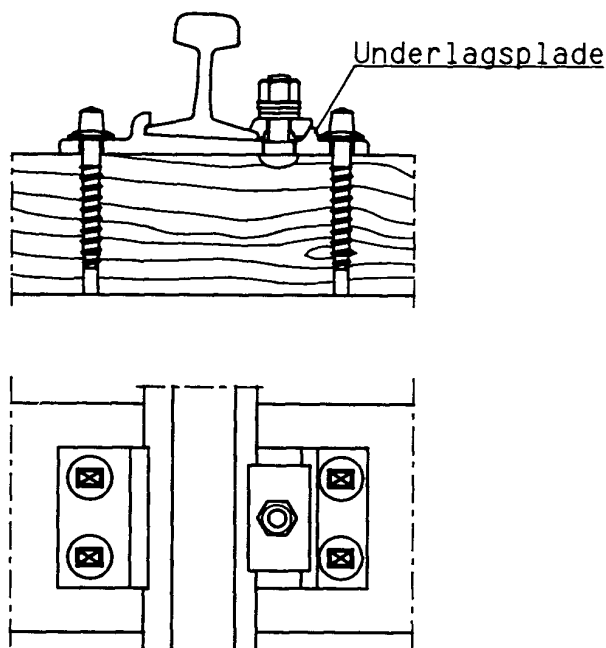
7.4.3. Overbygning C

Med tidens fremskridt med tungere tog og højere hastighed gjorde, at man havde brug for en endnu stærkere overbygning, som især skulle anvendes i områder der havde stor belastning som på stationer og i skarpe kurver.

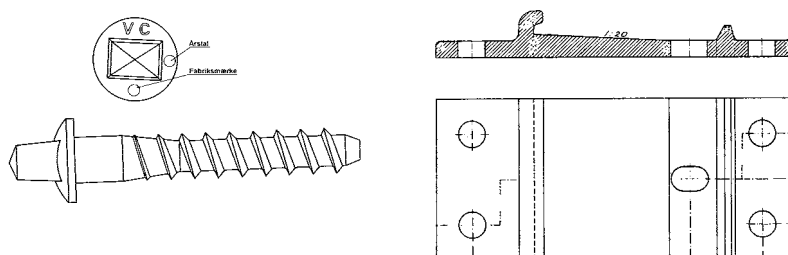
Man gik nu over til en overbygning, som havde bedre fat i svellen og kunne adskilles uden, at man skulle skruer op af svellen hver gang man skulle udveksle skinnen eller reparere den på anden vis. Hver gang svellskruerne skrues op og ned bliver svellen svagere.

Denne overbygning kaldes overbygning C (adskilt befæstelse).

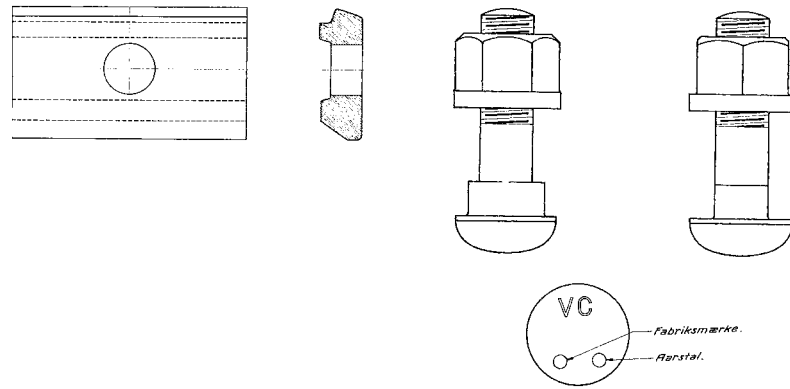
Figur 145 – Overbygning DSB45 C (VC)



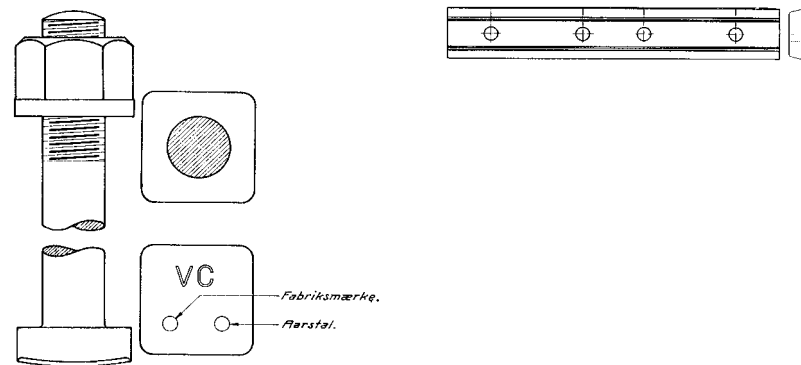
Figur 146 – V C skrue (tv) og V C underlagsplade (th)



Figur 147 – V C klemplade (tv)
og V C bolt + spændering (th)



Figur 148 – Laskebolt (tv) og
V C laske (th)



Disse 3 ældre overbygningstyper (A, B & C) findes mange steder endnu, især i sidespor.

7.5. Overbygning Bt

Bt står for (B) skruer på (t) træsveller. Denne overbygning er den ældst anvendte overbygning som stadig findes i hovedsporet. Overbygningen bruges ikke mere i nyanlæg og må ikke anvendes i langskinnespør (se afsnit 9).

Den findes i DSB45 (45E2), DSB60, UIC60 (60E2).

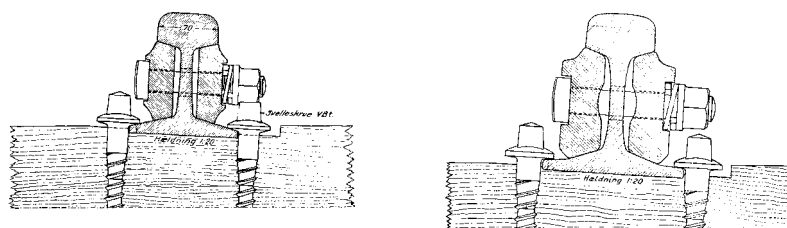
DSB45 (45E2): 30 m skinnestykker

DSB60: 60 m skinnestykker

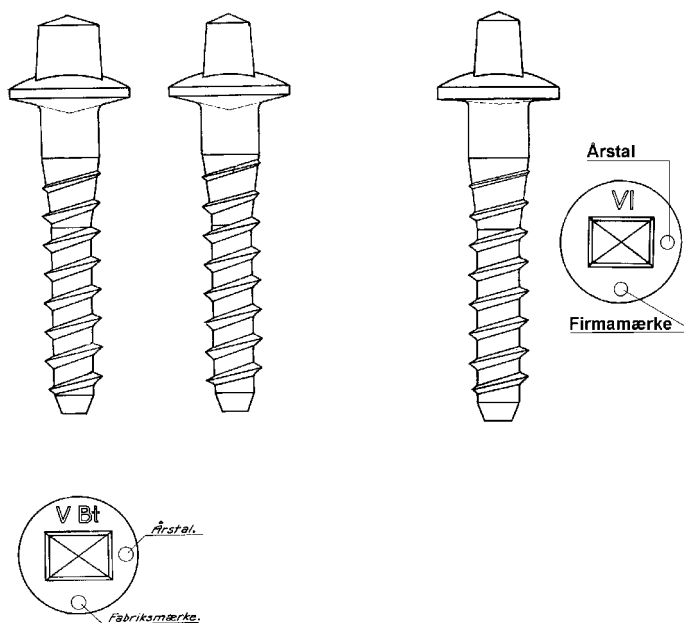
UIC60 (60E2): 60 m skinnestykker

Der findes også andre længder men disse er de mest normale.

Figur 149 – Overbygning DSB45 Bt (tv) og Overbygning UIC60 Bt (th)



Figur 150 – Skruer overbygning DSB45 Bt (V Bt) (tv) og skruer overbygning DSB60 Bt (VI Bt)/UIC60 Bt (VII Bt) (th)

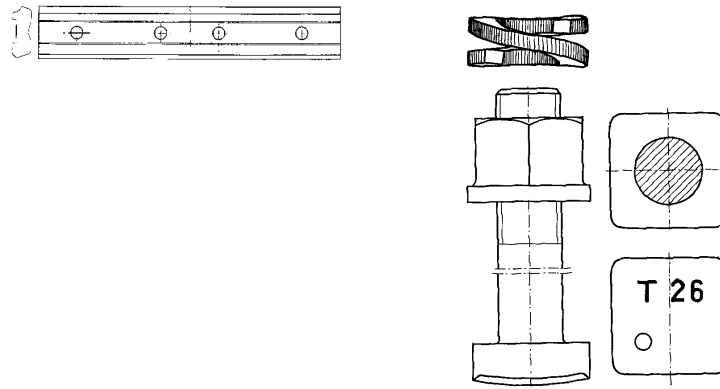


Kun længden af gevindet adskiller skruer DSB45 Bt fra skruer DSB60 Bt.

Figur 151 – Laske DSB45 Bt (tv) og laske DSB60 Bt (th)



Figur 152 – Laske UIC60 Bt
(tv) og laskebolt + dobbelt
spændering (th)



7.6. Overbygning Cr / Cf

Denne overbygning er mest anvendt i områder, hvor der er stor belastning, da det er den stærkeste overbygning vi har. Den anvendes mest i sporskifter og skarpe kurver.

Den er opdelt i 2 typer:

Cr: Adskilt befæstelse på ribbeunderlagsplader med *klemplader*.

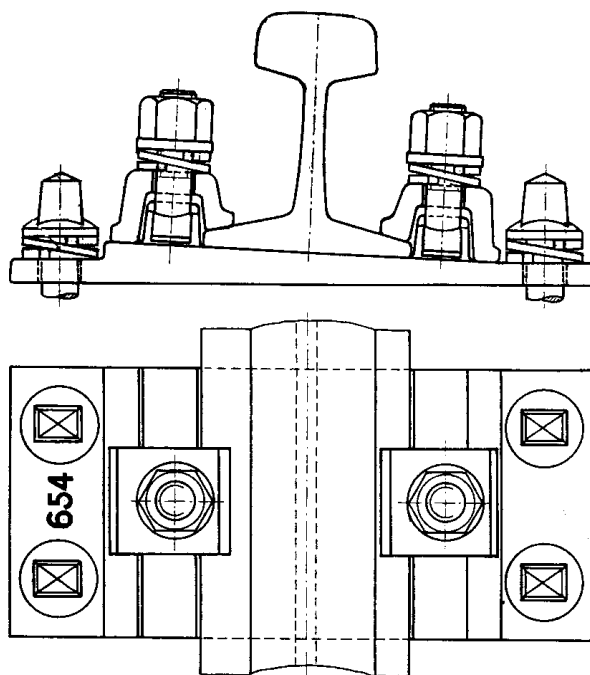
Cf: Adskilt befæstelse på ribbeunderlagsplader med *fjederklemmer*.

7.6.1. Overbygning Cr

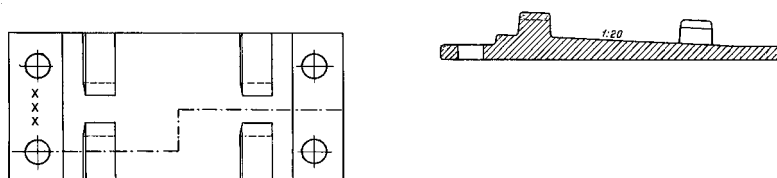
Cr overbygningen var den første i denne type, ligeledes har den største rammestivhed (se definition i afsnit 9.2 på side 176) af de ved Banedanmark anvendte typer.

Den store rammestivhed er en fordel, når man ser på sporets modstand overfor togenes påvirkninger – til gengæld kan det være en ulempe i situationer hvor sporgeometrien skal justeres.

Figur 153 – Overbygning DSB45 Cr



Figur 154 – Ribbeunderlagsplade



Figur 155 – Typer af ribbeunderlagsplader

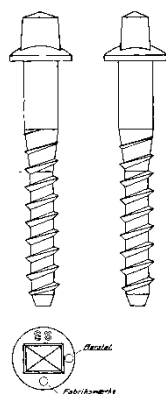
Hældning	1:20	1:40	Lodret
Skinne			
45E2	654	655	656
60E2	754	755	756

Den svelleskrue man anvender til overbygning Cr kaldes en SS skrue, den findes i 2 udgaver.

Alm. SS skrue er olieret (den sorte) og anvendes i fyr- og bøgesveller.

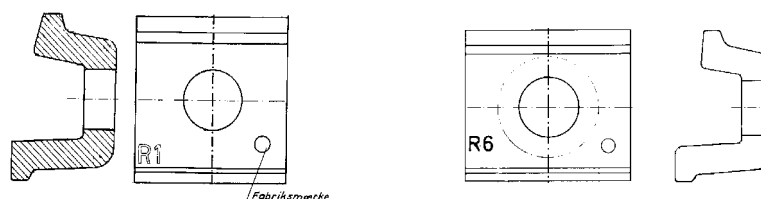
Guld SS skruen er elgalvaniseret og kromateret og anvendes kun i azobé- og egsveller. Ved bogens udgivelse er denne den eneste der anskaffes.

Figur 156 – SS skrue



Klemlader i Cr-overbygning er tilpasset skinnefoden

Figur 157 – Klemlade DSB45 Cr (R1) (tv) og klemlade UIC60 Cr (R6) (th)



Til at spænde klemladen fast til ribbeunderlagspladen og skinnefoden anvendes en klemladebolt - kaldt en R75 bolt. Til bolten hører en dobbelt spændering (til begge skinnetyper).

Figur 158 – Klemladebolt R 75 (tv) og dobbelt spændering (th)

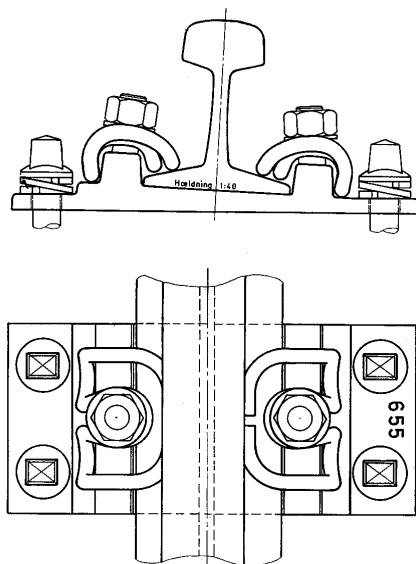


7.6.2. Overbygning Cf

Ulemperne ved Cr overbygningen var især at den var meget stiv, derfor udviklede man en ny overbygningstype, hvor man brugte det grundlæggende design fra Cr, men tilføjede en del som kunne fjedre og give en mere blød kørsel.

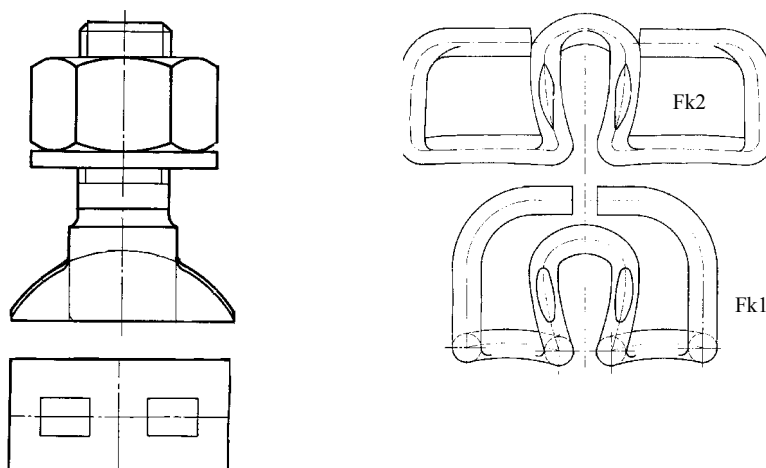
Man beholdt ribbeunderlagspladen og svelleskruerne jf. Figur 154, Figur 155 og Figur 156 på side 138-139.

Figur 159 – Overbygning DSB45 Cf



Følgende befæstelsesdele er blevet ændret, idet klempladebolten og klempladen er erstattet af en klempladebolt R55 og en fjederklemme (Fk2).

Figur 160 – Klempladebolt R55 (tv) og fjederklemme Fk2 og Fk1 (th)

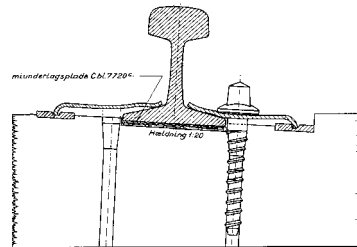


Fjederklemmen blev fremstillet i en udgave som hed Fk1, men den udgik pga. flere konstruktionsfejl, bl.a. at den drejer omkring boltens så den berører en svelleskrue, det bevirker at svelleskruen ikke kan spændes eller løsnes. Den findes dog i sporet endnu, men skal erstattes med en Fk2 når den går i stykker. Der anvendes R55 klempladebolt og fjederklemme Fk2 og Fk1 til både 45E2 og 60E2.

7.7. Overbygning Dt

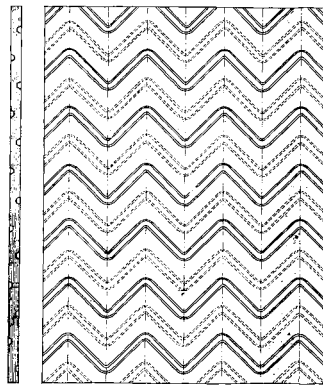
Dt står for (D) dobbeltelastisk befæstelse på (t) træsvelle. Denne overbygning er også en af de ældre typer, som stort set ikke anvendes i nye anlæg mere, men den findes stadigvæk mange steder i hovedspor. Denne overbygning kan anvendes som langskinnespør.

Figur 161 – Overbygning DSB45 Dt



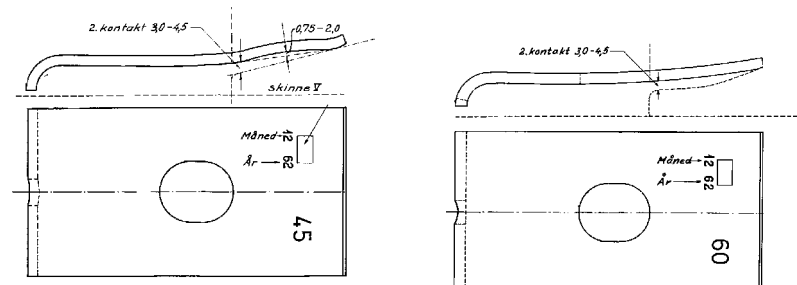
For at opnå den dobbeltelastiske effekt anvendes dels en gummiplade (Figur 162) som er lavet af alm. gummi med zigzag riller og dels fjedrende klemplader (Figur 163).

Figur 162 – Mellemlægsplade (gummi)



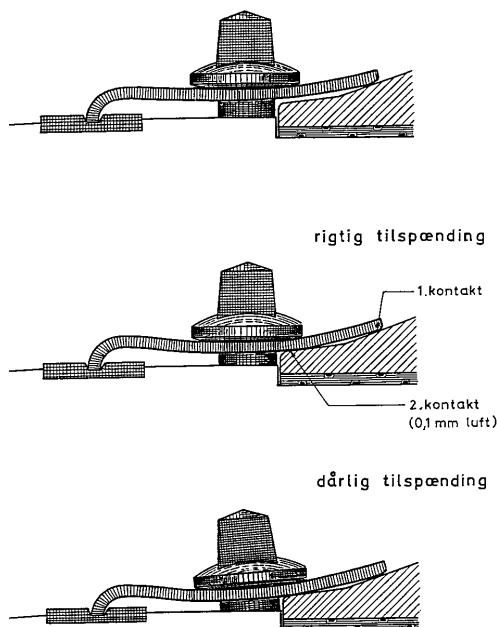
Den findes i to udgaver en til 45E2 skinnen og én til 60E2 skinnen. Forskellen på de to klemplader ligger i længden idet de to skinnetyper er henholdsvis 131 mm og 133 mm lange.

Figur 163 – DSB45 fj. klemplade (tv) og UIC60 fj. klemplade (th)



For at denne overbygning har den korrekte tilspænding skal den have det man kalder 1-2 kontakt. For at få den tilspænding findes der to udgaver af klempladen. Da 45E2 skinnen har en ret skinnefod, har man udformet klempladen med en bue. 60E2 skinnen har en skinnefod med et knæk, klempladen er derfor uden bue (dette er den nemmeste måde at se forskel på de to typer).

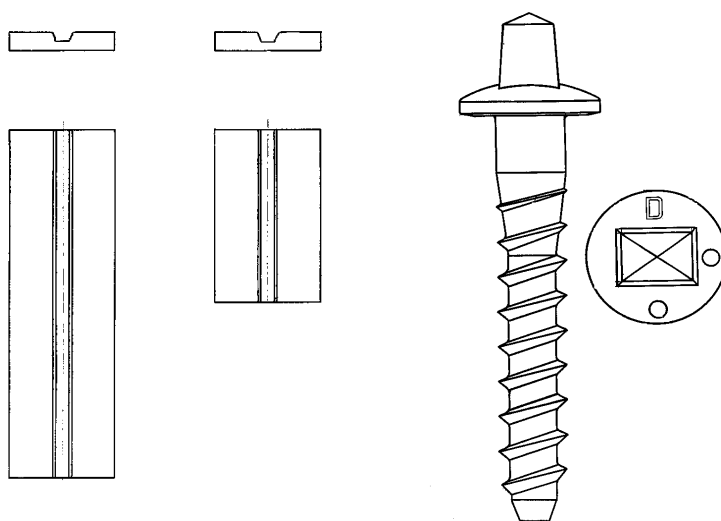
Figur 164 – 1-2 kontakt UIC60 skinne



For at klempladen ikke gnaver sig ned i svellen og mister grebet anvender man også en støtteplade. Dem findes der to udgaver af: en kort og en lang til hvis der skal monteres 1 eller 2 klemplader på hver side af skinnen.

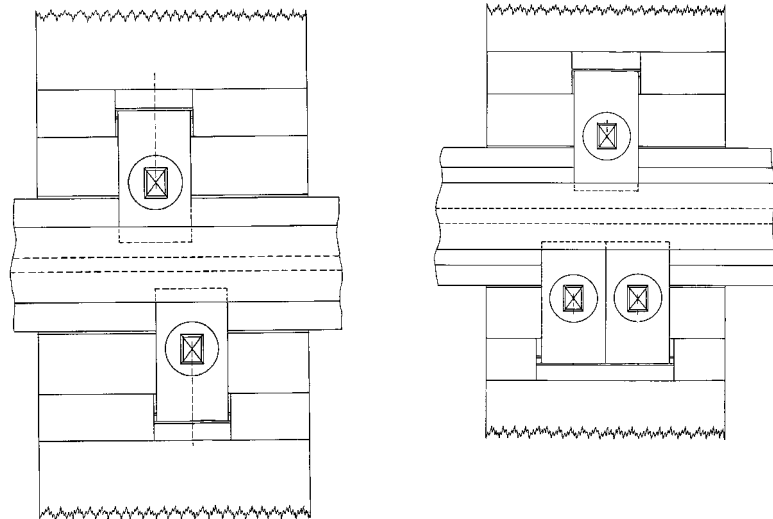
For at holde det hele på plads anvendes svelleskruen kaldet D-skruen. Den er galvaniseret og er let at kende på den grå farve.

Figur 165 – Lang og kort støtteplade (tv) og D-skruen (th)



Til 45E2 bruges to skruer omkring skinnen, og 60E2 bruges tre skruer omkring skinnen.

**Figur 166 – Placering DSB45
(tv) og Placering UIC60 (th)**

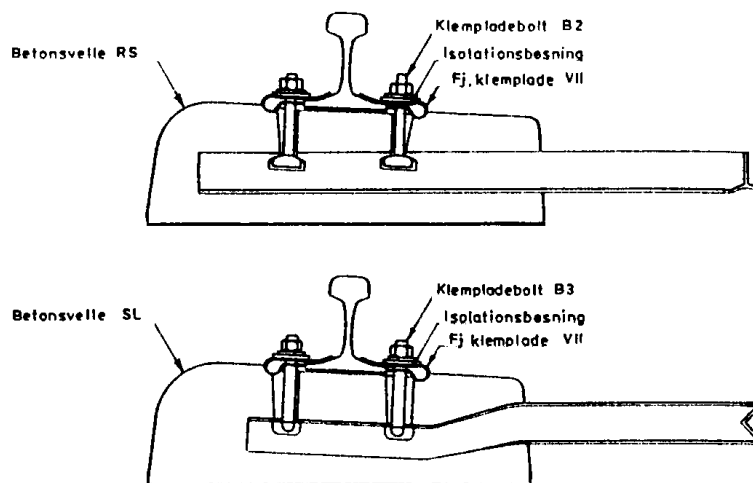


Denne overbygning findes også i en speciel type, hvor man anvender Azobé sveller, overbygningen anvendes specielt, hvor der ikke er så meget plads under svellen, f.eks. perrontunneler, vejunderføringer m.m. Denne overbygning kaldes Dtz (z`et står for azobé).

7.8. Overbygning Db (Dbg, Dbr, Dbs)

Db står for (D) dobbelt elastisk befæstelse på (b) beton-svelle. Denne overbygning er den første, hvor man anvendte betonsveller. Den kom i 1958 i den første udgave. Den anden udgave kom i 1968 og blev brugt frem til 1978.

Figur 167 – Overbygning UIC60 Db

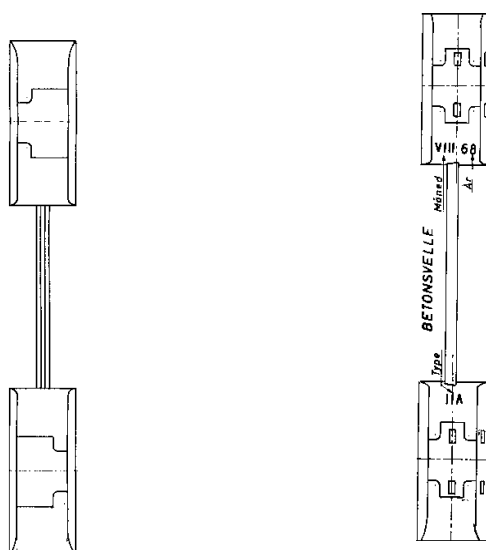


Svellen er opbygget med to betonklodser med en mellem stang til at holde sporafstanden, deraf navnet en to-blok svelle. Klemladeboltene har fat i profiljernet.

Denne konstruktion har en stor fejl; mellemstangen er ved at tære over mange steder pga. den signalstrøm som føres gennem skinnen, sætter en tæring i gang når den isolerende bøsning bliver ødelagt (omtales senere i afsnittet).

I den første udgave anvendte man svellen (RS), hvor profiljernet var udformet som et omvendt T-profil. Den anden betonsvelle SL anvendte et liggende L-profil, se også Figur 83 på side 82.

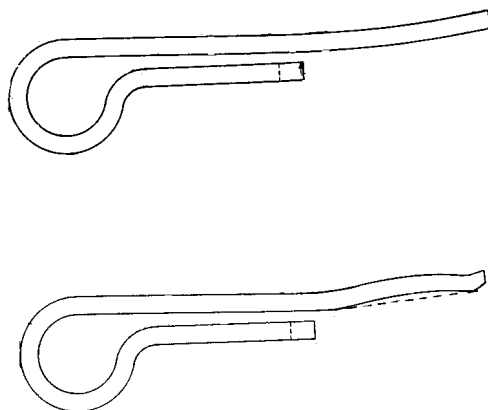
Figur 168 – RS svelle (T-profil) (tv) og SL svelle (L-profil) (th)



I overbygning Db (Dbg, Dbr og Dbs) anvendes den samme type gummiplade som i overbygning Dt.

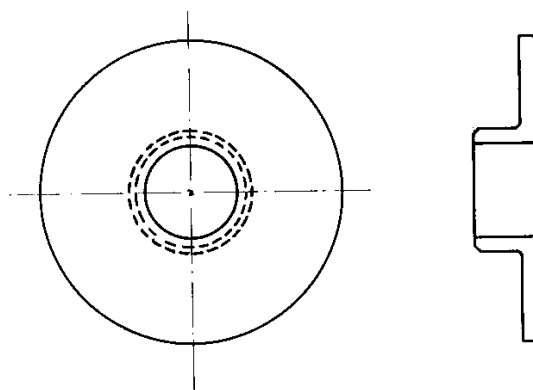
Den fjedrende klemplade er konstrueret efter samme princip som klempladen i overbygning Dt. 45E2 klempladen har en bue på den del som klemmer ned på skinnefoden mens 60E2 klempladen er uden denne bue.

Figur 169 – Klemplade Db (DSB45 og UIC60)



For at de to skinner ikke bliver kortsluttet gennem befæstelsen, skal der sættes en nylonbøsning på klempladen. Det er meget vigtigt at denne nylonbøsning ikke bliver ødelagt ved op og ned skruring, da det forårsager krybe strøm mellem skinnerne og starter en tæring af svellemellemstangen.

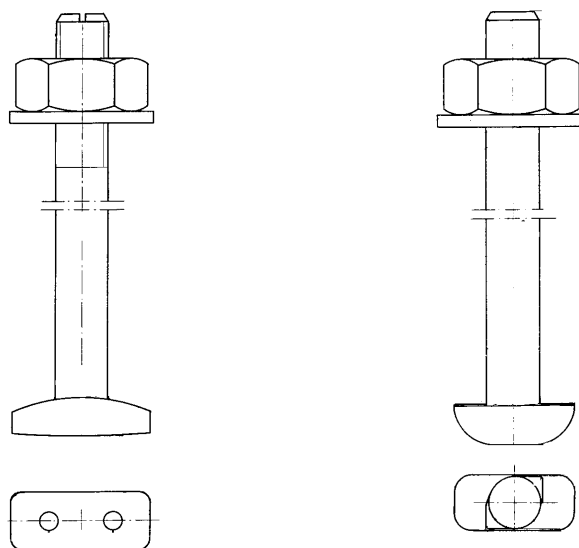
Figur 170 – Nylonbøsning



For at holde det hele sammen anvendes en bolt, som findes i to udgaver. B2 bolten anvendes i svellen (RS) med T-profilet. B3 bolten anvendes i svellen SL med L-profilet.

Forskellen mellem de to bolte er fodens udformning. Bolte og sveller kan derfor ikke parres modsat sammen.

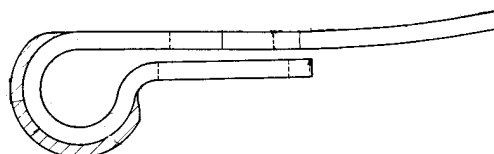
Figur 171 – B2 bolt (RS svelle) (tv) og B3 bolt (SL-sveller) (th)



I kurver bliver der overført et stort pres på skinnens udvendige side. For at optage denne påvirkning har man konstrueret en special klemplade, hvor man har vulkaniseret gummi på sløjfen, for at optage de kræfter som bliver overført til befæstelsen og svellen.

Denne overbygning bliver kaldt Dbg, hvor g'et står for gummi påført på klempladen. Der er også anvendt en special svelle-SLg.

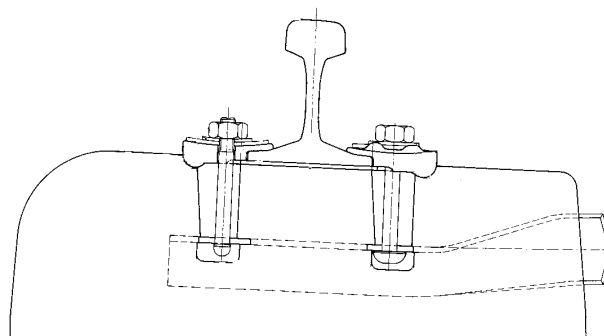
Figur 172 – Klemplade Dbg



Da man gennem tiden har fundet ud af at denne konstruktion skaber mange problemer, er man gået væk fra at anvende disse klemplader af jern på betonsvellen.

Man har konstrueret en klemplade af nylon til erstatning for klemplader som skal udskiftes ved brud, eller hvor der er problemer.

Figur 173 – Overbygning UIC60 Dbr



DSB45 Db. Når DSB45 Db renoveres fjernes alle fire stålklemplader, som hver erstattes af en nylonklemplade af typen V M samt to små fjedrende stålpalader (kaldet Cil-plader se Figur 174). B2- eller B3-bolten genanvendes med mindre den er beskadiget. Efter renovering betegnes overbygningen DSB45 Dbr.

DSB45 Dbg. Når DSB45Dbg renoveres fjernes alle fire stålklemplader. De to yderste stålklemplader erstattes hver af en nylonklemplade af typen V Y samt to små fjedrende stålpalader (kaldet Cil-plader se Figur 174). De to midterste stålklemplader erstattes hver af en nylonklemplade af typen V M + to små fjederende stålklemplader (kaldet Cil-plader se Figur 174). B2- eller B3- bolten genanvendes med mindre den er beskadiget. Efter renovering betegnes overbygningen DSB45 Dbs.

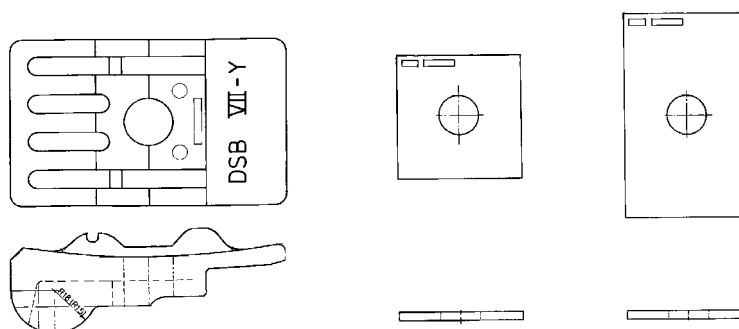
UIC60 Db. Når UIC60 Db renoveres fjernes alle fire stålklemplader, som hver erstattes af en nylonklemplade af typen VII M samt to små fjedrende stålpalader (kaldet Cil-plader se Figur 174). B2- eller B3- bolten genanvendes med mindre den er beskadiget. Efter renovering betegnes overbygningen UIC60 Dbr.

UIC60 Dbg. Når UIC60 Dbg renoveres fjernes alle fire stålklemplader. De to yderste stålklemplader erstattes hver af en nylonklemplade type VII Y samt to små fjedrende stålpalader (kaldet Cil-plader se Figur 174). De to midterste stålklemplader erstattes hver af en nylonklemplade af typen VII M samt to små fjederende stålklemplader (kaldet Cil-plader se Figur 174). B2- eller B3-bolten genanvendes med mindre den er beskadiget. Efter renovering betegnes overbygningen UIC60 Dbs.

Det eneste man gør, er at fjerne den gamle stålklemplade, bolten bliver sidende og sætter den nye nylonklemplade på med to Cil klemplade på og spænder fast på ny.

Normal praksis er at man kun udveksler de stålklemplader man afmonterer med nylonklemplader.

Figur 174 – Nylonklemplade Dbs (tv) og Cil plader kort/lang (th)



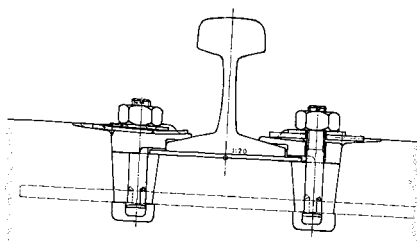
7.9. Overbygning Dbn

Dbn står for (D) dobbelt elastisk befæstelse på (b) betonsveller med (n) nylon klemlader.

Denne overbygning er den næste type inden for overbygnings typer, hvor man anvender betonsveller. Man anvender stadig to-bloksvellen med nogle ændringer, den bliver kaldt S75 og kom i brug i 1978 og var standard frem til 1989.

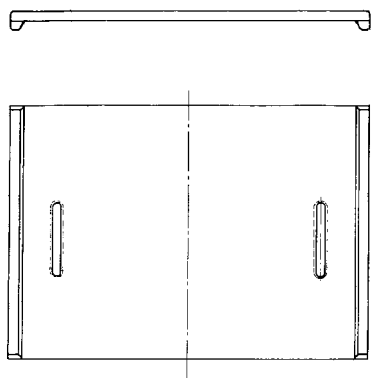
Man havde lært af de fejl som overbygning Db havde, man havde ændret svellen, og man var gået bort fra stålklemplader og gået over til nylonklemplader.

Figur 175 – Overbygning UIC60 Dbn.



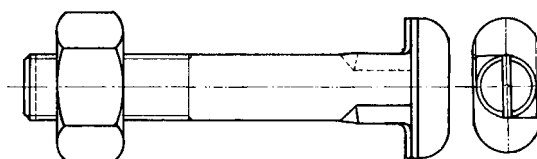
Da denne overbygning også er en dobbelt elastisk overbygning, anvendes også her en mellemlægsplade som nu er fremstillet af EVA plast. Udformningen er ændret, idet man har givet pladen hager på for at undgå, at den glider af svellen.

Figur 176 – EVA plast til Dbn



I S75-svellen har boltene ikke kontakt med profiljernet således at man undgår de problemer med den elektriske isolering, som RS- og SL-svellerne havde. Der anvendes en anden bolt af typen B12, som er elgalvaniseret og kromateret (guldfarvet) og meget kortere end den man anvendte ved Db overbygningen.

Figur 177 – B12 bolt



Klemladen er også ændret, den er nu fremstillet af nylon i stedet for stål, og den findes i tre udgaver:

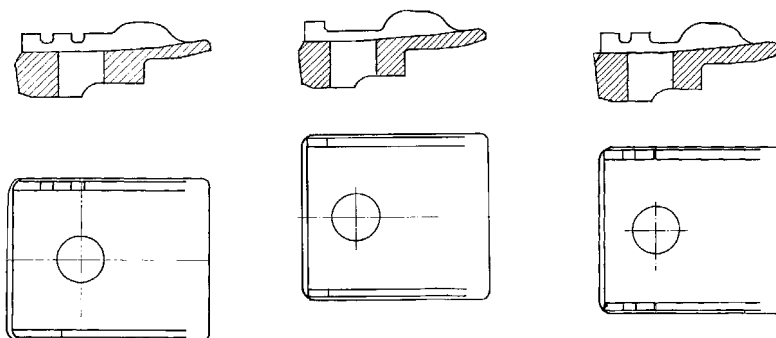
To klemlader til DSB45 en "ydre" og en "midt"

To klemlader til DSB60 en "ydre" og en "midt"

To klemlader til UIC60, hvor der anvendes den samme i ydre/midt position

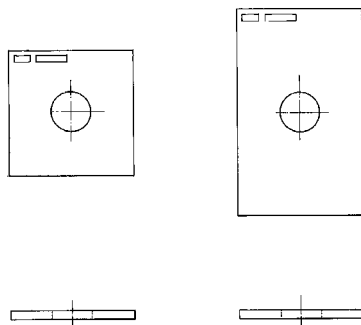
Der findes også to klemlader som passer til DSB37 skinnen, som er blevet brugt hos forskellige tidligere privatbaner.

Figur 178 – Klemlader for DSB45 (tv), DSB60 (mf) og UIC60 (th)



For at klemladen ikke skal masses helt og herved fjerne den elastiske effekt i klemladen, skal der oven på hver klemlade lægges to såkaldte Cil plader af fjedrestål: en kort (60 x 60 mm) og en lang (60 x 100 mm).

Figur 179 – Cil plader



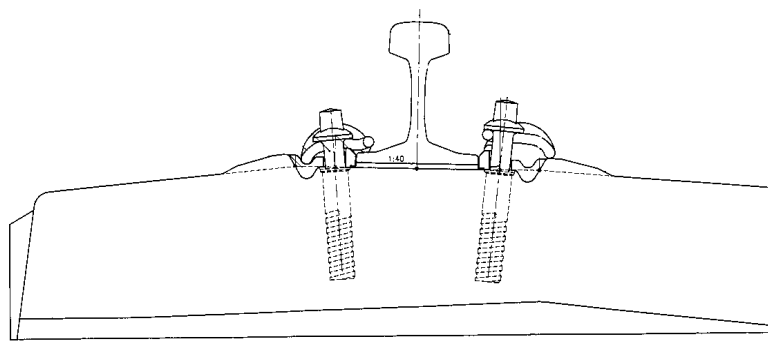
7.10. Overbygning Dm

Dm står for (D) dobbelt elastisk befæstelse på (m) monobloksvælle (S89).

Denne type overbygning kom i anvendelse i 1989 og bruges stadig.

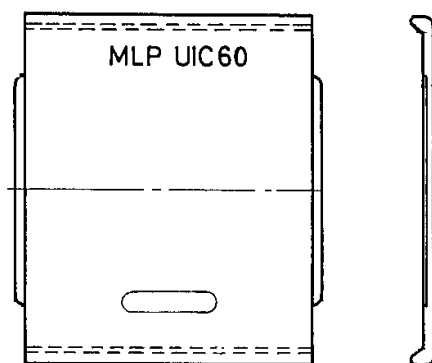
Med de erfaringer man har fået fra Db og Dbn, har man ændret overbygningen radikalt. Man anvender en monobloksvælle og befæstelsesdelene er ikke længere bolte og klemlader, men derimod skruer i nylon dyvler og fjederklemmer.

Figur 180 – Overbygning UIC60 Dm



Da det er en dobbelt elastisk overbygning anvendes et mellemlæg stadig. Den type man anvender, er en fremstillet af EVA plast med hager (MLP UIC60).

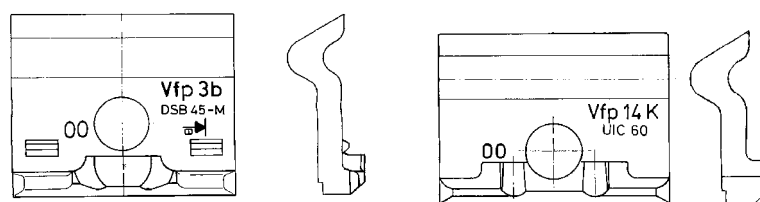
Figur 181 – Mellemlæg til EVA plast (MLP UIC60)



For at fjederbøjlen og skinnen kan få det rette leje, monteres en vinkelføringsplade til at styre dem. Den findes i tre standardudgaver: Til overbygning 45E2 (DSB45) anvendes to forskellige, en grøn til placering "midt" og en hvid til placering "ydre". Til overbygning 60E2 (UIC60) anvendes kun én type som er sort.

Da svellen er ens til 45E2 og 60E2 er vinkelføringspladen større til 45E2 pga. skinnefodens mindre bredde.

Figur 182 – Vinkelføringsplade for 45E2 (tv) og 60E2 (th)



Fjedrebøjlen findes også i udgaverne: Fk3, Fk4 og Fk3(I). I står for lang udgave.

Fk3 anvendes til 60E2 de første par år, hvorefter den blev afløst af Fk4, som nu er standard.

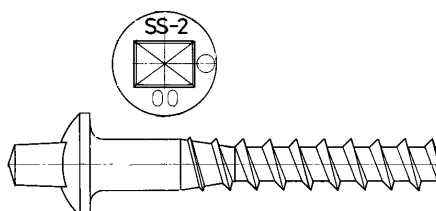
Til 45E2 anvendes Fk3I.

Figur 183 – Fk3I (45E2) (tv) og Fk4 (60E2) (th)



Til at holde det hele sammen anvendes en skrue (SS-2) og i svellen er der indstøbt en dyvel der har et gevind som passer til skruen. Det er meget vigtigt at man sørger for, at man fanger det gevind som er i dyvlen ellers sprænger svellen da dyvlen så virker som en ekspansionsbolt.

Figur 184 – SS-2 skruen

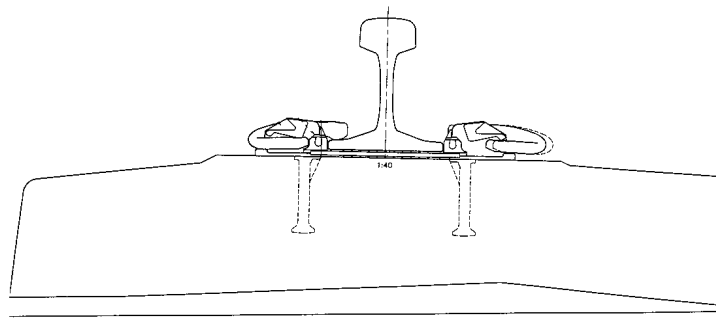


7.11. Overbygning Dmp

Dmp står for (D) dobbelt elastisk befæstelse på (m) monobloksvellen med (p) Pandrol befæstelse.

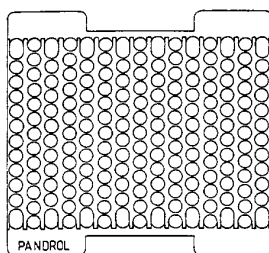
Denne overbygning blev indført som standard ved Banedanmark i år 2000 og i Norge og Sverige og andre lande anvendes den normalt.

Figur 185 – Overbygning Dmp



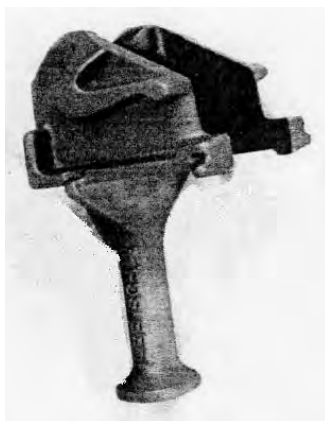
Der anvendes en anden mellemlægsplade til Dmp end Dm. Der anvendes to forskellige elasticiteter afhængig af om hastigheden er over eller under 120 km/t.

Figur 186 – Mellemlægsplade



Til at holde klembøjlen og skinne på plads bliver der indstøbt en støbejernskulder i svellen.

Figur 187 – Støbejernskulder (tv) og fastclip (th)



For holde det hele sammen anvendes en FC fastclip. Herudover indgår der to sideisolatorer og to tåisolatorer pr. skinnestreng. Disse er ikke afbildet.

7.12. Befæstelsesdele til sporskifte overbygning DSB45 Cr og UIC60 Cr

Tungepartiet

Indeholder følgende komponenter:

- Ribbeunderlagsplader (også kaldet underlagsplader)
- Svelleskruer
- Spænderinge
- Mellemlægsplader
- Fjederklemmer
- Glidestole
- Fjederbøjler
- Bladfjedre
- Støttelasker
- Klemplader
- Klempladebolte
- T-bolte
- Skruer og dobbelt spænderinge
- Tungestøtter
- Lasker
- Mellemklodser
- Spændeplader

Ribbeunderlagspladen, som anvendes her, er den samme som i Cr overbygning (se afsnit 7.6 på side 138).

Til at fastspænde ribbeunderlagspladen til svellen anvendes samme svelleskrue som i Cr overbygningen: SS-skrue med dobbelt spændering (se afsnit 7.6).

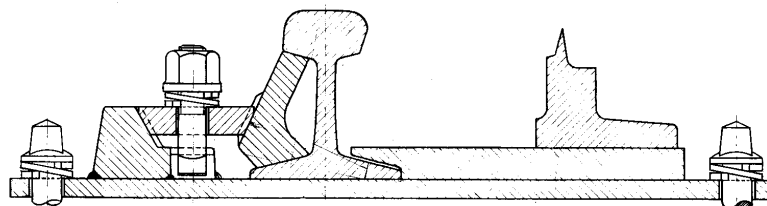
Til at fastspænde skinnen til ribbeunderlagspladen anvendes klempladebolte R75 med dobbelt spændering, ligesom ved Cr overbygningen (se afsnit 7.6).

Glidestole

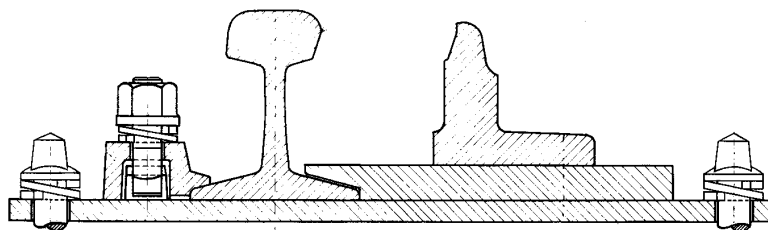
Glidestole anvendes i tungepartiet som glideflade og understøtning for tungerne. Der anvendes normalt en type glidestol som er monteret på forskellige typer underlagsplader i et sporskifte. Det fremgår af normaltegningen for det enkelte sporskifte, hvor den enkelte underlagsplade skal anvendes. Den enkelte glidestols underlagsplade er mærket med et nummer ligesom en almindelig Cr ribbeunderlagsplade.

Underlagspladerne til glidestolene laves i en kraftig og en spinklere udgave og disse monteres skiftevis på hver anden svelle. Til overbygning 45E2 (DSB45) er den kraftige underlagsplade (nr. 658) udført i 20 mm plade med påsvejste støttelasker, her bruges en R90 bolt – den spinkle underlagsplade til 45E2 (nr.656-1) er udført i 15 mm plade og uden støttelasker.

Figur 188 – Rippeunderlagsplade 658 for tungeparti i sporskifte DSB45 Cr

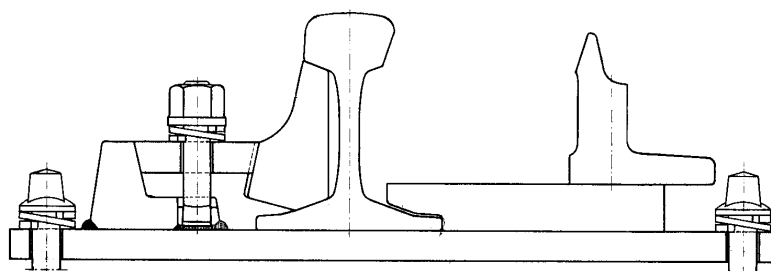


Figur 189 – Rippeunderlagsplade 656-1 for tungeparti i sporskifte DSB45 Cr

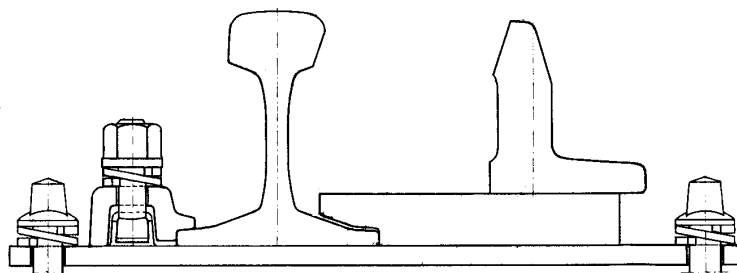


Den kraftige underlagsplade til overbygning 60E2 (UIC60) (nr. 758) er lavet i 25 mm plade med påsvejste støttelasker, her bruges en R100 bolt. Den spinkle underlagsplade til UIC60 (nr.756-1) er lavet i 15 mm plade og uden støttelasker.

Figur 190 – Rippeunderlagsplade 758 for tungeparti i sporskifte UIC60 Cr

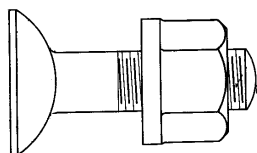


Figur 191 – Rippeunderlagsplade 756-1 for tungeparti i sporskifte UIC60 Cr



Til at fastspænde skinnen til forskellige glide stole anvendes flere typer af klemplader, støtteklodser og klempladebolte. Hvor den enkle klemplade/støtteklods/klempladebolt skal anvendes kan ses på tegningerne over pågældende sporskifte.

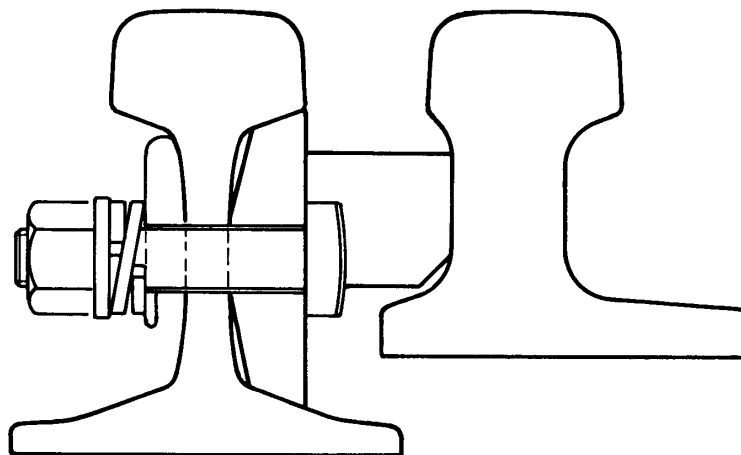
Figur 192 – Klempladebolt



Til at fastspænde skinnen til underlagspladerne anvendes også en speciel klempladebolt, R90/R100, med en dobbelt spændering.

For at holde tungen i den rigtige afstand og form (radius i kurven) fra sideskinnen anvendes tungestøtter, på det stykke hvor tungen ikke er fastspændt.

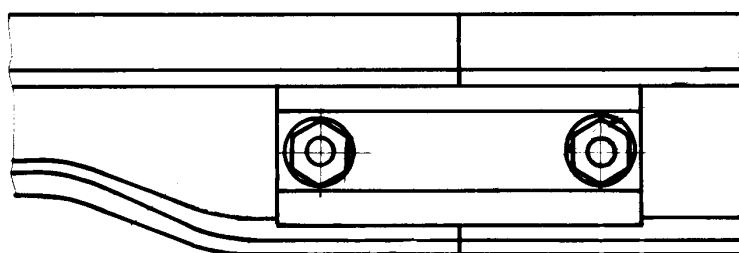
Figur 193 – Tungestøtte



I sporskifter som ligger op til et lasket spor, anvendes almindelige lasker i skinnestødene. Sporskifter som ligger op til langskinnespor har sammensvejste stød.

Angstlasken anvendes i en svejsning hvor tungeprofilen er svejst sammen med den almindelige skinne. Hvis der sker et brud dette sted vil tungen ligge løst, og der er stor risiko for afspring.

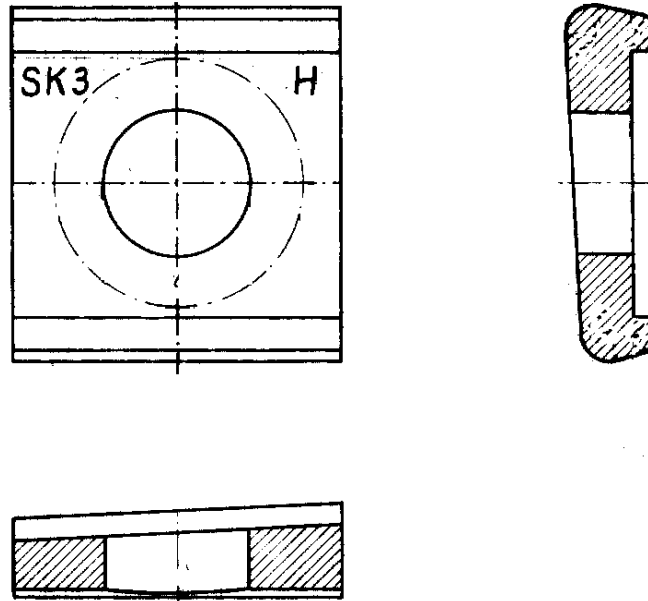
Figur 194 – Angstlaske for V/VII Cr



Til at fastspænde tungestøtter og angstlasker til skinnen anvendes T-bolte, af samme type som anvendes i Cr overbygning ved skinnestød (se afsnit 7.6 på side 138), men længden på boltene er dog anderledes, mens udformningen er den samme.

For at T-bolten kan få en lige anlægsflade, anvendes en spændeplade for at udligne skævheden i skinnekroppen. Der findes en række forskellige spændeplader afhængig af hvor i sporskiftet den anvendes samt af forskellige fabrikater og til forskellige skinneprofiler.

Figur 195 – Spændeplade



Mellempartiet

Indeholder følgende komponenter:

- Ribbeunderlagsplader
- Skruer (SS) med dobbelt spænderinge
- Klempladebolte (R75) med dobbelt spændering

I mellempartiet anvendes der alm. ribbeunderlagsplader 656 (DSB45) og 756 (UIC60). Se også 7.6 på side 138.

Som svelleskrue anvendes SS skruen med dobbelt spændering.

Som klempladebolt anvendes R75 bolten med dobbelt spændering.

Krydsningspartiet

Indeholder følgende komponenter:

- Ribbeunderlagsplader (656 eller 756)
- Skruer (SS) med dobbelt spænderinge.
- Klempladebolte (R75) med dobbelt spænderinge
- Underlagsplader for tvangskinner
- T- bolte
- Spændeplader
- Tvangskinneprofiler
- Tvangskinne mellemklodser
- Lasker

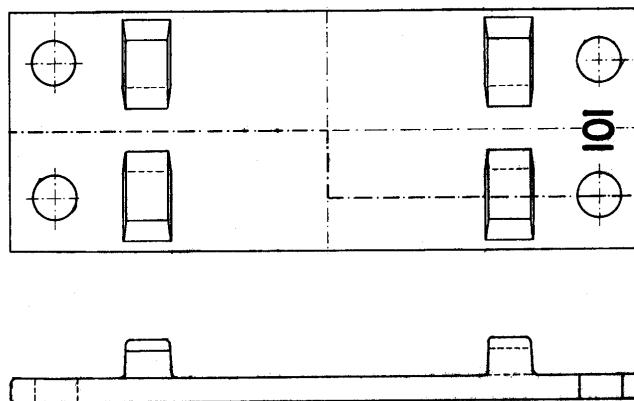
I krydsningspartiet anvendes der almindelige ribbeunderlagsplader 656 (45E2) og 756 (60E2).

Som svelleskrue anvendes SS skruen med dobbelt spændering.

Som klempladebolt anvendes R75 bolten med dobbelt spændering.

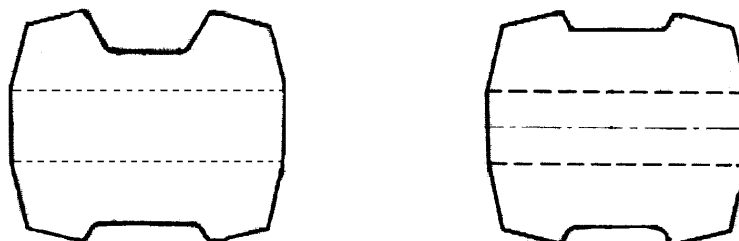
I forbindelse med tvangskinnen anvendes specielle underlagsplader, som er specielt udformet så skinnen og tvangskinneprofilet med mellemklodser kan spændes fast til svellen.

**Figur 196 – Underlagsplade
for tvangskinne**

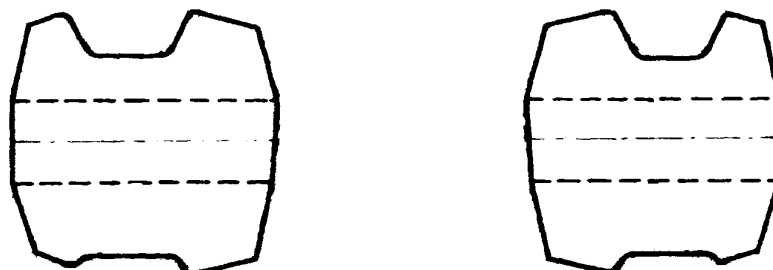


Som tvangskinne anvendes et profil som spændes fast til skinnen med mellemklodser.

Figur 197 – Mellemlodser



**Figur 198 – Mellemlodser
for tvangskinneprofil**



Til at fastspænde tvangskinneprofil og mellemlodserne med skinnen anvendes T-bolte med dobbelt spænderinge.



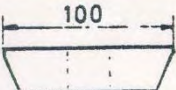
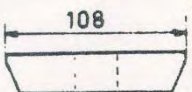



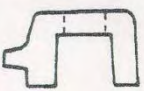
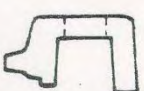
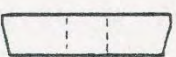
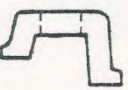

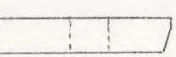
For at modvirke skæve bolte, da skinnetroppen ikke er ret, anvendes spændelader.

Figur 199 – Klemplader type R

R1 bruges generelt til DSB45 Cr

R6 bruges generelt til UIC60 Cr

De øvrige bruges til sporskifter og spor på broer

Klemlader nr.	Blad nr.
R 1 	5677
R 2 	5676
R 3 	5675
R 4 	5420
R 5 	7743 ^a
R 6 	7744 ^a
R 7 	7745 ^a
R 7B 	7762
R 7C 	10/1680
R 8 	7746
R 9 	7753 ^a
R 10 	5613
R 11 	

7.13. Befæstelsesdele til sporskifte overbygning DSB45 Cf og UIC60 Cf

Som beskrevet i afsnit 7.6 om Cf på side 138, er Cf en videreudvikling af Cr overbygningen. Det samme gælder også inden for sporskifter.

Tungepartiet

Indeholder følgende komponenter:

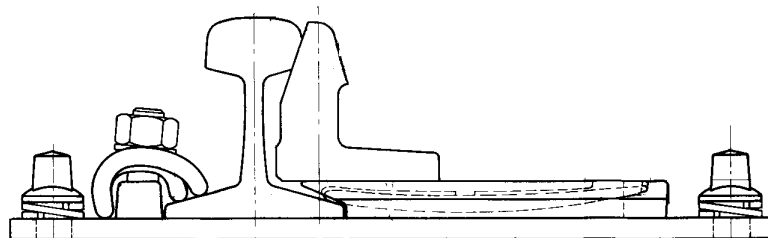
- Ribbeunderlagsplade (656 eller 756)
- Glidestole m/fjederklemmer
- Fjederklemmer (FK2)
- Klempladebolt (R55)
- T-bolte
- Tungestøtter
- Svelleskrue (SS) med dobbelt spændering

Man anvender samme ribbeunderlagsplader som i Cr overbygningen (se afsnit 7.6 på side 138). Til at fastspænde ribbeunderlagspladen anvendes ligeledes den samme SS-svelleskrue med dobbelt spændering.

Til at fastspænde skinnen til ribbeunderlagspladen anvendes fjederklemmen FK2 og klempladebolten R55.

Den eneste større ændring er glidestolene, hvor man anvender en fjederbøjle.

Figur 200 – Glidestole med fjederbøjler



Mellempartiet

Indeholder følgende komponenter:

- Ribbeunderlagsplade (656-756)
- Klempladebolt (R55)
- Fjederklemme (FK2)
- Svelleskruer (SS) med dobbelte spænderinge

I mellempartiet er der ingen ændringer i forhold til befæstelsen, hvor man anvender den samme som i Cf overbygningen.

Krydsningspartiet

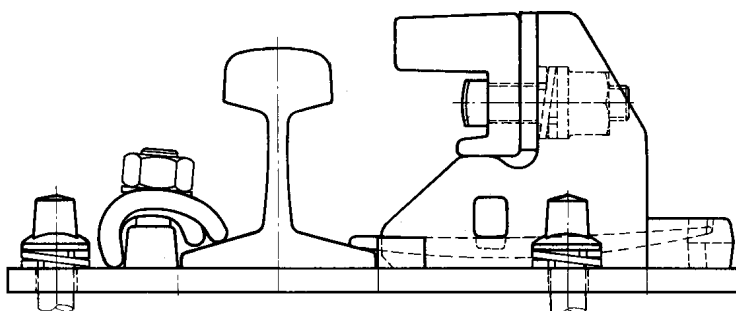
Indeholder følgende komponenter:

- Ribbeunderlagsplade (656 eller 756)
- Klempladebolt (R55)
- Fjederklemme (FK2)
- Svelleskrue (SS) med dobbelt spændering
- Underlagsplade m/ fjederbøjler for tvangskinnen
- Tvangskinneprofil
- T-bolt
- Th-bolte
- Skinneskrydsning

I krydsningspartiet anvendes overbygning Cf med ribbeunderlagsplader og SS-skruer med dobbelt spænderinge samt fjederklemme FK2 med klempladebolten R55.

Ved tvangskinnen anvendes en speciel konstruktion, hvor skinnen, underlagspladen og selve tvangskinnen kan adskilles fra hinanden uden man skal bore i skinnen. Man er gået væk fra at skinnen skal være spændt på skinnen med mellemklodser og T-bolte.

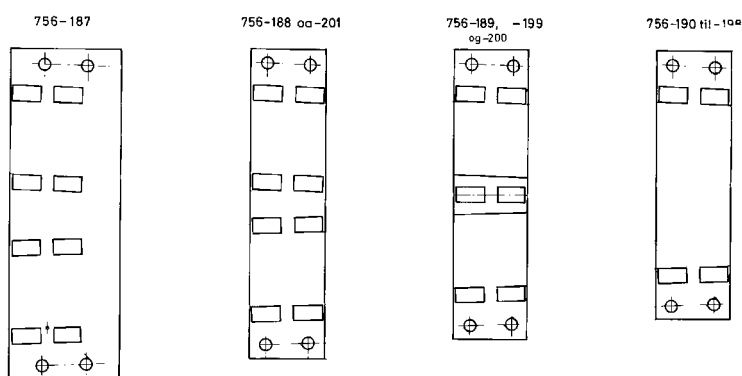
Figur 201 – Tvangskinne UIC33



Krydsningen er en skinnekrydsning hvor man anvender højspændte TH-bolte, de minder meget om de almindelige T-bolte men de er fremstillet af stærkere stål.

Til skinnekrydsningen anvendes specialfremstillede underlagsplader, der normalt følger med krydsningen fra fabrikken. Det er kun i det tilfælde, at en plade går i stykker, at man skal kende nummeret på den, som fremgår af normaltegningen til skinnekrydsningen. Når man udskifter en gammel manganstålskrydsning til en ny skinnekrydsning, skal der dog udskiftes 3-4 underlagsplader i den ene ende, da svellerne ellers ikke passer til underlagspladerne. Disse underlagsplader bestilles sammen med krydsningen og udskiftes af mandskabet som skal ilægge krydsningen.

Figur 202 – Eksempler på underlagsplader for en skinnekrydsning



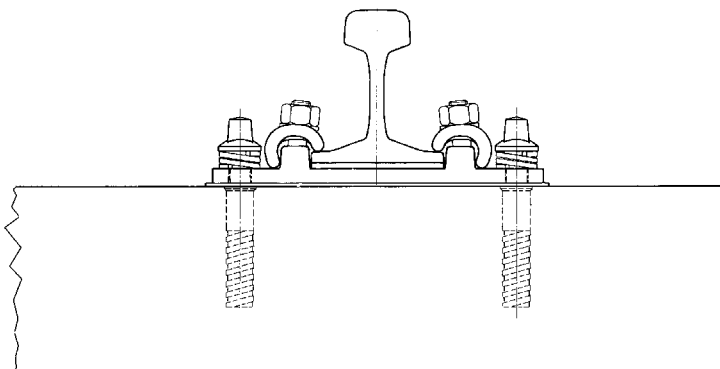
7.14. Befæstelsesdele til sporskifte overbygning UIC60 Cfb

Tungepartiet	<p>Indeholder følgende komponenter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ribbeunderlagsplade (756) - Glidestole med fjederbøjler - Fjederklemmer (FK2) - Klempladebolt (R55) - T-bolte - Tungestøtter - Svelleskrue (SS) med dobbelt spændering - Mellemlægsplader
Mellempartiet	<p>Indeholder følgende komponenter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ribbeunderlagsplade (756) - Klempladebolt (R55) - Fjederklemme (FK2) - Svelleskruer (SS) med dobbelte spænderinge - Mellemlægsplader
Krydsningspartiet	<p>Indeholder følgende komponenter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ribbeunderlagsplade (756) - Klempladebolt (R55) - Fjederklemme (FK2) - Svelleskrue (SS) med dobbelt spændering - Underlagsplader m/ fjederbøjler for tvangskinnen - Tvangskinneprofil - T-bolte - Th-bolte - Skinneskrydsning - Mellemlægsplader

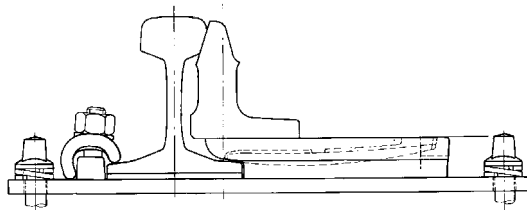
Overbygning Cfb er den nye type sporskifte som er bygget på betonsveller. De fleste befæstigelsesdele som anvendes her er de samme som i Cf overbygningen.

En af ændringerne er, at der i tungepartiet anvendes en ny type glidestole, da tungepartiet er af den nye type med fjedrende tunger på glidestole.

Figur 203 – Overbygning UIC60 Cfb

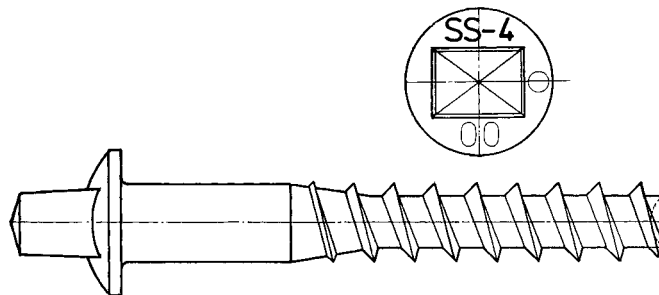


Figur 204 – Glidestol Cfb



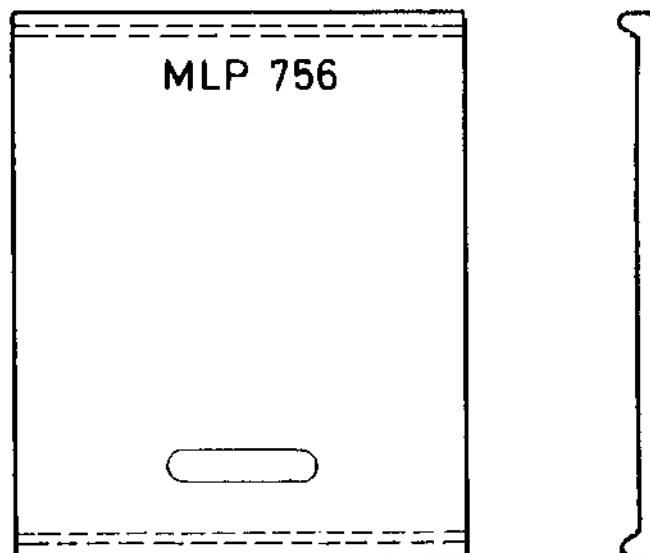
En af de andre ændringer er at svelleskruen til betonsvellen er ændret, så man anvender SS4 skruen.

Figur 205 – Svelleskruen SS4



Den sidste ændring ved denne type sporskifter er, at man skal anvende mellemlægsplader mellem svellen og ribbeunderlagspladen, for at beskytte betonsvellen.

Figur 206 – Mellemlægsplader til Cfb overbygning



7.15. Skema befæstelsesdele

De her viste skemaer er ikke en komplet oversigt over alle overbygningstyper, men de fleste gængse typer er medtaget (dog ikke Dme/S16).

Overbygning:	DSB45 Bt	UIC60 Bt	DSB45 Dt	UIC60 Dt	DSB45 Cr	UIC60 Cr	DSB45 Cf	UIC60 Cf
Skinnetype:	DSB45	UIC60	DSB45	UIC60	DSB45	UIC60	DSB45	UIC60
Sveller	Træ	Træ	Træ	Træ	Træ	Træ	Træ	Træ
Skrue:	DSB45 Bt	DSB60	D	D	SS	SS	SS	SS
Antal:	6	8	4	6	8	8	8	8
Bolte:					R75	R75	R55	R55
Antal:					4	4	4	4
Dobbelt spænderinge:					X	X	X	X
Antal:					12	12	12	12
Klemlader:					R1	R6		
Antal:					4	4		
Fj klemme							FK2	FK2
Antal:							4	4
Fj klemlader:			DSB45 Dt	UIC60 Dt				
Antal:			4	6				
Støtteplader:			kort	Kort/Lang				
Antal:			4	2	2			
Ribbeunderlagsplader:					65x	75x	65x	75x
Antal:					2	2	2	2
Mellemlægsplade af gummi u/hage			2	2				
<p>Alle tal er hvad der bruges i en svelle.</p> <p>654/754 = 1:20 655/755 = 1:40 656/756 = Lodret.</p> <p>SS (guld) = azobê</p>								

Overbygning:	DSB45 Db	UIC60 Db	DSB45 Dbg	UIC60 Dbg	DSB45 Dbn	UIC60 Dbn	DSB45 Dm	UIC60 Dm	UIC60 Dmp	Ril
Skinnetype:	DSB45	UIC60	DSB45	UIC60	DSB45	UIC60	DSB45	UIC60	UIC60	Ri46
Sveller	RS/SL	RS/SL	SLg	SLg	S75	S75	S89	S89	S99	Træ
Skruer:							SS-2	SS-2		D
Antal:							4	4		6
Bolte:	B2/B3	B2/B3	B2/B3	B2/B3	B12	B12				
Antal:	4	4	4	4	4	4				
Fj klemme							FK3/FK3L	FK4		
Antal:							2 2	4		
Fj klemplader:	DSB45 Db	UIC60 Db	DSB45 Dbg	UIC60 Dbg	DSB45 Nylon	UIC60 Nylon				UIC60 Dt
Antal:	4	4	4	4	4	4				6
Nylonbøsning:	X	X	X	X						
Antal:	4	4	4	4						
Pandrol clips:									Pandrol	
Antal:									4	
Cil plader:					Kort/ Lang	Kort/ Lang				
Antal:					4 4	4 4				
Vinkelføringsplader:							Hvid/Grøn	Sort		
Antal:							2 2	4		
Sideisolatoer:									Pandrol	
Antal:									4	
Mellemlægsplade af gummi u/hage	2	2	2	2					Pandrol	
Antal:									2	
Mellemlægsplade af E.V.A. plast m/hage					S75	S75	MLP	MLP		
Antal:					2	2	2	2		

Overbygning:	IV A	IV B	V A	V B	V C
Skinnetype:	DSB37	DSB37	DSB45	DSB45	DSB45
Sveller	Træ(Bøg)	Træ(Bøg)	Træ(Bøg)	Træ(Bøg)	Træ(Bøg)
Spir:					
Antal:	6		6		
Skruer:					
Antal:		6		6	8
Bolte:					Æbleskivebolt
Antal:					2
Dobbelt spænderinge:					
Antal:					2
Klemplader:					
Antal:					2
Ribbeunderlagsplader:	Plade med firkantede huller	IV B eller V B			
Antal:	2	2	2	2	2

Alle tal er hvad der bruges i en svelle.

654/754 = 1:20

655/755 = 1:40

656/756 = Lodret.

SS (guld) = azobê

8. Lasket spor/stødspor

8.1.	GENERELT.....	166
8.2.	STØDSPILLERUM.....	167
8.3.	SKINNEVANDRING.....	168
8.4.	SKINNESTØD	169

8.1. Generelt

Lasket spor, eller i daglig tale stødspor, er den "gammeldags" måde at opbygge spor på, som modsat det nyere langskinnespør (se kapitel 9), har åbne ikke-svejste skinnestød. Kørsel på stødspor giver den karakteristiske gonk-gonk-gonk lyd, som mange nostalgisk forbinder med kørsel i gamle dage. Lyden kommer som følge af at hjulene passerer henover det hul der skal være mellem skinnerne for at optage længdeændringer som følge af temperatursvingninger.

Et skinnestød er betegnelsen for stedet hvor to skinneender mødes. Skinnestødet samles med lasker og bolte. Laskerne er tildannet, så de passer ind i skinneprofilet mellem skinnehoved og skinnefod (laskekammeret).

Der findes flere former for åbne skinnestød:

- Uisoleret stød
- Isoleret stød
- Svævende stød
- Stød understøttet af enkelt- eller dobbeltsvelle

Ved svævende stød laskes skinnerne sammen mellem to sveller.

Lasket spor, som er den ældste form for sportype vi har i dag, findes normalt kun på sidespor, i ældre spor konstruktioner og i spor med meget små radier.

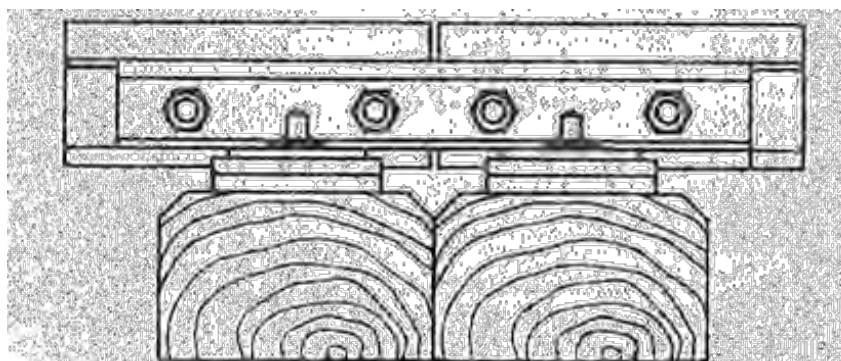
Et lasket spor er opbygget af skinnestykker, hvis længder er forskellige afhængig af overbygningstypen.

Svellerstanden er også forskellig afhængig af overbygningstypen.

Ved nyanlæg og sporombygning anvendes normalt åbne svævende skinnestød midlertidigt i byggefasen. Skinnestødet samles med nødlasker. Afhængig af lasketypen tillades normalt en maksimal hastighed på 80 km/t.

Hovedformålet med det åbne skinnestød er at det skal være muligt for skinnen at bevæge sig i længderetningen på grund af temperaturændringer uden at sporet dermed påvirkes.

Figur 207 – Dobbeltsvellerstød



8.2. Stødspillerum

Skinner udvider sig i varme og trækker sig sammen i kulde.

Som en tommelfingerregel kan man regne med at:

- En 10 m lang skinne bliver 1 mm længere når temperaturen stiger 10 °C
- Tilsvarende 1 mm kortere når temperaturen falder 10 °C

Idet skinnetemperaturen i Danmark kan svinge fra -25 °C til +55 °C vil en 30 m lang skinne kunne få en længdeændring på ca. 30 mm.

I lasket spor er det således nødvendigt med afstand – stødspillerum – mellem de to skinneender, så skinnerne frit kan udvide sig uden at trykket på naboskinnen bliver for stort.

Det er nødvendigt med det rigtige stødspillerum. Er det for stort vil kulde medføre for stor afstand mellem skinneenderne. Er det for lille kan trykket i stødet blive for stort i varme, med fare for at skinnen bøjer ud til siden eller opad.

I Sporregler tillæg 6C er der skemaer, der angiver stødspillerum for forskellige skinnelængder og overbygningstyper.

Eksempel

På et DSB45 Bt-spor er temperaturen 10 °C. Jf. Sporregler tillæg 6C figur 2 kan aflæses at stødspillerummet skal være 7 mm.

8.3. Skinnevandring

Når trafikken på et spor foregår fortrinsvis i én retning vil skinnerne have tilbøjelighed til at bevæge sig i samme retning.

Forekommer mange bremsninger på et spor vil det medføre at skinnerne bevæger sig i bremseretningen.

Forekommer mange igangsætninger vil skinnerne bevæge sig modsat køre-retningen.

Længdeændringer af skinnerne kan også bidrage til at skinnerne flytter sig.

Alle disse bevægelser kaldes skinnevandring.

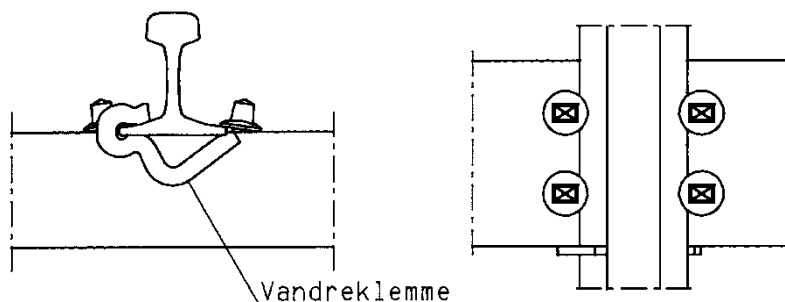
Skinnevandringen kan betyde at stødspillerummene ændrer sig, hvilket kan betyde fare for at stødspillerummene bliver for store og dermed kraftig slitage på skinneender når trafikken "bumper over" eller stødspillerummene bliver for små med fare for udbøjning af skinnen ved høje skinnetemperaturer.

Skinnevandring begrænses:

- Ved at bruge befæstelse med stor fastholdekraft
- Ved at ballastprofilet er korrekt
- Ved at sporet er godt justeret
- Ved anbringelse af vandreklemmer

De to første er konstruktionsmæssige forhold, som indbygges i designet af det pågældende spor, når det anlægges. Graden af sporjustering (se afsnit 14.6) afhænger af vedligeholdelsesstrategien på det pågældende spor. Anbringelse af vandreklemmer, som er et stålbeslag der klemmes fast om skinnefoden helt ind mod siden af en svelle, som det ses på Figur 208, og dermed forhindrer at skinnen flytter sig i den retning som svellen ligger, kan hurtig implementeres ved akut behov.

Figur 208 – Vandreklemme



8.4. Skinnestød

Indledning

Skinnestød anvendes ikke kun for at holde skinneenderne sammen, de anvendes også enten som forbindelse (almindelige skinnestød) for signalstrømmen eller som afbrydelse (isolerede stød) af signalstrømmen.

Almindeligt skinnestød

Almindelige skinnestød findes til alle overbygningstyper. Der anvendes forskellige lasker afhængigt af skinneprofil, samt der findes specielle lasker til brug ved samling af skinner med uens højdeslid. Sidstnævnte anvendes bl.a. af sporombygningskolonnen ved midlertidige skinnestød hvor den nye skinne skal samles med en ældre slidt skinne.

Herudover findes lasker til samling af forskellige skinneprofiler.

Figur 209 – Skinnestød



Isolerede stød, trælasker

Anvendes kun i overbygning DSB37 (kan også være fremstillet af glasfiber).

Isolerede stød, gl. type

Anvendes i overbygninger 45E2, DSB60 og i 60E2.

Det er en almindelig laske som er høvlet på anlægsfladen, så de løse isoleringsmaterialer kan være i laskekammeret.

Denne form for isolering anvendes i gamle spor eller som nødisoleringer i langskinnespor.

Isolerklæbestød

Beskrives i afsnittet om langskinnespor (se afsnit 9.8 på side 184).

9. Langskinnesor

9.1.	GRUNDLÆGGENDE PRINCIPPER	172
9.2.	ÅNDNINGSZONER OG RAMMESTIVHED	175
9.3.	GENERELLE KRAV TIL LANGSKINNESPOR	178
9.4.	KOMPONENTKRAV I LANGSKINNESPOR	179
9.5.	SPÆNDINGSUDLIGNING.....	180
9.6.	OVERGANG TIL LASKET SPOR/ANDET SKINNEPROFIL	182
9.7.	LANGSKINNESPOR PÅ BROER	183
9.8.	ISOLERKLÆBESTØD OG AKSELTÆLLERE.....	184

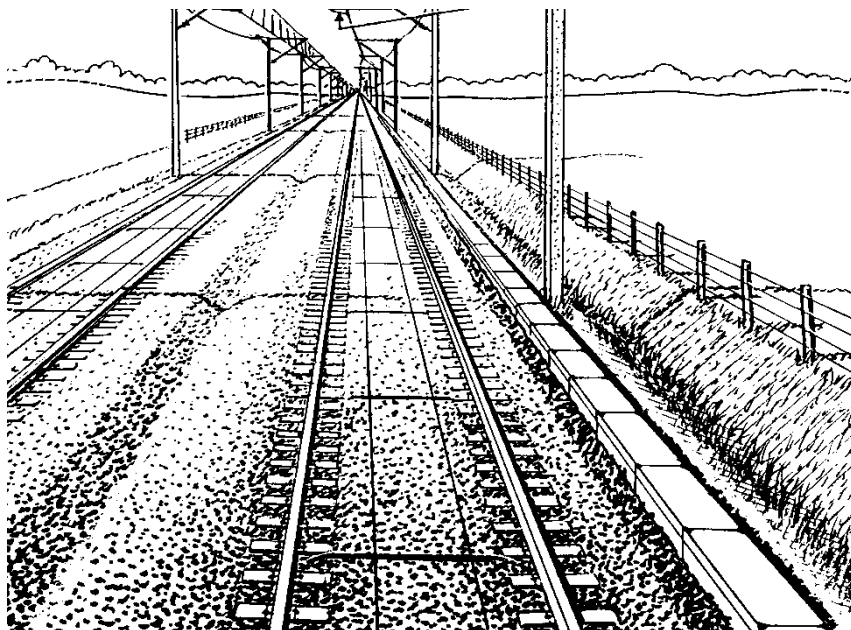
9.1. Grundlæggende principper

Definition

Et langskinnespor er et spor, hvor skinnerne er svejset sammen i principielt uendelig længde. I langskinnesporet indgår helsvejste sporskifter (alle samlinger er svejset), isolerklæbestød og klæbestød. Den mindste længde et langskinnespor kan have er i Banedanmark fastsat til 250 m, under forudsætning af at sporet kan optage de spændinger, som temperaturændringer frembringer i skinnerne. Langskinne benævnes også LS-spor.

Reglerne for langskinnespor findes i BN1-66: "Langskinnespor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor" samt i "Langskinneregler 1978" som gradvist overføres til Banenormer.

Figur 210 – LS-spor



Virkemåde

En skinne bliver længere når temperaturen stiger og trækker sig sammen når temperaturen falder. Som omtalt i kapitel 8 har man tidligere løst ved at lave stødspillerum i samlingerne mellem skinnerne, men da disse er svejst sammen i langskinnespor, er det nødvendigt at konstruktionen i stedet kan optage de spændinger der opstår.

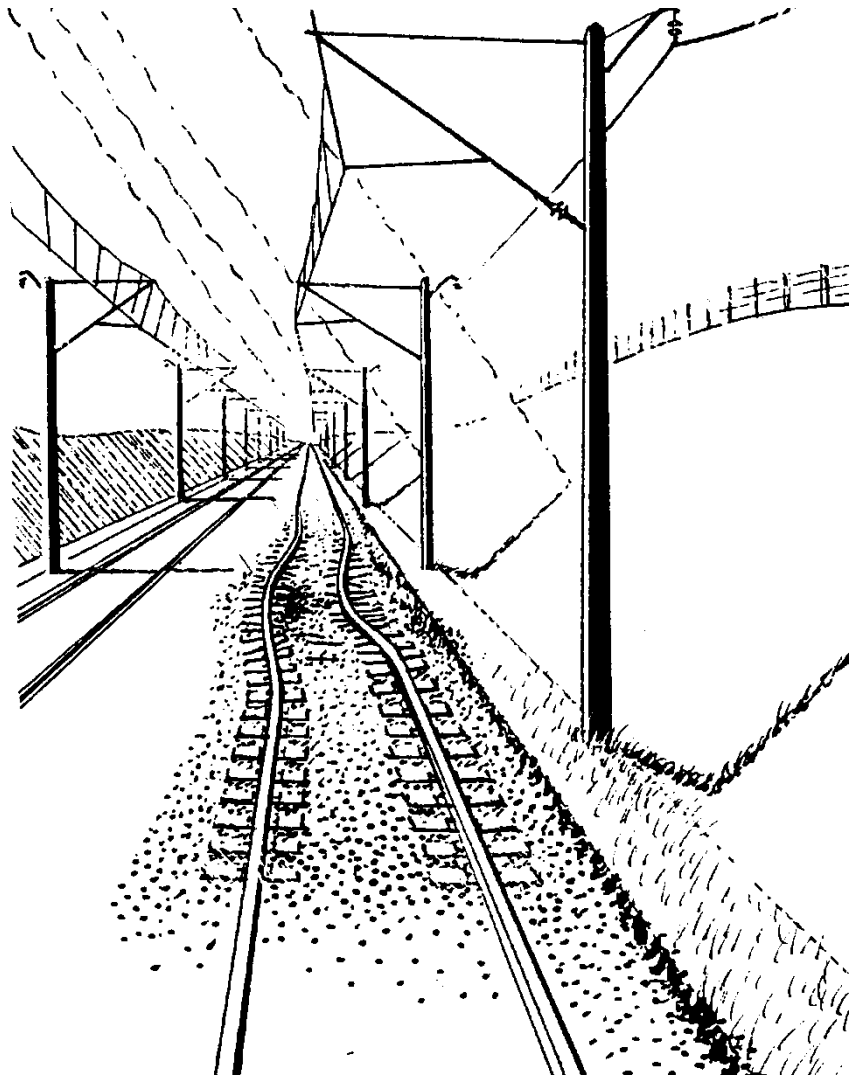
Det er således ikke meningen, at skinnen skal kunne ændre sin længde på grund af temperaturændringer. Når skinnen ikke kan ændre sin længde vil temperaturændringer i stedet medføre at det opstår spændinger/ kræfter i skinnen. En varm sommerdag vil der være trykspændinger i skinnen og en kold vinterdag vil der være trækspændinger i skinnen.

Disse spændinger skal styres og kontrolleres. Skinnen skal være befæstet så fast til svellen at den hverken kan bevæge sig over langs, ud til siden eller opad. Ligeledes skal svellen være fastholdt solidt i ballasten.

Solkurve

Såfremt skinnen ikke er fastholdt tilstrækkeligt vil trykkræfterne i skinnen på den varme sommerdag få skinnen til bøje ud og resultere i en såkaldt solkurve.

Figur 211 – Solkurve

**Skinnebrud**

På en kold vinterdag med trækkræfter i skinnen kan der opstå et skinnebrud. Hvis skinnen ikke er fastspændt tilstrækkeligt fast til svellen, kan der opstå et skinnebrud – et stort hul – fordi skinnerne løber fra hinanden.

Figur 212 – Skinnebrud



Skinnetemperatur

Skinnetemperaturen måles med specielle termometre, der hæftes på skinnetroppen i skyggesiden. En skinne i solen kan blive 20 °C varmere end den omgivende luft.

Lægningstemperaturen

Lægningstemperaturen er skinnens temperatur målt på tidspunktet for fastspænding af skinnen.

Middeltemperaturen

Middeltemperaturen er middelværdien mellem højest og lavest forekommende skinnetemperatur. Middeltemperaturen i Danmark er 15 °C idet temperaturen varierer normalt mellem -25 °C og +55 °C.

Neutraltemperaturen

Neutraltemperaturen den temperatur, ved hvilken skinnerne bør være spændingsløse. Idet solkurver anses for en større sikkerhedsmæssig risiko end skinnebrud er neutraltemperaturen i Danmark fastsat til 7 °C højere end middeltemperaturen (svarende til 22 °C), hvormed der tillades større trækkræfter end trykkræfter.

Hvis der foretages ændringer i sporet som normalt ville medføre at skinnerne enten skulle være længere eller kortere, f.eks. sideflytning af sporet i kurver, ændres neutraltemperaturen i skinnerne.

Neutraltemperaturområdet

Neutraltemperaturområdet defineres som neutraltemperaturen ± 7 °C dvs. fra +15 °C til + 29 °C.

Hvorfor langskinnesor?

Kort sagt er der ved langskinnesor mindre vedligeholdelse og større kørselskomfort, når man sammenligner med lasket spor.

Dette skyldes at stødspillerum ikke skal vedligeholdes samt alle problemerne i forbindelse med de åbne stød er fjernet i og med selve stødene er fjernet.

Ved bogens udgivelse er der ikke noget stødspor af betydning tilbage i hoved- og togvejsspor.

Spændingsudligningstemperatur

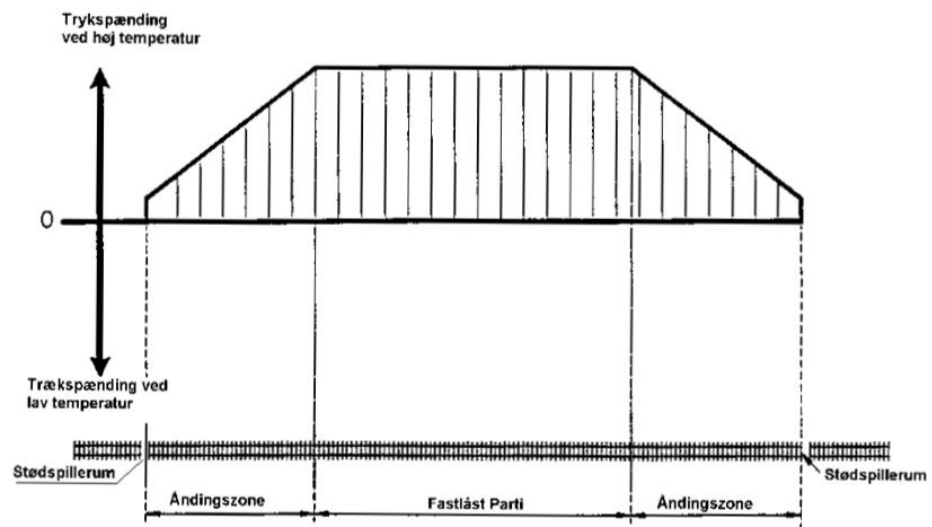
Spændingsudligningstemperaturen er den skinnetemperatur indenfor neutraltemperaturområdet, ved hvilken skinnen er fastspændt til svellerne i spændingsløs tilstand.

9.2. Åndningszoner og rammestivhed

I enderne af et helsvejst spor optræder åndningszonerne, som har en længde på ca. 50-100 m. I den centrale del af et langskinnesor, dvs. i størstedelen af et langskinnesor, er skinnerne forhindret i at bevæge sig, idet skinnerne er fastholdt til svellen af befæstelsen og idet svellen er fastholdt af skærverne.

Længdeændringer af sporet kan kun forekomme i hver ende af langskinnesoret – i åndningszonerne – hvor det ender ved et alm. skinnestød (se Figur 209 på side 169), skinneudtræk (se kapitel 11 på side 225), sporstopper (se kapitel 0 på side 231) eller lignende.

Figur 213 – Spændingsfordeling i et langskinnesor



I åndningszonerne kan sporet i en hvis udstrækning bevæge sig - ånde - med temperaturen. Herved varierer spændingerne i skinnen og går mod nul i endepunktet.

Da skinnen er fastholdt til svellen med en større kraft end svells modstand i ballasten foregår sporets længdeændring i åndningszonerne ved at sveller glider i ballasten. Jo større ballastmodstand og jo mindre skinneprofil desto kortere er åndningszonen.

Spændinger og kræfter

I de centrale dele af et langskinnesor, hvor skinnerne er hindret i bevægelse, optræder tryk- og trækspændinger. Disse ændrer sig i takt med temperaturen.

Spændingsændringen kan beregnes som følger (også beskrevet i BN1-66):

$$P = \alpha \cdot E \cdot A \cdot \Delta T$$

Hvor:

- P : Den totale langsgående kraft [N]
- α : Ståls ekspansionskoefficient [$11,5 \cdot 10^{-6}$ mm/m·K]
- E : Ståls elasticitetskoefficient (Young modul) [206.000 N/mm²]
- A : Skinneprofilets tværsnitsareal [$60E1=7670$ mm² | $45E2=5792$ mm²]
- ΔT : Temperaturforskel [K, svarende til °C da det er en forskel]

Kræfter i 45E2-skinne

Stiger temperaturen med en grad fra f.eks. 28 °C til 29 °C i en 45E2-skinne stiger trykkræften med:

$$P = \alpha \cdot E \cdot A \cdot \Delta T = 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 206.000 \cdot 5792 \cdot 1 = 13.721N$$

Kræfter i 60E1-skinne

Falder temperaturen i en 60E2-skinne fra f.eks. 10 °C til 9 °C stiger trækkræften med:

$$P = \alpha \cdot E \cdot A \cdot \Delta T = 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 206.000 \cdot 7642 \cdot 1 = 18.104N$$

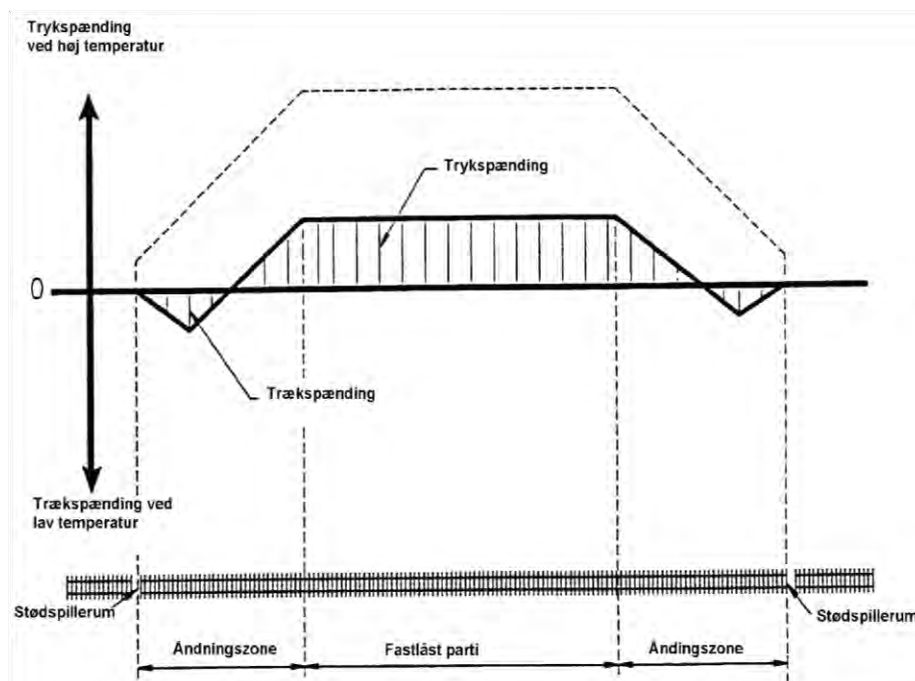
Den videnskabelige enhed for kræfter, Newton (N), kan omregnes til den mere dagligdags enhed kilogram (kg), ved at dividere med tyngdeaccelerationen, der i Danmark er 9,82 m/s², og endvidere til tons ved at dividere yderligere med 1000.

Figur 214 – Ændringer i kræfter pr. grad Celcius

Skinneprofil	Tværsnitsareal [mm ²]	Ændring [N]	Ændring [tons]
DSB37	4.708	11.153	1,136
45E2 (DSB45)	5.792	13.721	1,397
60E1 (UIC60)	7.670	18.170	1,850
60E2 (UIC60 AHC)	7.642	18.104	1,844
DSB60	7.653	18.130	1,846

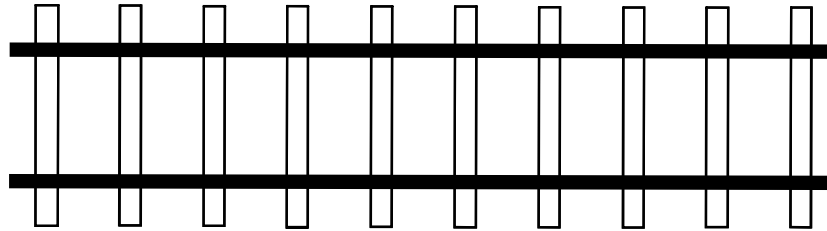
Ved temperaturændringer sker der ingen længdebevægelser i åndningszonen før forskydningsmodstanden er overvundet. Der vil derfor opstå varierende spændingsforløb og længdeændringer i åndningszonerne. I Figur 211 er vist et tilfælde hvor skinnets temperaturen er faldet fra en høj temperatur til lige over neutraltemperaturen og hvor der så forekommer indelåste trækspændinger i åndningszonen.

Figur 215 – Spændingsændring ved åndningszone



Rammestivhed

Rammestivheden er en vigtig faktor med henblik på at optage de store kræfter, der kan optræde i et langskinnesor.

Figur 216 – Sporryg

Rammestivheden er et udtryk for hvor stor påvirkning der skal til for at få rammen til at ændre form, dvs. klappe sammen, bøje ud osv.

De gamle overbygningstyper, som A, Bt mv., som kun fastholder skinnen med spiger eller svelleskrue, har ikke en flade der ligger an mod skinnefoden og dermed kan svellen relativt let drejes i forhold til skinnen.

En Cr-overbygning hvor skinnen er placeret og fastspændt mellem to ribber yder relativt større modstand mod at svellen drejer sig i forhold til skinnen.

Når der for hver svelle er stor fastholdekraft og stor modstand mod at svellen bevæger sig i forhold til skinnen giver det for en hel sporryg større rammestivhed.

Herved kan også ses at svelleafstanden er af stor betydning for rammestivheden.

9.3. Generelle krav til langskinnesor

Regler for langskinnesor er beskrevet i BN1-66: "Langskinnesor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor" samt i mindre grad i Langskinneregler (tillæg til Sporregler 1959), som er under udfasing.

De store kræfter, som kan optræde i langskinnesor stiller store krav til sporet som helhed og til de komponenter sporet er opbygget af.

Der skal altid være bedst mulig sikkerhed mod primært solkurver og skinnesorbrudsåbninger men også mod mindre ændringer af sporets beliggenhed (se kapitel 0 på side 261).

I et langskinnesor skal man have styr på kræfter på op til 1000 kN (ca. 100 tons)!

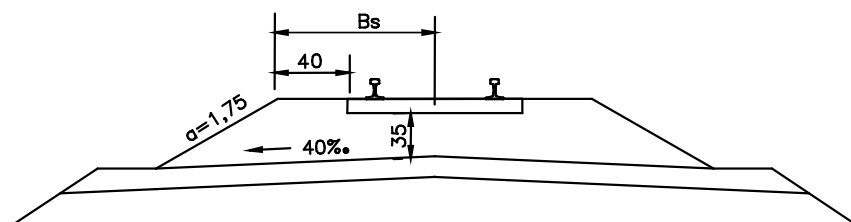
Sikkerheden baseres på følgende vigtige krav:

- Underbygningen skal være stabil og uden nævneværdige sætninger
- Ballasten skal være skærveballast svarende til kravene i BN1-6.
- Fra svelleende til skulderkant skal der være iht. kravene i BN1-6.
- Svelleafstand normalt maksimalt 62,5 cm
- Overbygningstypen skal være C eller skinnerne skal være nye eller reoverede 60E2 eller 45E2
- Sporet skal være bygget således, at skinnerne er spændingsløse indenfor neutraltemperaturområdet
- Modstande mod at skinnen kan bevæge sig i forhold til svellen skal være så stor, at temperaturkræfterne kan overføres til ballasten gennem svellerne
- Arbejder i sporet må ikke tilføre ekstra spændinger i skinnerne eller udføres på tidspunkter med høje spændinger i skinnerne

9.4. Komponentkrav i langskinnesor

Indledning	I gældende regler og normer beskrives detaljeret hvilke krav der gælder for langskinnesor. Her gennemgås – for hver af langskinnesorets enkelte dele – de vigtigste krav fra denne regelsamling.
Skinner	Skinner der indgår i langskinnesor, skal være nye eller renoverede 60E1, 60E2, DSB60 eller 45E2.
Sveller	Et nyt langskinnesor bygges som regel med monobloksveller, men alle typer af betonsveller samt træsveller med tværsnit 160 x 260 mm tillades anvendt.
Svelleafstand	På hoved-, regional- og S-baner skal afstanden mellem to sveller normalt være 625 mm fra svellemidte til svellemidte, men på lokal- og godsbaner kan der efter nærmere vurdering af sporets rammestivhed, strækningshastighed mv. tillades større svelleafstand.
Befæstelse	Skal være af adskilt eller dobbeltelastisk type med tilstrækkelig stor og vedblivende fastholdekraft, vridningsmodstand og modstand mod at skinnen kan bevæge sig på langs i forhold til svellen (gennemskydningsmodstand).
Overbygningstyper	Skinne-, svelle- og befæstelsestype udgør tilsammen overbygningstypen og følgende typer tillades anvendt i LS-spor: Db, Dbg, Dbr, Dbs, Dbn, Dm, Dmp, Dme, Dt, Cr og Crf med DSB37, 45E2, DSB60, 60E1 eller 60E2-skinner. Der findes dog ikke langskinnesor med DSB37 på Banedanmarks netværk længere, men der er eksempler på andre infrastrukturforvaltere i Danmark der benytter den.
Ballast	Fuldt ballastprofil i henhold til gældende tværprofil jf. BN1-6.

Figur 217 – Vigtige mål i ballastprofilet



Kurveradier	Krav til minimumsradier afhænger af sportype, hastighed og skinneprofil. De præcise regler kan findes i BN1-66 afsnit 16. Grunden til at der tillades forskellige radier skyldes bl.a. forskellen i de forskellige overbygningstypers rammestivhed, f.eks. har overbygning Dt relativ lille rammestivhed.
Sporskifter	Sporskifter, som indgår i LS-spor, skal være helsvejste og tungepartiet skal være med fjedrende skinnenetunger eller med fjedrende tunger på glidestole, idet kun disse typer kan optage de kræfter, som optræder i LS-spor. I Langskinneregler (tillæg til Sporregler 1959) er der beskrevet nærmere om, hvad der gælder for sporskifter, som indgår i langskinnesor.

9.5. Spændingsudligning

Spændingsudligning vil sige at skinnerne enten forlænges eller afkortes til spændingsfri tilstand indenfor neutraltemperaturområdet.

Ved en temperatur indenfor neutraltemperaturområdet, +15 °C til +29 °C, skal skinnerne være spændingsfrie. Vælges det for eksempel at skinnerne skal være spændingsfrie ved 22 °C og skinnerne skal fastspændes ved en skinnetemperatur på 8 °C vil det være nødvendigt at forlænge skinnerne før de fastspændes. Den nødvendige forlængelse findes ved tabelopslag i BN1-66 bilag 4.

Ved at forlænge skinnerne med et specielt trækapparat tilføres skinnerne trækspændinger før de spændes fast. Når temperaturen stiger fra 8 °C til 22 °C forsvinder trækspændingerne gradvist og ved 22 °C er skinnerne spændingsfrie. Stiger temperaturen over de 22 °C opbygges der trykspændinger i skinnerne.

Hvis den spændingsfrie temperatur ligger udenfor neutraltemperaturområdet, opfyldes det grundlæggende krav for langskinnespør ikke, hvilket vil medføre følgende sikkerhedsrisici:

- Solkurver kan opstå om sommeren hvis den spændingsfrie temperatur er for lav
- Stor åbning mellem skinneenderne ved skinnebrud om vinteren hvis den spændingsfrie temperatur er for høj

Sporafsnit med for lav spændingsfri temperatur bør udlignes før den varme årstid og sporafsnit med for høj spændingsfri temperatur bør udlignes inden vinteren.

Før der spændingsudlignes skal sporet være fuldt ballasteret samt justeret til at ligge indenfor tolerancer for højde- og sidebeliggenhed som angivet i Banenorm BN1-38: "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer".

Skinnetemperatur ved spændingsudligning

Skinnetemperaturen kan ligge indenfor, under eller over neutraltemperaturområdet.

Udligning kan foretages når skinnerne ligger indenfor eller under neutraltemperaturområdet. Hvis temperaturen ligger over findes der ikke p.t. en brugbar teknik til at afkøle eller sammentrykke skinnerne for derved at tilføre dem trykspændinger.

Regler

Regler for spændingsudligning er beskrevet i BN1-66.

Spændingsudligning har til formål at sikre at skinnerne er spændingsfrie ved en temperatur indenfor neutraltemperaturområdet.

Ligger temperaturen, hvor skinnerne er spændingsfrie, uden for neutraltemperaturområdet er det grundlæggende krav til langskinnespør ikke opfyldt.

Hvornår skal der udlignes?	Efter alle arbejder i sporet der ændrer skinnernes spændingstilstand ved f.eks. længdeændring eller sidetræk herunder indlægning af indpasser, indlægning af sporskifte, sporombygning, sidetrækning af spor, justering af sporet mv. skal der udføres spændingsudligning.
Vigtige registre i forbindelse med spændingsudligning	<p>Alle indgreb i langskinnesor skal registreres og alle udførte spændingsudligninger skal ligeledes registreres.</p> <p>Både for indgreb og for spændingsudligning findes et register, hvori man kan finde oplysninger om alle indgreb samt alle udførte spændingsudligninger.</p> <p>Det er vigtigt, at der efter udførelse af sådanne arbejder udfyldes de særlige skemaer hertil, som indsendes til svejseteknisk sektion, der sørger for inddatering i registre.</p>
Metode	<p>Der udlignes enten ved naturlig forlængelse eller med hydraulisk skinne-spændeapparat, i modsætning til tidligere hvor man udlignede ved hjælp af varmerør. I sidstnævnte to tilfælde er der tale om en kunstig forlængelse af skinnerne.</p> <p>Spændingsudligning kan foretages ensidigt eller dobbeltsidigt. Hvis afsnittet, der skal spændingsudlignes, er større end 300 m, skal det udføres ensidigt. Sædvanligvis udføres spændingsudligning i Danmark kun op til 600 meters længde.</p> <p>Udlignes der ved naturlig forlængelse skal dette foregå mellem +20 °C og +29 °C, mens udligning ved skinnetemperaturer under +20 °C, men større end 0 °C, foretages ved kunstig forlængelse.</p> <p>Når skinnernes befæstelse er løsnet på hele den strækning, der skal udlignes, skal man sikre sig, at skinnerne kan bevæge sig, ved at man går langs med sporet og for hver anden til tredje svelle løftes skinnen med en speciel løftestang.</p> <p>Når skinnerne er udlignet tilspændes hele strækningen på nær 20 m på hver side af opskæringen. Befæstelsen på disse sidste 2×20 m tilspændes tidligst én time efter slutsvejsningen er foretaget.</p>

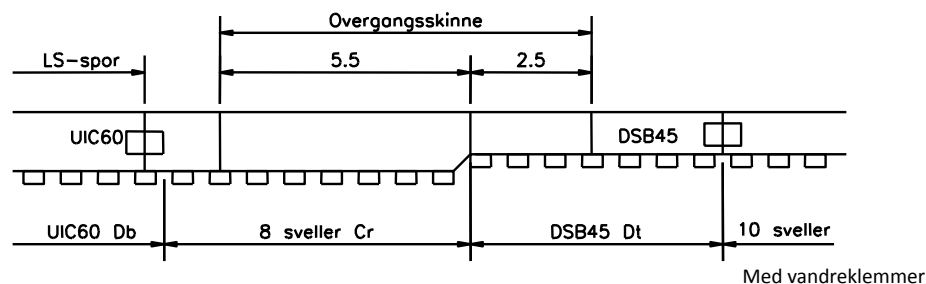
9.6. Overgang til lasket spor/andet skinneprofil

Hvor LS-sporet støder op til lasket spor gælder der i henhold til Langskinneregler (tillæg til Sporregler 1959) en række forskrifter afhængig af hvilken overbygningstype der er i LS-sporet og det tilstødende laskede spor.

Generelt gælder, at der anvendes en stuksvejst overgangsskinne der svejses til det laskede spor samt at de otte første sveller i det laskede spor udføres med Cr-befæstelse, eller hvis hastigheden er op til 120 km/t en bred overgangssvejsning.

Figur 218 – Eksempel: Overgang fra LS-spor UIC60 Db til lasket spor DSB45 Dt

Se også Figur 118 på side 114



Overgangsskinnen skal være mindst 7,5 m lang.

Ved overgang mellem forskellige skinneprofiler overføres de større kræfter fra den større skinne til den mindre og dette kan medføre risiko for sporforskydning (solkurver).

Overgang til anden skinneprofil bør derfor tilstræbes placeret i ret spor eller i kurver med radier større end 1500 m.

En overgangsskinne kan i nogen henseender prælibes, så den passer til slidet i tilstødenden skinner. En sådan overgangsskinne kaldes i daglig tale en "Amerikaner".

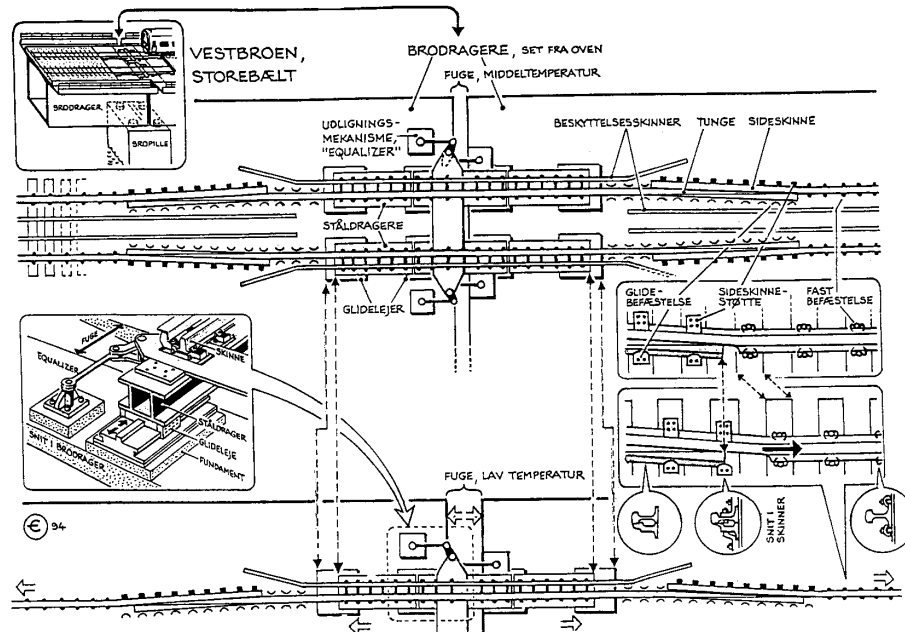
9.7. Langskinnerpor på broer

Hvis sporet ligger i ballast på broen kan sporet principielt føres over uden afbrydelse.

Ved broer af en hvis længde skal der dog etableres skinneudtræk ved overgang fra bro til normal underbygning.

Normalt placeres skinneudtræk over de bevægelige lejer, hvor også ballastkassen deles med lodrette skod på tværs af sporet.

Figur 219 – Langskinnerpor med skinneudtræk på bro (Vestbroen)



På broer hvor sporet er befæstet direkte til brodækket og broens længde er over 20 m skal der etableres skinneudtræk (se kapitel 11 på side 225) over de bevægelige lejer.

9.8. Isolerklæbestød og akseltællere

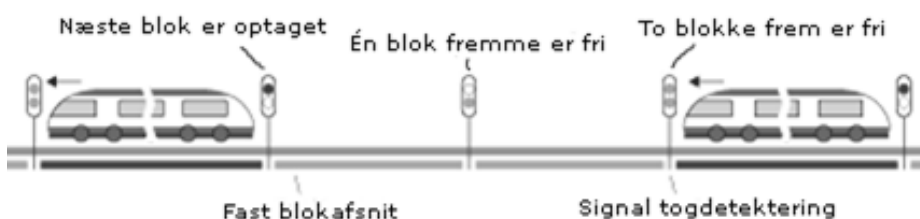
Regler for isolerklæbestød er beskrevet i den tekniske meddelelse TM50 "Isolerklæbestød, anvendelseskriterier".

Sporisolation er en vigtig del i et sikringsanlæg. For at kunne registrere om et spor er frit for andre tog, er traditionelle signalsystemer (relæ-anlæg eller lignende) baseret på en inddeling af sporene i nogle afgrænsede sporafsnit. Disse sporafsnit betegnes faste blokafsnit og er et centralt element i ethvert signalanlæg. Isolationens formål er, at adskille to blokafsnit, hvori toget kan lokaliseres, fra hinanden.

Når et tog kører ind i et fast blokafsnit og kortslutter en relæstrøm mellem et spors to skinner er det muligt, at lokalisere hvor toget er, og hele blokafsnittet lukkes for andre tog. Dette signaleres til bagvedkørende tog med et signal der viser rødt. Hvis lokomotivføreren ser et grønt signal, betyder det at blokafsnittet foran ham er frit, mens to grønne lamper betyder, at de næste to blokafsnit er fri. Længden af et blokafsnit varierer. Blokafsnittene tættest på stationerne kan være helt ned til 100m, mens blokafsnittene på frie strækninger mellem to stationer kan være op til flere kilometer lange.

På Figur 220 vises det eksisterende system med ydre signaler langs banen. Signalerne i de moderne systemer, som ERTMS, vises i togets førerrum, hvorfor de ydre signaler kan fjernes. Blokinddelingen er i disse signalsystemer baseret på akseltækkere (omtales senere i dette afsnit).

Figur 220 – Blokafsnit



Der anvendes der to forskellige isolerklæbestød i Banedanmark: Fabriksfremstillede isolerklæbestød og isolerklæbestød fremstillet på stedet. Førstnævnte findes både i en skrå og ret udgave.

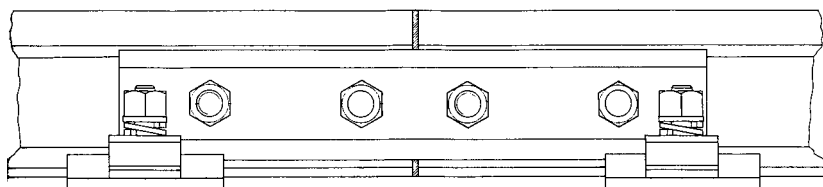
Fabriksfremstillede isolerklæbestød

Disse stød fremstilles som færdige indpassere på 7,5 meters længde og med det isolerede stød indbygget. Stødet fremstilles ved epoxy-limning, og der anbringes et glasfibermellemlæg mellem lasker og skinne. Stødet indbygges i sporet med to aluminotermiske svejsninger iht. Teknisk meddelelse TM 50/20.08.2012. "Fabriksfremstillede isolerklæbestød" blev tidligere også fremstillet direkte i sporet, men dette er ophørt bl.a. af hensyn til arbejdsmiljøet.

Isolerklæbestød, fremstillet på stedet

Lasken er fabrikeret med en skal af stål. Mellem skallen og selve lasken er der indlagt et isolerende lag. Ved montage i sporet renses de to skinneender omhyggeligt, og der påføres klæber/cement. Herefter spændes lasken sammen og det overskydende klæber/cement presses herved ud.

Figur 221 – Isolerklæbestød



Figur 222 – Rette isolerklæbestød på SP90-sveller



Vedligeholdelse af isolerklæbestød

Isolerklæbestød er meget tidskrævende at vedligeholde. Typiske fejl som opstår, er stødsveller der ligger under niveau, næbdannelser (skinnestål der som følge af kørsel primært i samme retning henover stødet vales ud og danner kontakt mellem skinnerne, kortslutter stødet og dermed danner forbindelse til næste blokafsnit), defekt fibermateriale og brud i laskekammeret.

På grund af, at der stilles store krav til isolerklæbestødernes tilstand, udføres der hver tredje måned et omfattende eftersyn.

I det tidligere DSB bane er der i kvalitetshåndbogen lavet en omfattende beskrivelse af et sådant eftersyn i procedure nr. DV-06-P017 og arbejdsinstruktioner nr. DV-06-A015 til DV-06-A017.

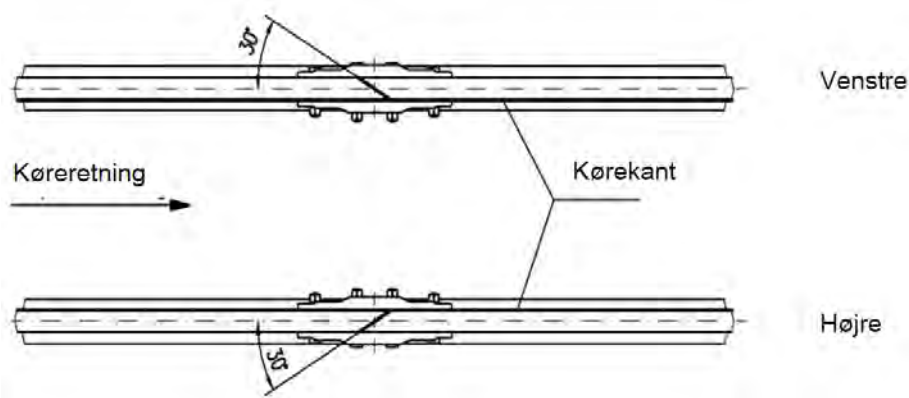
FTGS-anlæg

Netop vedligeholdelsen på isolerklæbestødene og andre gener som støj og slitage på rullende materiel, har medført at der er udviklet et nyt relæsystem som hedder FTGS (Ferngespeiste Tonfrequenz-Gleisstromkreise). Anlægget fungerer uden isolerklæbestød på ret spor, det kaldes også for en stødløs sporisolation. I øjeblikket er der kun indført et fåtal af disse anlæg på S-banen og i Storebæltstunnelen.

Skrå isolerklæbestød

Skrå isolerklæbestød kaldes sådan fordi skinnen skæres over i et snit der er 30° på den primære køreretning. Det skulle have den fordel at der bliver færre spånefejl og laskebrud. Imidlertid er der behov for en forstærket laske, som har nogle kompatibilitetsproblemer med ældre befæstelsestyper. Ved bogens udgivelse benyttes både skrå og rette isolerklæbestød.

Figur 223 – Etablering af skrå isolerklæbestød



Figur 224 – Præfabrikerede skrå isolerklæbestød



Akseltæller

Akseltællere er et alternativ til togdetektering vha. blokafsnit der oprettes ved fysisk indgreb i skinnerne med isolerklæbestød. En akseltæller er en detektor der placeres i hver ende af et afsnit, som tæller det antal aksler som kører ind hhv. ud af afsnittet. Når antallet af aksler i afsnittet er nul, meldes det frit.

Når Signalprogrammet i Danmark er udrullet på alle strækninger, efter planen omkring år 2022, vil langt hovedparten af isolerklæbestødene være overflødige, da blokinddelingen foretages vha. akseltællere.

Figur 225 – Akseltæller



10. Sporskifter

10.1. GENERELT.....	188
10.2. HOVEDGEOMETRI	189
10.3. TYPER	191
10.4. TUNGEPARTIET.....	196
10.5. MELLEMPARTIER	201
10.6. KRYDSNINGSPARTIER	202
10.7. OVERBYGNINGSTYPER	206
10.8. U-/I-KRUMME SPORSKIFTER	207
10.9. DREV, KONTROLSTÆNGER OG AFLÅSNING.....	212
10.10. BEVÆGELIG HJERTESPIDS	216
10.11. SPORSKIFTEKORT.....	219
10.12. SPORUDVEKSLINGSMATERIEL (SUM)	223

10.1. Generelt

Formål

Sporskifter (ofte forkortet spsk) bruges, hvor der ønskes mulighed for at vælge mellem to eller flere togveje.

Et enkeltsporskifte giver mulighed for at vælge mellem to togveje, mens et forsat sporskifte samt nogle færgesporskifter giver mulighed for tre togveje.

Betegnelser

Et sporskifte er normalt opbygget med et lige stamspor og et krumt vigespor. Vigesporet kaldes tillige sporskiftets afvigende gren. Et sådant sporskifte kaldes et enkelt sporskifte.

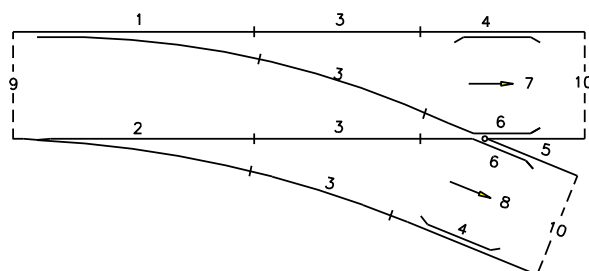
Et højre sporskifte vil sige at vigesporet drejer til højre set fra tungestødet. Et venstre sporskifte vil sige at vigesporet drejer til venstre set fra tungestødet.

Et sporskifte opdeles i:

- Forenden, dvs. stykket efter tungestødet, hvor skinnens hældning ændres fra 1:40 eller 1:20 til lodret
- Tungepartiet
- Mellempartiet
- Krydsningspartiet
- Bagenden, hvor skinnens hældning ændres tilbage til 1:20 eller 1:40

Tunge-, mellem- og krydsningsparti er det egentlige sporskifte.

Figur 226 – Sporskiftets hoveddele



Figurforklaring:

1. Krum sporskiftetunge med ret sideskinne
2. Lige sporskiftetunge med krum sideskinne
3. Mellemskinner
4. Tvangskinner opbygget af tvangskinneprofil og sideskinne
5. Sporskiftekrydsningens hjertespid
6. Sporskiftekrydsningens vingeskiner
7. Stamspor
8. Vigespor
9. Sporskiftets forende
10. Sporskiftets bagende

Et sporskifte betegnes ved skinneprofil (hvor der stadig benyttes de gamle betegnelser DSB45 og UIC60), radius i vigesporet, hældning (herom i næste afsnit) og om det er et højre eller venstre sporskifte.

Eksempel

UIC60-R500-1:12h, hvilket vil sige et sporskifte med UIC60-skiner, radius i vigesporet er 500 m, hældningen er 1:12 og det er et højre sporskifte.

10.2. Hovedgeometri

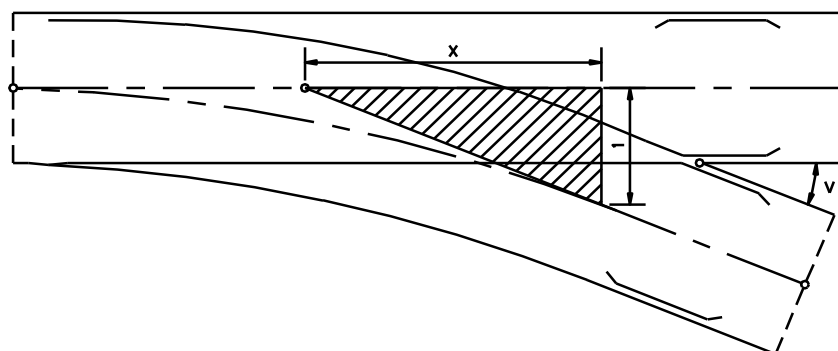
Sporskiftets hældningsforhold er hældningsforholdet mellem stamsporets centerlinje og tangenten til vigesporets centerlinje.

Dette betegnes også som tangens til vinklen mellem de to centerlinjer:

$$\tan(v) = \frac{1}{x}$$

I sporskiftets betegnelse erstattes brøktegnet med et kolon (:) således at den kan skrives ud i et.

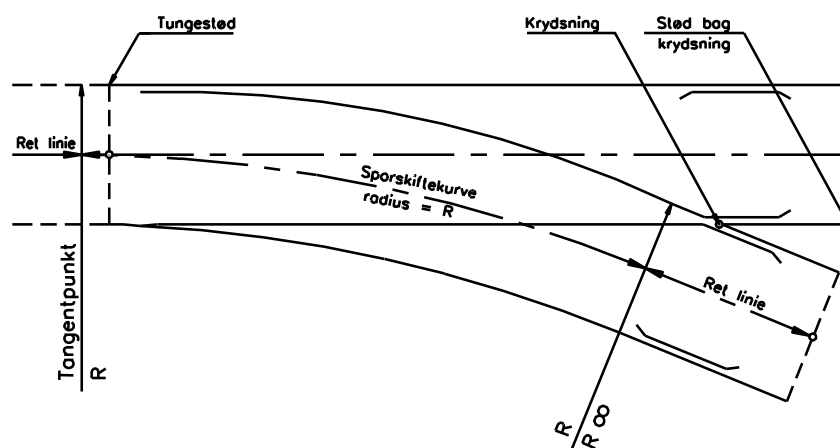
Figur 227 – Definition af hældning



Et sporskiftes hældning er lig krydsningens hældning, når vigesporets radius afsluttes før krydsningen.

Det kaldes en ret krydsning eller et enkelt sporskifte med kort kurve.

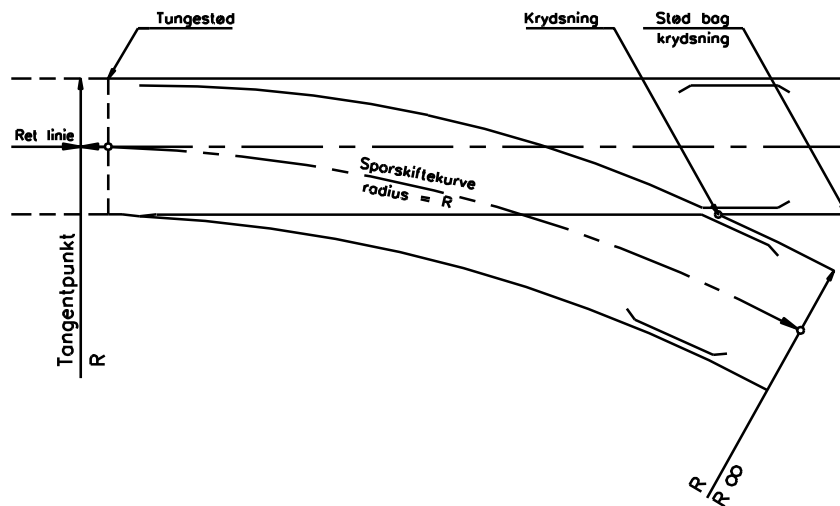
Figur 228 – Sporskifte med kort kurve



I sporskifter med gennemgående radius trækkes tangenten til vigesporets centerlinje fra stødet i krydsningens bagende.

Det kaldes et enkelt sporskifte med lang kurve.

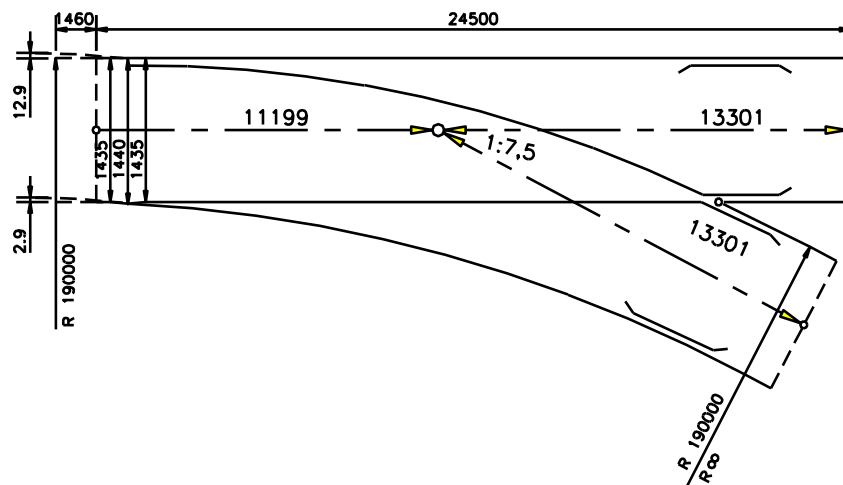
Figur 229 – Sporskifte med lang kurve



Et sporskiftes hovedmål er:

- Længden fra tungestød til stød bag krydsning samt længder på centerlinjer
- Radius i vigesporet
- Hældningsforholdet

Figur 230 – Hovedmål mv. for sporskifte DSB45 R190 1:7,5



10.3. Typer

Hvilken type sporskifte, der skal anvendes et givet sted bestemmes ud fra krav til komfort og hastighed.

Dvs. hældningsforhold og radius vælges under hensyn til den hastighed vige-sporet skal kunne befares med.

Det er radius, der er bestemmende for den tilladte maksimale hastighed i vige-sporet.

En lille radius medfører et kort sporskifte med en hurtig afvigelse fra stam-sporet, men en lille hastighed i vige-sporet. F.eks. UIC60-R190-1:7,5.

Den mindst tilladte radius i vige-sporet er 190 m fordi dette er den mindste radius hvor alt rullende materiel kan passere.

Den størst tilladte hastighed i vige-sporet er her 40 km/t.

I eksisterende rilleskinnesporskifter tillades dog R134 m jf. BN1-14 afsnit 14. Jf. BN2-15 og TSI INF kræves mindst R150 m i nye rilleskinnesporskifter.

En stor radius kræver et langt sporskifte med en langsom afvigelse fra stam-sporet, men til gengæld med en større hastighed i vige-sporet. F.eks. UIC60-R1200-1:19.

Den største radius i sporskifter ved Banedanmark er i dag 2500 m, men i udlandet findes langt større sporskifter.

Ved DSB findes en lang række forskellige sporskifter, dels i de forskellige skinneprofiler, der har været anvendt gennem tiderne, dels i forskellige overbygningstyper og sidst men ikke mindst vigtigt til forskellige formål.

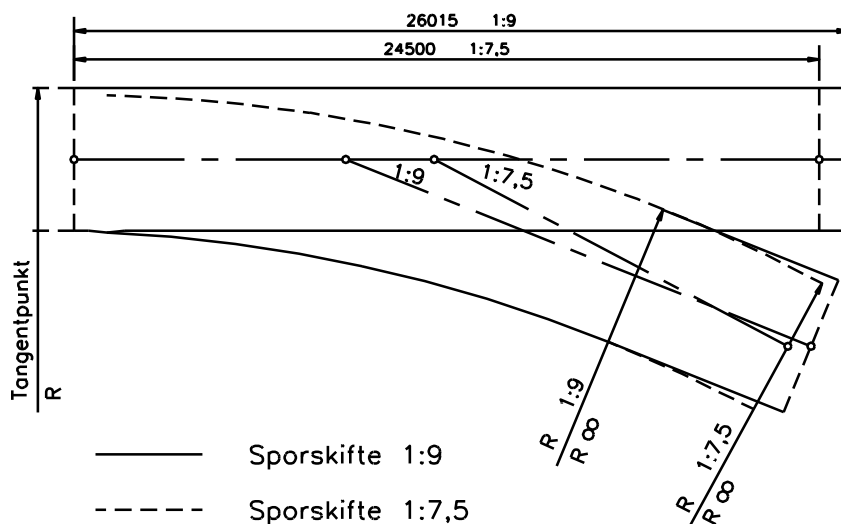
Her omtales kun sporskifter med DSB45- og UIC60-skinner.

På blad nr. 5730 og bladnr. 7960 er oversigt over DSB45- og UIC60-sporskifter med angivet hovedgeometri og anvendelsesområder. Endvidere kan en oversigt over de mest almindelige typers bladnumre findes på Figur 3 og Figur 4 på side 19.

Typer med DSB45 skinner Der findes følgende hovedtyper af sporskifter med DSB45-skiner:

- DSB45-R215-1:5,45
Er et symmetrisk sporskifte, der kun anvendes i sidespor.
- DSB45-R190-1:7,5
Et kort meget anvendt sporskifte, typisk på stationer, hvor hastigheden er lav. På hovedspor anvendes disse, hvor sidespor afviger.
- DSB45-R190-1:9
Dette sporskifte har ligeledes R190, men dette er lidt længere end 1:7,5 idet radius slutter før krydsningen, i modsætning til 1:7,5, hvor vigesporrets kurve fortsætter gennem krydsningen.
- DSB45-R330-1:11
Indgangssporskifte eller i transversaler
- DSB45-R500-1:14
Indgangssporskifte, der ikke har været anskaffet siden 1962.

Figur 231 – Sporskifte 1:9 & 1:7,5



Typer med UIC60 skinner Der findes følgende hovedtyper af sporskifter med UIC60-skiner:

- UIC60-R190-1:7,5
Bør ikke anvendes i hovedspor. Bør hvis forholdene tillader dette erstatte DSB45 af samme type ved udveksling.
- UIC60-R190-1:9
Anvendes på stationer samt på hovedspor med hastighed indtil $V \leq 120$ km/t hvor sidespor afviger. Ved $V > 120$ km/t skal der jf. krav i BN2-15 til sporskiftets hovedkonstruktion være min. R300 m i afvigende gren
- UIC60-R300-1:9
Anvendes i transversaler på stationer samt som indgangssporskifte f.eks. til sidespor hvor hastigheden i stamsporet er $V > 120$ km/t. Var oprindeligt en afløser for DSB45 1:11, men dette har vist sig at være uhensigtsmæssigt.

- UIC60-R500-1:12
Variant af UIC60-R500-1:14 der bl.a. anvendes hvor der er behov for at sporskiftekurven i afvigende spor skal fortsætte. Da sporskiftet har en gennemgående kurve gennem krydsningen kan den med fordel anvendes i transversaler, hvorved flere små rette stykker i traceet undgås.
- UIC60-R500-1:14
Anvendes i transversaler. Kræver mindre sporafstand end 1:12 i transversaler. Da afvigende spor i et ikke-krummet sporskifte er ret igennem krydsningspartiet giver dette anledning til færre vedligeholdelsesomkostninger end varianten UIC60-R500-1:12.
- UIC60-R1200-1:19
Indgangssporskifte samt i transversaler på nyere hovedstrækninger. Findes i to udgaver, hvoraf den nyeste med gennemgående kurve bør benyttes.
- UIC60-R2400-1:19
Symmetrisk sporskifte til brug hvor banen deler sig. Anskaffes stort set ikke mere. Findes også i en udgave med bevægelig hjertespid til højhastighedsstrækningen København-Ringsted.
- UIC60-R2500-1:26,5
Indgangssporskifte samt i transversaler på nyere hovedstrækninger, hvor der ønskes stor krydsningshastighed. Findes også i en udgave med bevægelig hjertespid til højhastighedsstrækningen København-Ringsted.
- UIC60-R2500-1:27,5
Variant af UIC60-R2500-1:26,5, som kræver mindre sporafstand end det oprindelige (se også Sporregler afsnit 2.09). Indgangssporskifte samt i transversaler på nyere hovedstrækninger, hvor der ønskes stor krydsningshastighed. Findes også i en udgave med bevægelig hjertespid til højhastighedsstrækningen København-Ringsted.

Særlige sporkonstruktioner

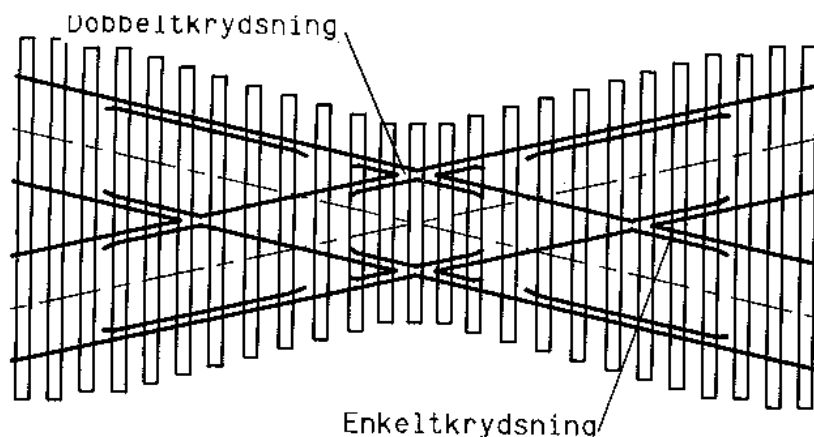
Særlige sporkonstruktioner er:

- Sporskæring
- Forsat sporskifte
- Krydsningssporskifte
- Halvt krydsningssporskifte
- Transversal
- Diamantkrydsning
- Skinneudtræk

Sporskæring

Hvor to spor krydser hinanden dannes en sporskæring hvori der bl.a. indgår to enkeltkrydsninger og to dobbeltkrydsninger. Der findes nogle typiske sporskæringer, såsom den der indgår i diamantkrydsninger, men langt de fleste sporskæringer er konstrueret så de passer til de specifikke forhold et givet sted. Dvs. at der ofte er en kurve i det ene eller begge spor, hældningsforholdet i krydsningen afhænger af de lokale forhold mv. Tegninger af sporskæringer er som oftest 10-tals tegninger.

Figur 232 – Sporskæring

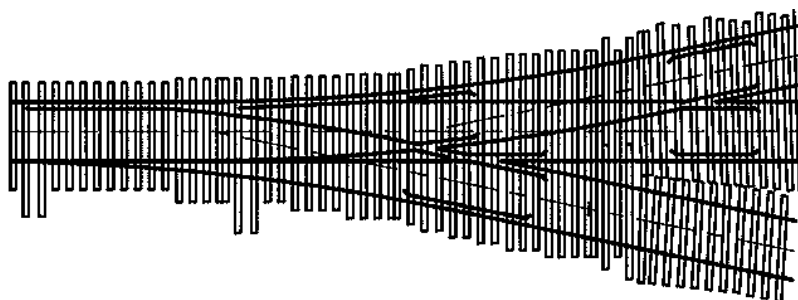


Forsat sporskifte

I et forsat (også kaldet tredelt) sporskifte er der umiddelbart efter det første tungeparti anbragt et tungeparti der har vigespor til modsatte side. Et forsat sporskifte benævnes h + v eller v + h afhængigt af hvilken side der afviges til først. Ved Banedanmark findes typen kun med DSB45-skiner i hældning 1:9 og med begge radier på 190 m. Bagerste krydsning kan være hældning 1:7,5.

Typen anvendtes på banegårde med begrænset plads, da typen er kortere end to på hinanden følgende enkeltsporskifter, men bør kun bruges hvis to enkeltsporskifter ikke er en mulighed, da forsatte sporskifter har flere komplekse jerndeale og derfor er mere besværlige at vedligeholde.

Figur 233 – Forsat sporskifte



Krydsningssporskifte

Et krydsningssporskifte har fire tungepartier, to dobbeltkrydsninger og to enkeltkrydsninger.

Sporskiftet er således en sporskæring med krumme forbindelsesspor indlagt mellem de krydsende spor.

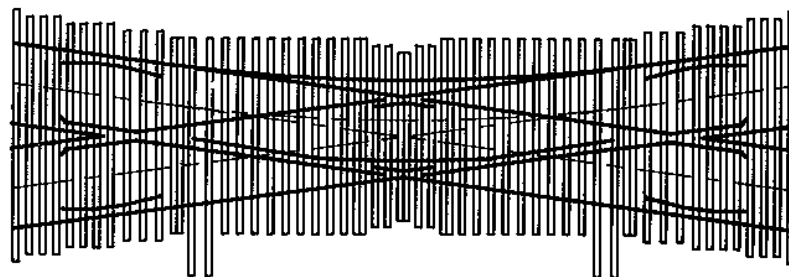
Typen anvendes hvor pladsen er meget trang.

Udelades den ene af de krumme forbindelser kaldes det et halvt krydsningssporskifte.

Figur 234 – Krydsnings-sporskifte



Figur 235 – Halvt krydsnings-sporskifte



Transversal

Transversalen er et skråt sporstykke, som består af to sporskifter og et mellemliggende sporstykke.

Ved små sporafstande vil det mellemliggende sporstykke ofte indgå som en del af begge sporskifters bagender. I givet fald er det nødvendigt at udarbejde planer, der viser placeringen af sveller i transversalen.

Specielt for transversaler med sporskifter på betonsveller har det været nødvendigt at fremstille specielle sveller samt udarbejde standardtegninger for svelleplacering ved forskellige sporafstande (bladnummer 7968 og 7979).

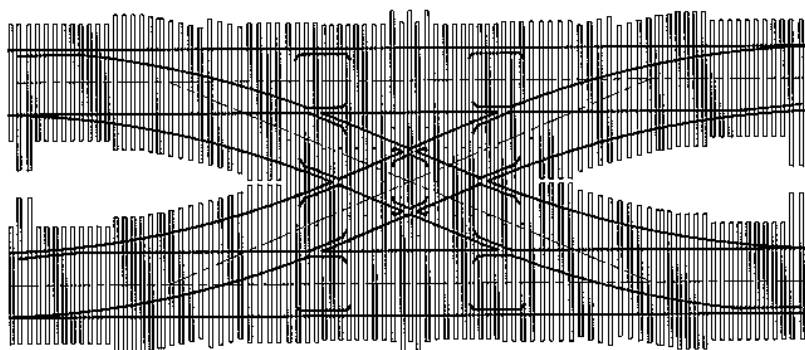
Figur 236 – Transversal



Diamantkrydsning

En diamantkrydsning er to krydsende transversaler, der består af fire sporskifter og en sporskæring.

Figur 237 – Diamantkrydsning



10.4. Tongepartiet

Tungepartiet består af to halve tungepartier, der hver består af en sideskinne fremstillet af normalt skinneprofil og selve tungen, der er fremstillet af et tungeprofil. Herudover indgår diverse underlagsplader, glidestole, tunge-støtter, befæstelsesdele mv.

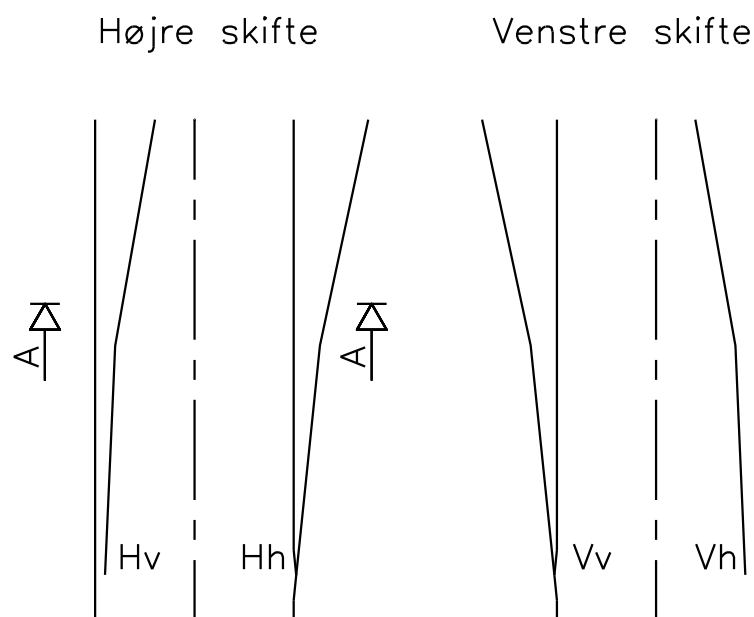
Sideskinnerne udgør de ubrudte skinnestrengene i henholdsvis stamsporet og vigesporet.

Tungeprofilet er, for at kunne gå ind over sideskinnens fod, lavere end sideskinnen. Tungerne tilspidses ved høvling af tungeprofilet.

Ved konstruktion af et sporskifte er et af de vigtige punkter, at sikre en fornuftig forbindelse mellem de bevægelige tunger og de faste skinner bagved.

Afhængigt af om det er et højre eller venstre sporskifte benævnes de halve tungepartier henholdsvis Hh (krum side-skinne og ret tunge), Hv (ret side-skinne og krum tunge), Vh og Vv.

Figur 238 – Halve tungepartier



Tungerne set i snit A-A



Hv = Højre skifte
venstre tunge



Hh = Højre skifte
højre tunge

Vv = Venstre skifte
venstre tunge

Vh = Venstre skifte
højre tunge

Typer af tungepartier

Der findes fire typer af tungepartier:

1. Tungeparti med drejetapper (stive tunger)
2. Tungeparti med fjedrende tunger på tungeplader
3. Tungeparti med fjedrende skinnetunger
4. Tungeparti med fjedrende tunger på glidestole

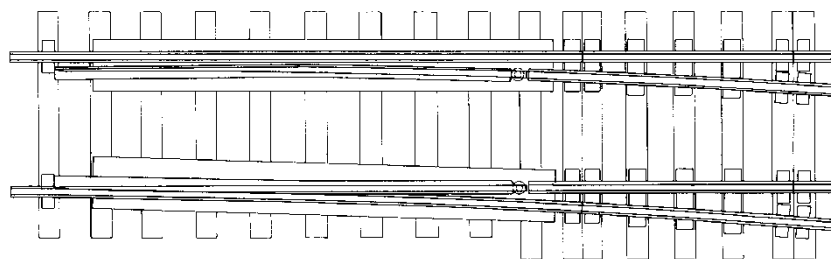
1) Tungeparti med drejetapper

Denne konstruktion er udført med en stiv tunge, der ved tungeroden har en påsvejst tungerodsklods. På tungerodsklodsens underside er der boret et hul, der passer til den drejetap, der er monteret på langpladen.

Tungepartiet understøttes af en langplade i hele dets længde. På langpladen er monteret glidestole til understøtning af den lavere tunge, således at tungen kan passere ind over sideskinnens fod.

Denne type tungeparti findes kun i ganske gamle sporskifter på sidespor og er ikke blevet fremstillet i mange år.

Figur 239 – Tungeparti med drejetap

**2) Tungeparti med fjedrende tunger på tungeplader**

Denne konstruktion er udført med et tungeprofil, der ved tungeroden er udpresset i facon som almindeligt skinneprofil.

Herved kan tungen laskes eller svejses sammen med mellemskinnerne.

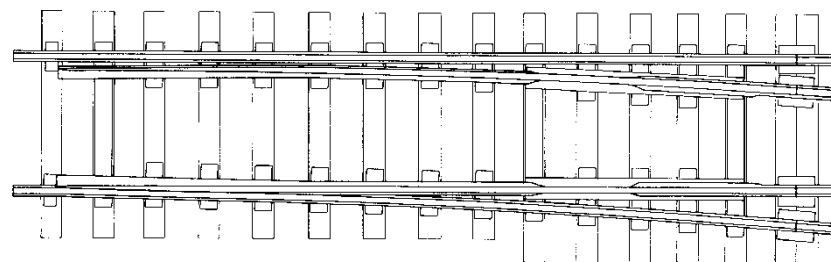
Den bagerste del af tungen holdes fast i en såkaldt tungeplade, der er så lang at den også kan bære den del af tungen, der har en udfræsning i foden.

Udfræsningen er foretaget for at gøre tungen mere elastisk og derved gøre omstillingen af tungerne lettere.

Resten af tungen understøttes på sædvanlige glidestole.

Denne type tungeprofil fremstilles ikke længere men findes stadig i overbygning DSB45.

**Figur 9.15
Figur 240 – Tungeparti med fjedrende tunger på tungeplader**



3) Tongeparti med fjedrende skinnetunger

En skinnetunge består af et tungeprofil, der ved tungeroden er udpresset i facon som almindeligt skinneprofil. Dette kaldes udpresset hæl; i dette tilfælde kort udpresset hæl.

Til den udpressede hæl påsvejses en normalskinne, hvori der udfræses et stykke i foden, idet en skinnetunges fjedring foregår i normalskinnedelen.

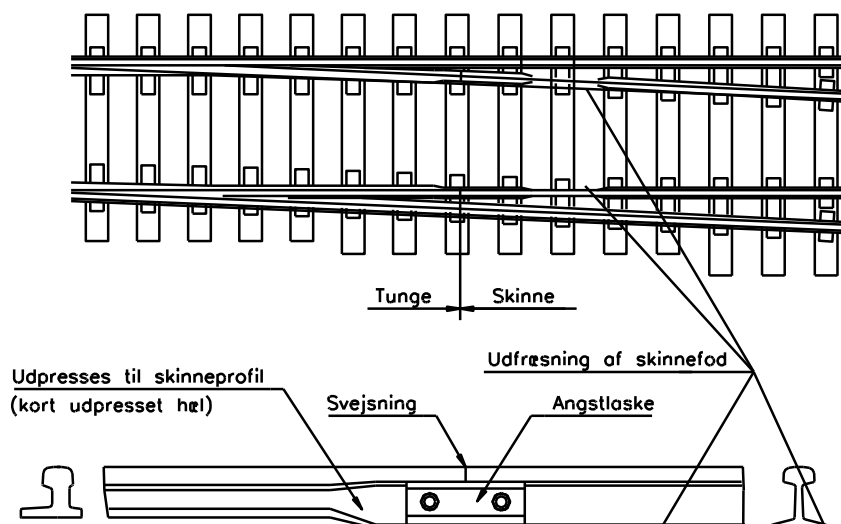
Stuksvejsningen mellem tunge og normalskinne sikres ved montering af laske – angstlaske – henover svejsningen. Et brud i svejsningen ville, hvis der ikke var monteret angstlaske, betyde at hele tungen ligger løs.

Bag det fjedrende stykke, er tunge og sideskinne fastholdt til en fælles ribbeunderlagsplade.

Indbyrdes længdeforskydning mellem tunge og sideskinne forhindres ved, at der i de fælles ribbeunderlagsplader er monteret låsetappe.

I fødderne på skinnetunge og sideskinne er der fræset huller, som låsetappene passer op i. Denne type tungeparti har været standard i en del år og findes i alle nyere sporskifter i overbygning DSB45 samt i mange af sporskifterne i overbygning UIC60.

Figur 241 – Detaljer ved tungeparti med fjedrende skinnetunger



4) Tongeparti med fjedrende tunger på glide stole

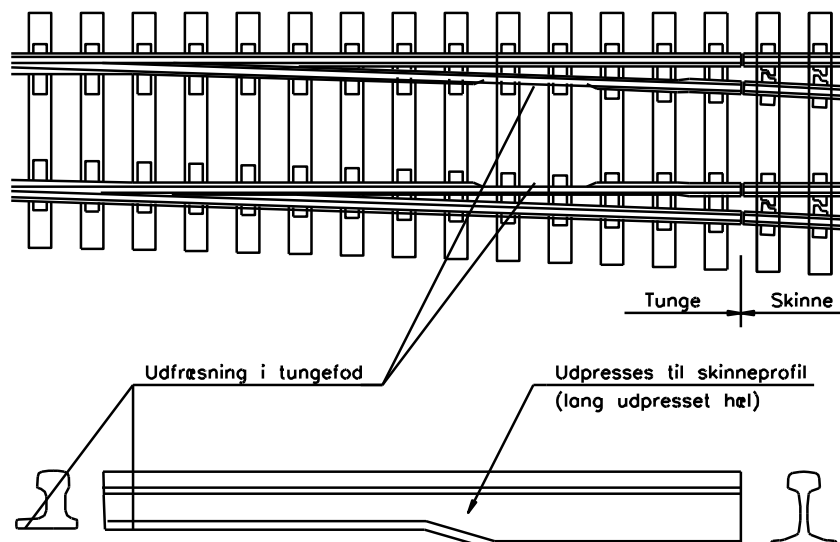
Denne type tungeparti er den nyeste konstruktion ved DSB. Det er anvendt på alle sporskifter på betonsveller. Det første af disse blev indlagt i Skelbæk i 1992.

Til forskel fra fjedrende skinnetunger gælder for fjedrende tunger, at der på begge sider af svejsningen mellem det udpressede tungeprofil og mellem-skinnen er befæstelser.

Den udpressede hæl, som her er en lang udpresset hæl, er således placeret i den fastholdte del af tungen.

Tungens fjedring foregår primært i det stykke af tungen, hvor der er foretaget udfræsning i foden.

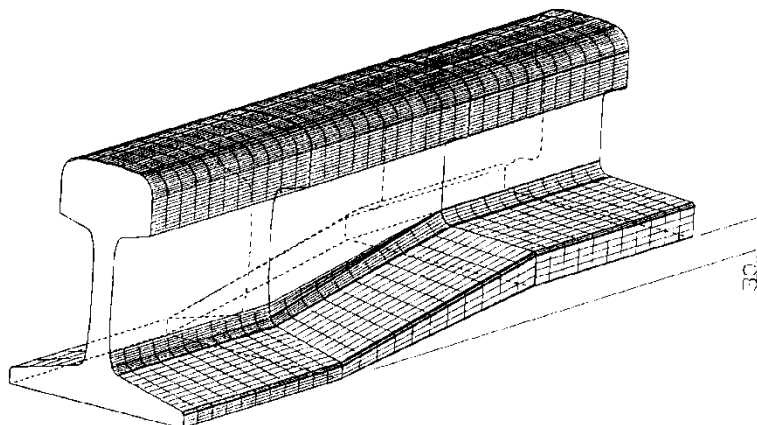
Figur 242 – Detaljer ved tungeparti med fjedrende tunger på glidestole



Lang udpresset hæl

Med indførelse af sporskifter på betonsveller i 1992 indførtes samtidig den lange udpressede hæl på tungeprofilet (Figur 243).

Figur 243 – Udpresset hæl



Sporskifters geometri ved tungespids

Sporskifters geometri kan inddeles i to hovedgrupper:

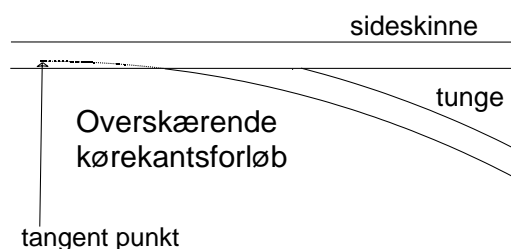
1. Sporskifter med overskærende kørekantsforløb
2. Sporskifter med tangerende kørekantsforløb.

Overskærende forløb

Ad 1) Overskærende kørekantsforløb findes i ældre sporskifter og her i Danmark er alle sporskifter med DSB45 skinner og med mindre skinnetyper samt nogle af de ældre UIC60-sporskifter med overskærende kørekantsforløb.

Med overskærende kørekantsforløb menes at tungens kørekant teoretisk skærer (krydser) sideskinnens kørekant i et punkt lige ved tungespidsen.

Figur 244 – Overskærende kørekantsforløb



Indløbsvinklen ved kørsel fra sideskinne og ind på tunge er større for overskærende kørekantsforløb end for tangerende.

Denne større indløbsvinkel giver relativt dårligere kørselsforhold og dermed ringere komfort ved kørsel i afvigende spor.

Det overskærende kørekantsforløb nødvendiggør en sporviddeforøgelse i det rette stamspor på ca. 4 mm, som svarer til tungespidsens tykkelse. Således bliver kørselsforholdene også ringere i stamsporet.

Jævnfør i øvrigt sporskiftemål - a – dvs. foreskrevne sporvidde ved tungespids for førnævnte sporskifte UIC60-R190-1:9 er $a=1440$ mm (normal sporvidde er 1435 mm).

Tangerende forløb

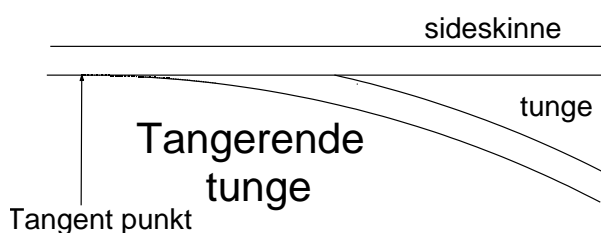
Ad 2) Tangerende kørekantsforløb findes i nyere sporskifter (de fleste sporskifter med 60E2 skinner).

Tangerende kørekantsforløb vil sige at tungens kørekant løber sammen med – tangerer – sideskinnens kørekant.

Teoretisk skulle tungespidsen være 0 mm tyk, men i praksis er tungespidsen 2 til 2,5 mm tyk.

Indløbsvinklen bliver mindre end for overskærende forløb og herved fås bedre kørselsforhold i afvigende spor.

Figur 245 – Tangerende kørekantsforløb



Endvidere er det næsten ikke nødvendigt med sporudvidelse ved tungespids, hvorved kørselsforholdene i stamsporet bliver bedre sammenlignet med overskærende kørekantsforløb.

a-målet ved tungespids (dvs. foreskrevne sporvidde) for førnævnte sporskifte UIC60-R300-1:9 er eksempelvis $a = 1436$ mm.

10.5. Mellempartier

Mellempartiet i et sporskifte består af 4 almindelige skinner, her kaldet mellemkinner med befæstelse som i vanligt spor. Dog er mellemkinnerne placeret uden hældning.

Mellemskinnerne danner overgangen fra tungeparti til krydsningsparti.

De to skinner i midten danner overgang fra tungerne til vingeskinnerne, der er en del af krydsningen.

10.6. Krydsningspartier

Et krydsningsparti består af:

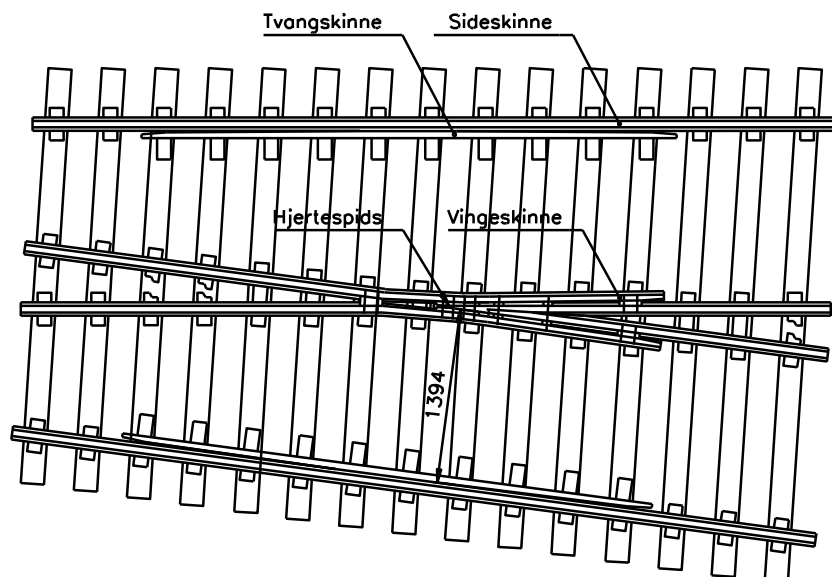
- Krydsningen, der kan opdeles i hjertespid og vingeskinner
- To tvangskinner, der hver består af et tvangskinneprofil og en sideskinne

Krydsningens og tvangskinnernes opgave er at lede hjulet over det punkt i sporskiftet, hvor skinnerne krydser hinanden. Dette punkt er sporskiftets kritiske sted.

For at et hjul, der er på vej mod hjertespiden i en krydsning, ikke skal køre på den forkerte side af denne styrer man det modsatte hjul på samme aksel med tvangskinnen.

Afstanden fra tvangskinneprofilet til kørekant på hjertespiden skal være 1394 mm.

Figur 246 – Krydsningsparti



Krydsningen

Ved Banedanmark findes følgende typer af krydsninger:

1. Skinnekrydsning af almindelige skinner
2. Hjertestykkblokkrydsning/hjerteblokkrydsning
3. Hærdet skinnekrydsning hvor hjertespiden er fremstillet af fuldskinneprofil
4. Manganstålkrydsning
5. Manganstålkrydsning med svejsbare ben

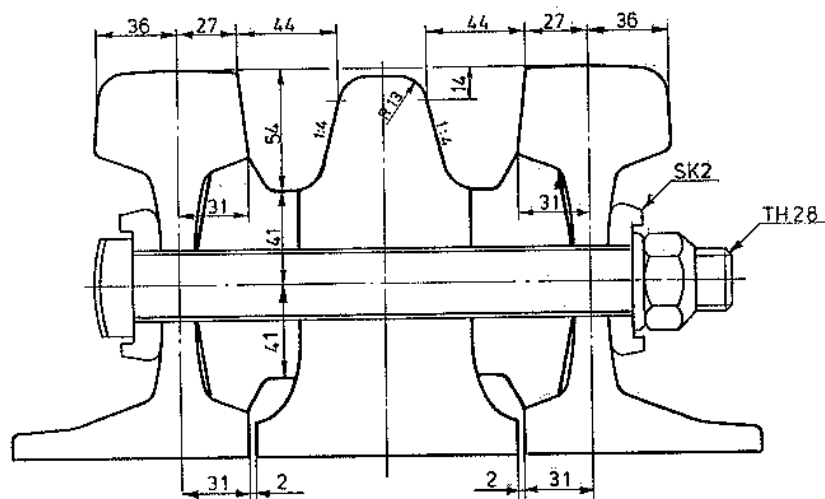
1) Skinnekrydsning af almindelige skinner

Hele krydsningen er opbygget af skinner; hjertespiden er opbygget af to tildannede skinner.

Vingeskinne bøjes ud til siden, så de passerer forbi hjertespiden.

Hjertespidsskinner og vingeskinner holdes sammen med mellemklodser og tværbolte.

Figur 247 – Snit i skinnekrydsning

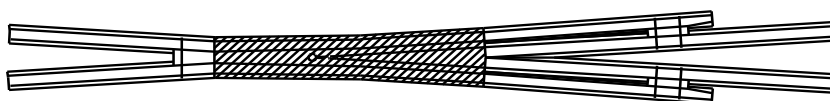


2) Hjertestykblok-krydsning/hjerteblok-krydsning

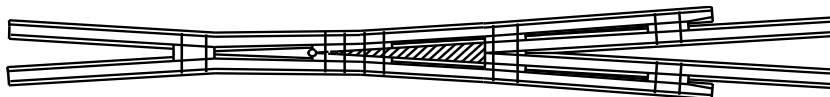
Den første af denne type havde hele midterdelen af krydsningen, dvs. både hjertespiden og vingeskiner, udført i manganstål. Disse er ikke blevet anskaffet i mange år.

Omkring 1991 blev der indkøbt krydsninger af typen VARIO. Her er selve hjertespiden opbygget af to ståltyper, således at hjertespiden er specielt slidstærk. Til hjertespiden er svejset tilslutningsskiner af stål R350HT. Vingeskiner er ligeledes af stål R350HT. Krydsningen er samlet med mellemklodser og højspændte tværbolte. Typen er ikke længere i brug.

Figur 248 – Hjertestykblok-krydsning



Figur 249 – Hjerteblok-krydsning

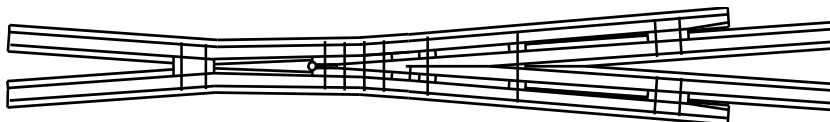


3) Hærdet skinnekrydsning hvor hjertespiden er fremstillet af fuldskinneprofil

Til krydsninger med UIC60-skiner er der siden primo 1980'erne anvendt hærdede skinnekrydsninger.

Krydsningens hjertespid opbygges af fuldskiner, der svejses sammen. Vingeskiner er af normalt skinneprofil. Efter samling af krydsningen hærdes hjertespiden og vingeskiner.

Figur 250 – Hærdet skinnekrydsning



4) Manganstål-krydsning. Hele krydsningen er støbt i ét stykke. Stålet har et højt indhold af mangan ca. 13 % og er derfor meget slidfast.

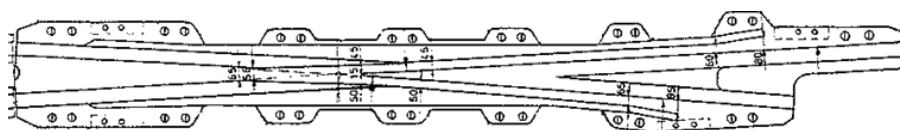
Manganstål kan ikke svejses direkte til normalskinnestål, derfor er samlinger enten udført med lasker eller som klæbestød.

På grund af dårlige erfaringer dels med arbejdsmiljøet ved reparations svejsning og dels på grund af mange laskekammerbrud mv. er de stort set ikke anskaffet i overbygning UIC60 siden ca. 1980.

De anskaffes stadig til DSB45-sporskifter.

Tidligere er denne type anskaffet i stort antal og det er nok den mest udbredte type omkring år 2000.

Figur 251 – Manganstål-krydsning UIC60 1:7,5



5) Manganstål-krydsning med svejsbare ben

Hele det midterste stykke er her også støbt som et hele, men til forskel fra den anden type, er der på mangandelen via et mellemlæg af rustfrit stål påsvejst skinner (ben) af normalt skinnestål. Herved er det muligt at indsvejse denne type i sporskifter, hvilket må betegnes som et stort fremskridt.

Da støbeteknikken også er forbedret er denne type krydsninger nu ved at få større og større udbredelse hos mange jernbaner, og bruges som standard ved Banedanmark. Hvis det ikke er muligt at bruge mangankrydsninger bruges i stedet hjerteblokkrydsninger, og i nogle få tilfælde bruges skinnekrydsninger. Dog findes der ikke manganstålkrydsninger for dobbeltkrydsninger og enkelt krydsninger i sporskæringer og krydsningssporskifter. Her bruges kun skinnekrydsninger.

Banedanmark har igennem tiden anvendt en række forskellige leverandører af manganstålkrydsninger til UIC60 sporskifter, hvormed der findes flere typer med forskellig udformning. Da bredden på foden af manganstålkrydsningerne er bredere end skinnekrydsninger, er det ikke altid muligt at bytte en skinnekrydsning på betonsveller ud med en manganstålkrydsning, da placeringen af de eksisterende dyvelhuller ikke giver mulighed for det. Nyere sporskifter er klargjort til at kunne anvendes til begge typer, da der støbt et ekstra sæt dyvler i svellerne. Ved bestilling og ilægning er det derfor meget vigtigt at være opmærksom på placeringen af dyvelhuller i svellerne og i underlagspladerne.

Figur 252 – Manganstål-krydsning med svejsbare ben



Tvangskinner

En tvangskinne består af et tvangskinneprofil og en sideskinne fast monteret i forhold til hinanden.

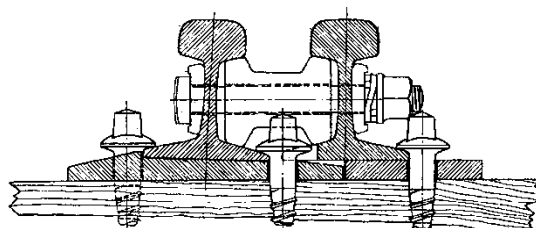
For at give en blid indkørsel til det styrende stykke af tvangskinnen gives denne en smig på ca. 1° , og endelig bøjes de yderste 15 cm ekstra ud fra kørekanten, så faren for påkørsel af et hjul undgås.

Der findes ved DSB fire typer af tvangskinneprofiler:

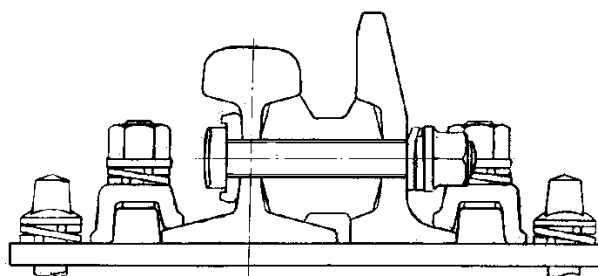
- Almindelig skinneprofil
- Lavt tvangskinneprofil
- Højt tvangskinneprofil
- Tvangskinneprofil UIC33

På de tre første fastholdes til sideskinnen med mellemklodser og tværbolte, den sidste type fastholdes i tvangskinneestole.

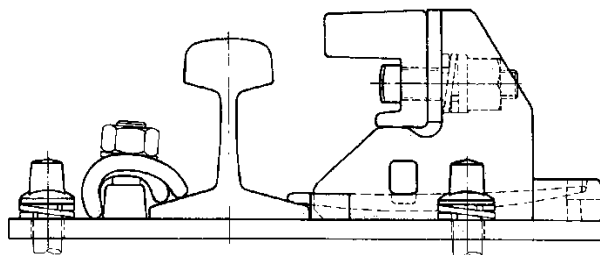
Figur 253 – Tvangskinneprofil af almindeligt skinneprofil



Figur 254 – Højt tvangskinneprofil

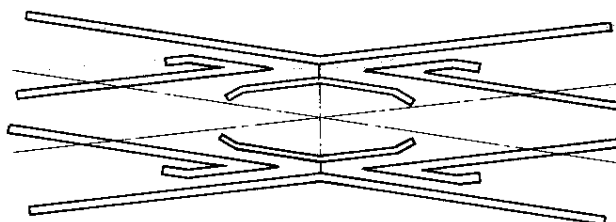


Figur 255 – Tvangskinneprofil UIC33

**Dobbeltkrydsninger**

Dobbeltkrydsninger er krydsninger med to hjertespidser, der benævnes højre og venstre set fra midten af sporet.

Figur 256 – Dobbeltkrydsninger



10.7. Overbygningstyper

Sporskifter findes med følgende typer overbygning:

- DSB37 B

- DSB45 B
- DSB45 C
- DSB45 Cr
- DSB45 Cf

- DSB60 Cr

- UIC60 Cr
- UIC60 Cf
- UIC60 Cfb
- UIC60 Cft

- Sporskifter med rilleskinner P37, HI54 og snart med det nuværende profil RI46

Ved indførelse af fjederklemmen (til Cf) i tungepartiet indførtes samtidig fjederbøjlen til den indvendige befæstelse af sideskinnen. Herved fik man en mere elastisk befæstelse end tidligere.

Overbygning UIC60 Cfb anvendes kun i sporskifter på betonsveller, samt i korte sporstykker i tilknytning til sporskifter. UIC60 Cfb betyder UIC60 skinne, adskilt befæstelse på betonsveller.

I forbindelse med indførelse af nye sporskifter med bevægelige hjertespidser til højhastighedsstrækningen København-Ringsted, vil der blive indført en ny generation af overbygningstype, som er mere elastisk end den eksisterende. Betegnelsen for denne nye overbygningstype er ved bogens udgivelse endnu ikke fastlagt.

Der er følgende typer af sporskifter på betonsveller.

- Enkelt sporskifte UIC60-R300-1:9
- Enkelt sporskifte UIC60-R500-1:12
- Enkelt sporskifte UIC60-R500-1:14
- Enkelt sporskifte UIC60-R1200-1:19
- Enkelt sporskifte UIC60-R2500-1:26,5
- Enkelt sporskifte UIC60-R2500-1:27,5
- Krydsningssporskifte UIC60-R190-1:9
- Halv krydsningssporskifte UIC60-R190-1:9

Nogle kan også bygges på træsveller i så fald kaldes overbygningen UIC60 Cft. I overbygning Cft indgår et mellemlæg mellem skinnefod og underlagsplade, hvilket ikke er tilfældet ved Cf. Tilsvarende for tvangskinnen ved skift fra Cr til Cf, jævnfør Figur 253 på side 205.

10.8. U-/I-krumme sporskifter

Det er ønskeligt, at sporskifter kun indlægges i ret spor. Men ofte er det nødvendigt at placere sporskifter i cirkelkurver, hvorved det bliver nødvendigt at krumme sporskifterne. Det er kun tilladt at krumme enkelt sporskifter. Generelt bliver sporskifter krummet på fabrik, dog kan krumning til radii større end R4000 m udføres på arbejdsstedet.

Hvis sporskifter kun blev indlagt på ret spor ville verden se enklere ud. I lande som eksempelvis USA og Finland har man været meget forudseende ved for lang tid siden at beslutte: At krumning af sporskifter kun udføres meget undtagelsesvis.

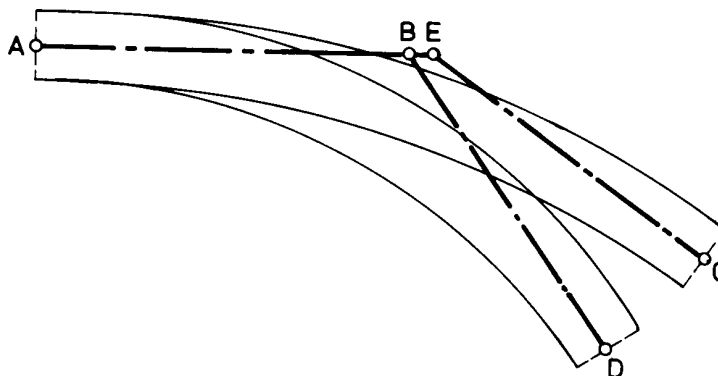
I Danmark er der siden 60'erne indlagt ganske mange krumme sporskifter, og da hvert krumt sporskifte skal krummes specielt til den kurve det skal indbygges i, som dokumenteres på en 10-talstegning, giver det ekstra arbejde samt komplicerer vedligeholdelsen.

Skal f.eks. et halvt tungeparti Vh i et krumt sporskifte udveksles skal der udover sporskiftetype og blad nr. også holdes styr på at få det krummet til den rigtige radius.

Krumningen af sporskiftets enkeltdele foregår på fabrik.

Ved krumning af et sporskifte ændres sporskiftets element. Sporskifteelementet er en geometrisk figur, som anvendes ved beregning og udarbejdelse af sporplaner.

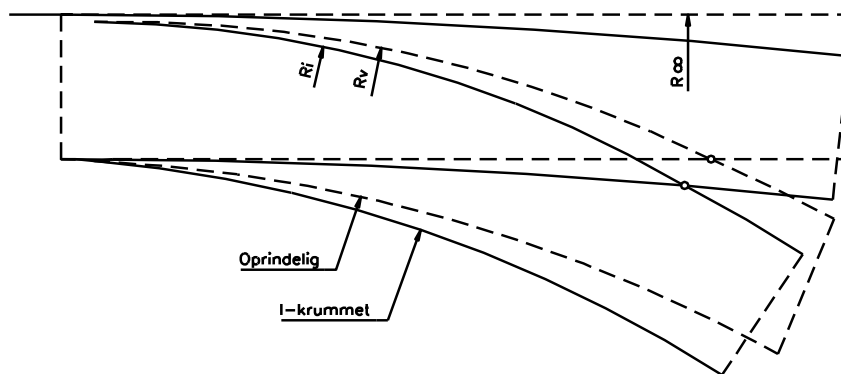
Figur 257 – Sporskifteelement for i-krumt sporskifte



I-krummet sporskifte

Sporskifter med R190 må ikke I-krummes, idet radius i vigesporet herved ville blive mindre end mindst tilladelig radius.

Figur 258 – I-krummet-sporskifte



I-krumme sporskifter

For I-krummede sporskifter, der har stamsporet krummet i samme retning som vigesporet, beregnes radius i vigesporet efter krumning R_i ud fra denne formel:

$$R_i = \frac{R \cdot R_v}{R + R_v}$$

Hvor:

- R er stamsporets radius i pågældende kurve [m]
- R_v er den oprindelige radius i vigesporet [m]

Eksempel

Sporskifte UIC60-R500-1:12 skal indbygges i kurve med radius 1500 m.

Stamsporets radius er altså 1500 m og den nye radius i vigesporet i det I-krummede sporskifte bliver:

$$R_i = \frac{1500 \cdot 500}{1500 + 500} = 375m$$

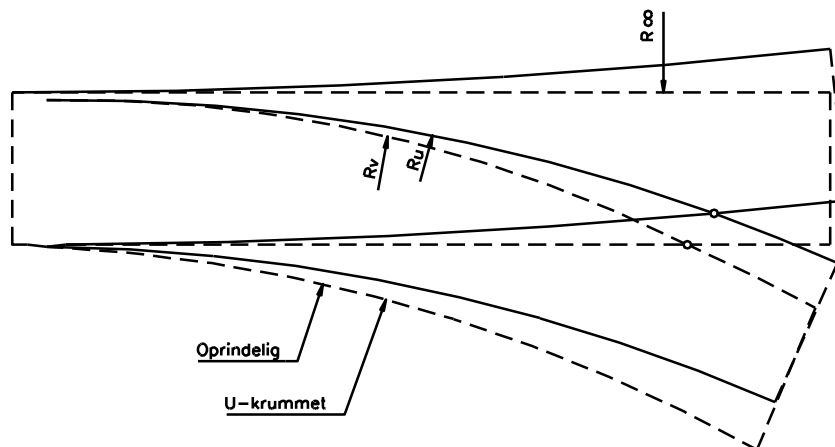
Reglerne for krumning af sporskifter fremgår af BN2-14.

U-krummet sporskifte

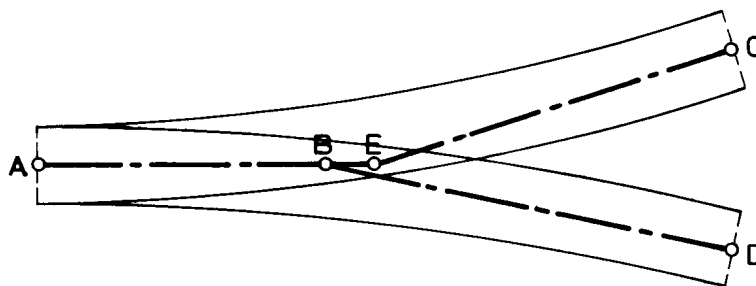
U-krummede sporskifter har stamsporet krummet i modsat retning af det afvigende spor.

En særlig udgave af U-krumme sporskifter er det symmetriske sporskifte, hvor begge spor har samme radius.

Figur 259 – U-krummet sporskifte



Figur 260 – Sporskifteelement for u-krumt sporskifte



U-krummede sporskifter

For u-krummede sporskifter, hvor stamsporet er krummet i modsat retning af vigesporet, beregnes radius i vigesporet R_u efter krumning ud fra følgende formel:

$$R_u = \frac{R \cdot R_v}{R - R_v}$$

Hvor:

- R er stamsporets radius i pågældende kurve [m]
- R_v er den oprindelige radius i vigesporet [m]

Eksempel

Sporskifte UIC60-R500-1:12 skal indbygges som u-krumt sporskifte i en kurve med radius 1500 m.

Stamsporets radius er altså 1500 m og den nye radius i det u-krummede sporskifte bliver:

$$R_i = \frac{1500 \cdot 500}{1500 - 500} = 750m$$

Teoretisk er det kun sporskifter hvor vigesporets radius går gennem sporskiftets krydsning som bør u-krummes.

Sporskifter 1:7,5, 1:9 (R300), 1:12, 1:19 og 1:26,5 har alle gennemgående radius.

U-krummes et sporskifte, hvor vigesporet helt eller delvist er retlinet gennem krydsningen, opstår der en kontrakurve i vigesporet, som illustreret på Figur 305 på side 252.

Særlige krav til krumning af sporskifter på betonsveller

Hullerne i underlagspladerne skal passe til de indstøbte dyvler i sporskiftesvellerne af typen SP90.

Krummes sporskiftet følger underlagsplader med og for at få underlagspladens huller til at passe til dyvlerne er det nødvendigt at dreje lidt på underlagspladerne i forhold til skinnen.

Idet det er begrænset hvor meget underlagspladen kan drejes i forhold til skinnen er det således også begrænset hvor meget man kan krumme et sporskifte på betonsveller.

Figur 261 – Minimumsradier i stamsporet for krumme sporskifter på betonsveller

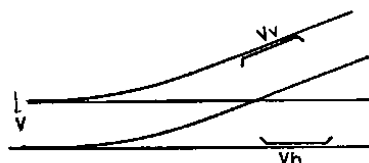
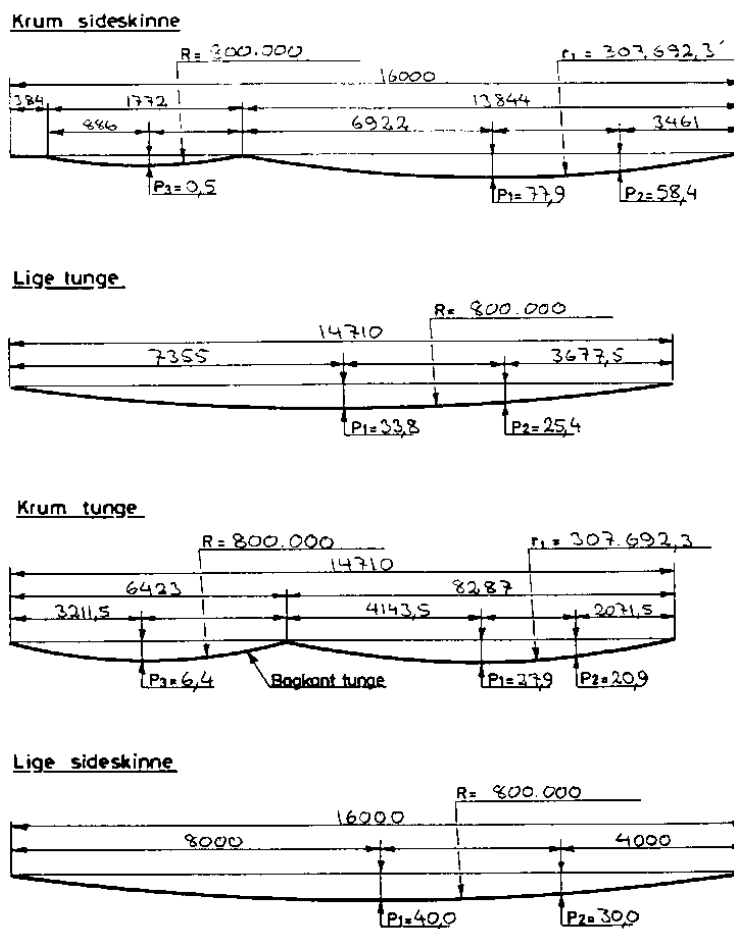
I-krummet	U-krummet	Sporskifte
760	600	1:9
380	1000	1:12
380	1000	1:14

Hvordan krummes et sporskifte?

Ved indkøb beregnes geometrien for u-krumningen (de radier hvorefter tungepartiets enkeltdele og krydsningspartiets enkeltdele skal krummes). Som eksempel er på Figur 262 vist beregning af krumning af et halvt tungeparti. Skinnerne i mellempartiet krummes på byggebeddingen.

En sporskiftefabrik fremstiller herefter et sporskiftes tunge- og krydsningsparti på normal vis. Enkeltdelene krummes først efter at de er færdigbearbejdede.

Figur 262 – Skema til beregning af krumning af tungeparti



MEDKRUMMET
 TUNGEPARTI VENSTRE
 Sporskifte: UIC 60 1:12 V R800m
 Leveringssted: Holstebro St.
 Fremstillet efter blad: 8061
 Init: M.C. Dato: 6-9-88 Nr: 269

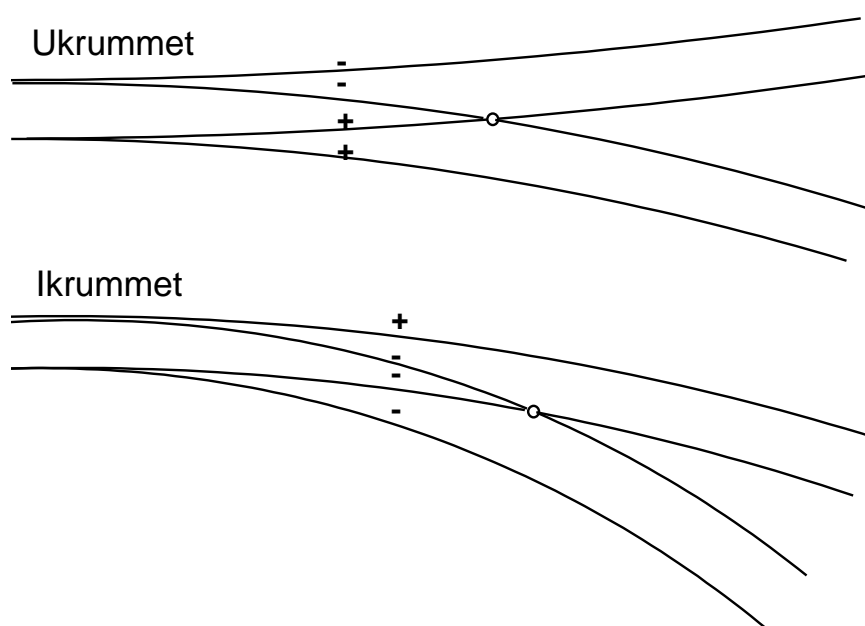
Ændring af skinnelængder ved krumning Når et sporskifte krummes ændres længderne på hver af de fire skinnestrenge i sporskiftet.

På grund af de bindinger, der er i tungeparti og krydsningsparti indarbejdes disse længdeændringer i skinnerne i mellempartiet.

På Figur 263 er for både et I-krummet og et U-krummet sporskifte vist hvilke skinnestrenge der bliver længere og hvilke der bliver kortere.

Der findes formler til beregning af disse længder eller man kan slå op i tabeller.

Figur 263 – Længder af mellem skinner i krumme sporskifter



10.9. Drev, kontrolstænger og aflåsning

Dette afsnit indeholder ikke en fuldstændig gennemgang af drevtyper og aflåsning men en kort gennemgang af de vigtigste typer for dermed at give et overblik over hvad der findes af drev i Danmark.

Man kan opdele drevene på følgende måde:

- Håndbetjente drev:
 - Med udvendig lås
 - Med rombelås
 - Uden lås
 - Underjordiske uden lås
- Elektriske, fjernbetjente drev:
 - Opskærlige drev
 - Med indbygget lås
 - Uopskærlige drev
 - Med indbygget lås
 - Med udvendig lås

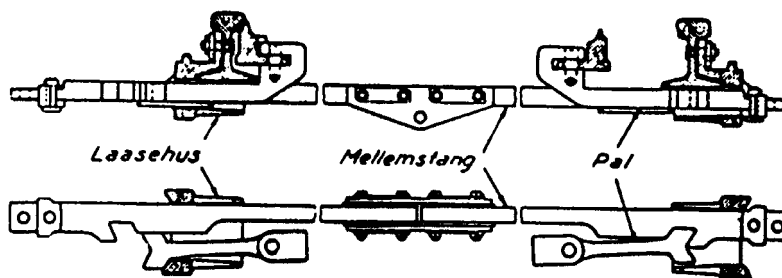
Håndbetjente drev

De håndbetjente drev ses på sidespor, rangerarealer, havnespor og i øvrigt ofte på usikrede områder, hvor sporskiftets stilling ikke er registreret hos en fjernstyringscentral eller kommandopost.

Alle håndbetjente drev må betegnes som opskærlige dvs. at ved kørsel fra sporskiftets bagende gennem den "forkerte" gren vil medføre at tunges omstilles.

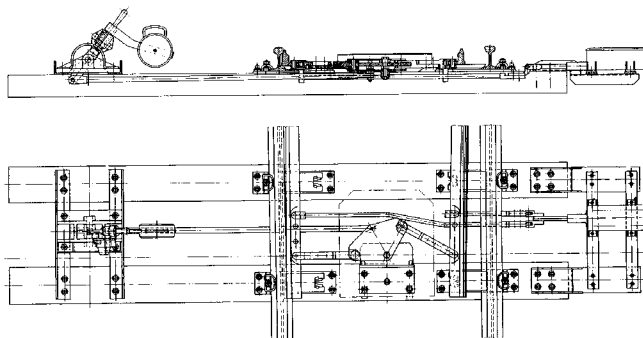
Nogle af de ældste drev var med udvendig aflåsning, hvilket vil sige at sikringen af tungens tilslutning til sideskinnen foregår direkte med en hagelås eller en pallås, som låser tungens og sideskinnen sammen.

Figur 264 – Drev med pallås fra før 1960



De fleste af de håndbetjente drev er forsynet med rombelås, der har en enkel mekanisk virkemåde.

Figur 265 – Drev med rombelås fra før 1960



Håndbetjente drev findes uden lås, hvor kun kontravægten på betjeningsstangen sikrer tungetilslutningen.

Drev uden aflåsning er sædvanligvis af den underjordiske type ved spor i gader og havne.

Elektriske drev

Elektriske drev er det mest almindelige. På alle baner med persontrafik er næsten alle drev elektriske og har været det i mange år idet elektriske drev blev indført ved DSB i 1926.

Ved større sporskifter, fra 1:12 og opefter benyttes to eller flere drev. Da afstand fra drev til tunger ændrer sig hen gennem tungepartiet benyttes flere forskellige standardlængder af trækstænger, de såkaldte slaglængder.

Trækstængerne er inde i drevkassen (heraf navnet indbygget aflåsning) forsynet med en låsemekanisme. Udover en trækstang til hver tunge er der ved hvert drev ligeledes en kontrolstang til hver tunge. Kontrolstangen melder til sikringsystemet via relæ i drevkassen om tunger ligger korrekt.

Opskærlige drev

Af opskærlige drev findes typerne:

DSB 1926

Standard indtil 1940, hvor også leveringen til DSB stoppede.
Findes med slaglængderne 163 mm og 102 mm.

DSB1957

Banestyrelsens opskærlige standardtype.
Indkøbes ikke mere, men typen indgår stadig i form af renoverede drev.
Findes med slaglængde 163 mm.

DSB1987

Beregnet til fuldelektroniske sikringsanlæg.
Findes opskærligt med slaglængde 163 mm.

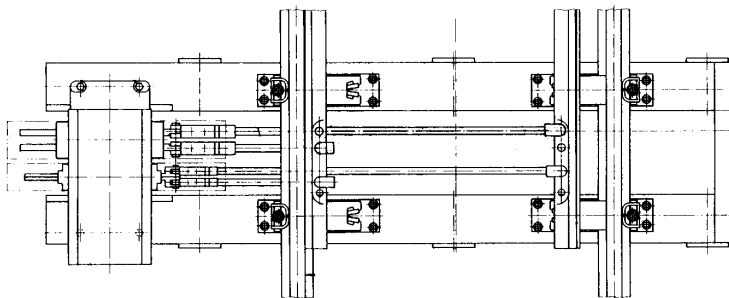
DSB1994

Samme data som uopskærligt drev

BD2005

En videreudvikling af DSB1957 drevet

Figur 266 – Opskærligt drev type 1957



Uopskærlige drev

Uopskærlige drev blev indført ved DSB i 1984. Alle sporskifter, der befares med hastigheder større end 120 km/t skal forsynes med uopskærlige drev.

At et drev er uopskærligt betyder populært sagt, at drevet ved en opskæring beskadiges så meget, at det ikke umiddelbart kan fungere igen. Uopskærlige drev kan kendes på at de har et rødt dæksel.

Uopskærlige typer med indbygget aflåsning:

DSB1979

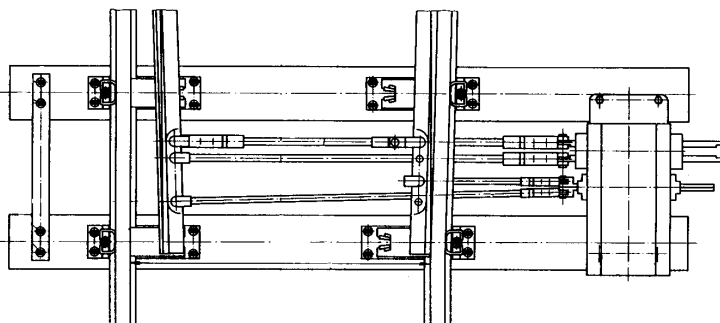
Banestyrelsens uopskærlige standardtype indført i 1984.
Anskaffes kun til reinvesteringer.
Findes med slaglængderne 143 mm og 94 mm.

DSB1987

Beregnet til fuldelektroniske sikringsanlæg.
Findes uopskærligt med slaglængder 143 mm og 94 mm.

Uopskærlige drev med indbygget aflåsning kan kendes fra tilsvarende opskærlige ved at den korte trækstang er forlænget med en fast forbindelse mellem tungerne.

Figur 267 – Uopskærligt drev type DSB 1979 med indbygget aflåsning

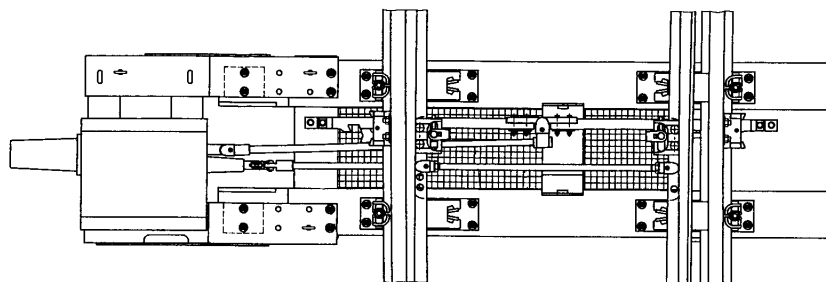


Uopskærlig type med udvendig aflåsning:

DSB1994

Standard ved nyanlæg samt ved udveksling på højhastighedsbaner. Aflåsningen foregår ved hjælp af en pallås, som sikrer at tungen er fastlåst til sideskinnen. Findes med slaglængderne 220 mm og 160 mm.

Figur 268 – Uopskærligt drev type DSB 1994 med udvendig aflåsning.

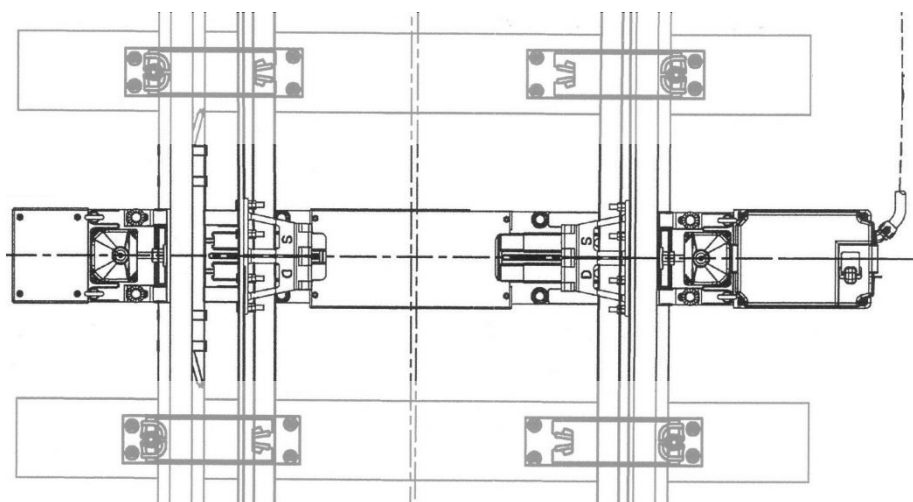


Svelle-drev

Den nyeste type er et svelle-drev (MET drev) som bl.a. anvendes på sporskiftet UIC60-R2500-1:26,5/1:27,5, hvor drevet er indbygget i en svelle og dermed fremstår som en indbygget komponent i sporskiftet, hvilket er en stor fordel i forbindelse med sporjustering hvor svelledrevet, modsat de øvrige typer, kan justeres som alle andre sveller.

Svelledrevet er en kompakt konstruktion hvor alle komponenter; motorenhed, låsesystem, diverse stænger mv. er integreret i en hul svelle. Systemet kan ved flere leverandører dimensioneres til at være enten opskærlig eller uopskærlig.

Figur 269 – Svelle-drev



10.10. Bevægelig hjertespid

Sporskifter med bevægelig hjertespid Sporskifter med bevægelig hjertespid kan anvendes på strækninger hvor der køres med høje hastigheder, eller hvor der er særlige krav til vibrationsdæmpning. Den bevægelige hjertespid anvendes især i sporskifter, hvor der er behov for at køre stærkt i vigesporet eller hvor sporskifterne ligger i en kurve.

I et U-krummet sporskifte med bevægelig hjertespid gives der lov til, at køre med større overhøjde underskud $l=100$ mm, da denne type sporskifte betragtes som et kontinuerligt spor, i modsætning til et U-krummet sporskifte med fast hjertespid hvor der maksimalt tillades overhøjdeunderskud på $l=80$ mm.

I et normalt U-krummet sporskifte vil toget overføre centrifugalkraften via hjulflange til tvangskinnen, når toget kører igennem stamsporet.

Ved en tvangskinne der ikke er tilstrækkeligt vedligeholdt (slid over det tilladte og/eller dårlig befæstelse), kan der opstå en risiko for påkørsel af hjertespiden. I et sporskifte med bevægelig hjertespid elimineres denne risiko, ligesom kørekomforten forbedres, idet der i en sådan konstruktion ikke findes nogen åbning i krydsningen. Af samme årsag kan tvangskinnen elimineres i sporskifter med bevægelig hjertespid.

Man har tidligere haft forsøgt at indføre sporskifter med bevægelige hjertespidser på Banedanmarks net i 1997, men af sikringstekniske årsager blev de fravalgt.

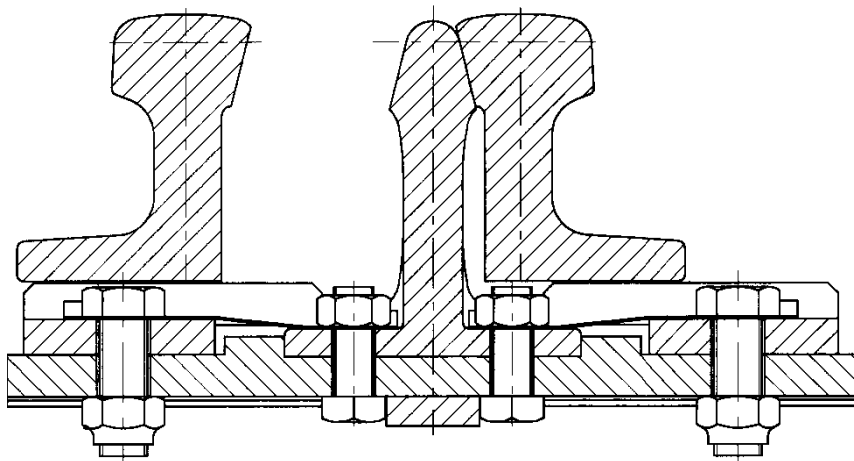
I forbindelse med design og anlæg af højhastighedsstrækningen København-Ringsted blev sporskifter med bevægelige hjertespidser valgt, da man erfaringsmæssigt bruger denne sporskiftetype ved $V>200$ km/h ved sammenlignelige infrastrukturforvaltere f.eks. i Tyskland, Østrig, Sverige og Norge, da det har en positiv indflydelse på komforten i toget og for vedligeholdelsen.

Der vil blive leveret 23 sporskifter med bevægelige hjertespidser til strækningen København-Ringsted fordelt på nedenstående typer:

- Enkelt sporskifte med bevægelig hjertespid UIC60-R1200-1:19
- Enkelt sporskifte med bevægelig hjertespid UIC60-R2500-1:26,5
- Enkelt sporskifte med bevægelig hjertespid UIC60-R2500-1:27,5

Figur 270 – Snitbillede af vingeskinner og bevægelig hjertespid

Hjertespiden er her lagt over mod højre vingeskinne.



Brug i Banedanmark

I 1997 blev det planlagt, at der skulle indbygges bevægelig hjertespid i nogle sporskifter i Viby, Sorø og Ejby. En bevægelig hjertespid er en omlægningsbar del af krydsning, hvorved det føringsløse stykke, som findes i faste krydsninger, vist på Figur 246 (s202) elimineres. Det drejer sig om U-krumme sporskifter. Den bevægelige hjertespid medfører at begrænsninger i hastighed kan fjernes. Dette skyldes, at bevægelig hjertespid i krydsningen medfører at tvangsskinne i inderstrengen kan undværes.

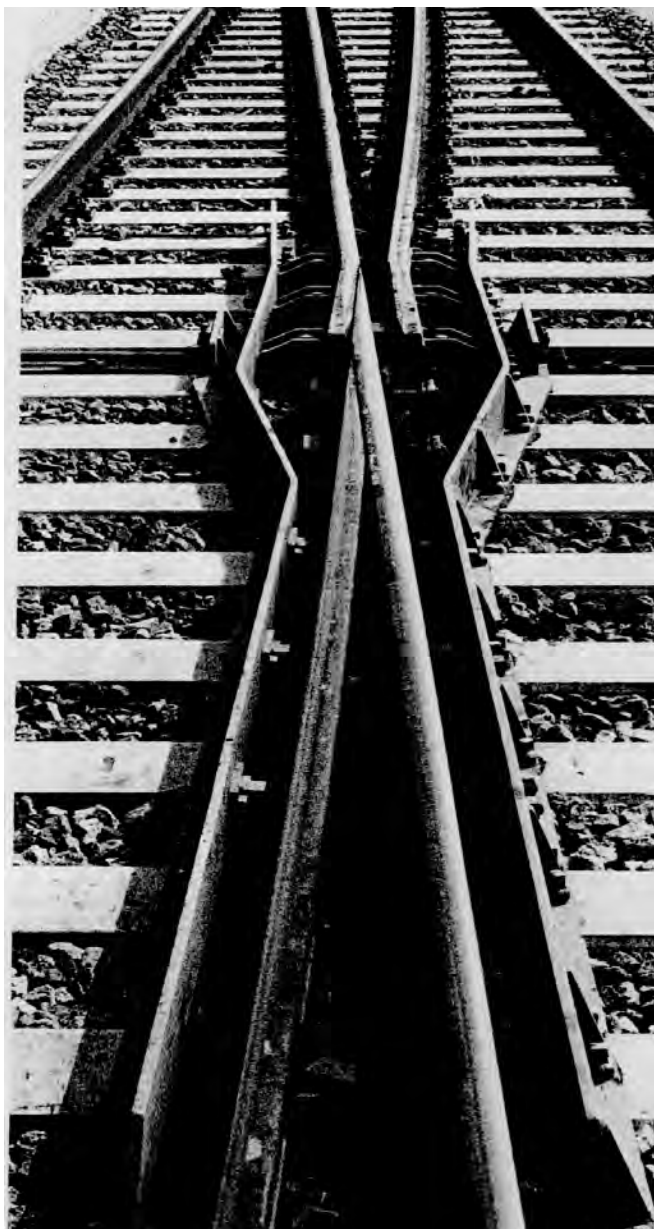
Planen blev dog aldrig gennemført pga. bl.a. sikringstekniske problemer.

I forbindelse med bygning af højhastighedsstrækningen mellem København-Ringsted, blev problemstillingen igen aktuel, da der var ønske om at reducere den dynamiske påvirkning og dermed nedbrydning af hjertespiden. Dette er på baggrund af udenlandske erfaringer, der viser at stort set alle lande der har spor hvor der køres hurtigere end 200 km/h (Norge, Sverige, Østrig, Tyskland mv.) anvender bevægelig hjertespid, under samme vilkår om København-Ringsted banen.

Der er derfor benyttet bevægelig hjertespid på de store sporskifter på den strækning.

Ved bogens udgivelse benyttes bevægelig hjertespid ved Banedanmark udelukkende på sporskifter designet til strækningen København-Ringsted, herunder højhastighedssporskiftet UIC60-R2500-1:27,5.

Figur 271 – Bevægelig hjertespid



10.11. Sporskiftekort

Sporskiftekort er et skema hvor væsentlige sporskiftekontrolmål og andre stamdata om Banedanmarks sporskifter er angivet.

Reglerne herom findes i Banenorm BN1-14: "Projektering, tilstand og eftersyn af sporskifter og sporskæringer", BN2-15: "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer" og TM11: "Midlertidigt sporskiftekort".

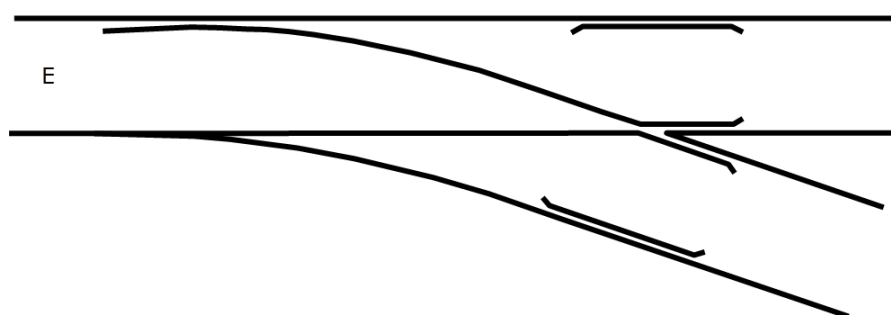
I daglig tale kaldes sporskiftekortet også for sporskiftets dåbsattest idet den instans, der har bygget sporskiftet udfylder første linje og hermed "døber" sporskiftet. Herefter overgår kortet til vedligeholdelsesorganisationen.

Der er ni forskellige sporskiftekort:

- Ét for enkelt sporskifter: Sporskiftekort E
- To for forsatte sporskifter: Sporskiftekort F1 og F2
- Fire for krydsningssporskifter: Sporskiftekort K1, K2, K3 og K4
- To for sporskæringer: S1 og S2

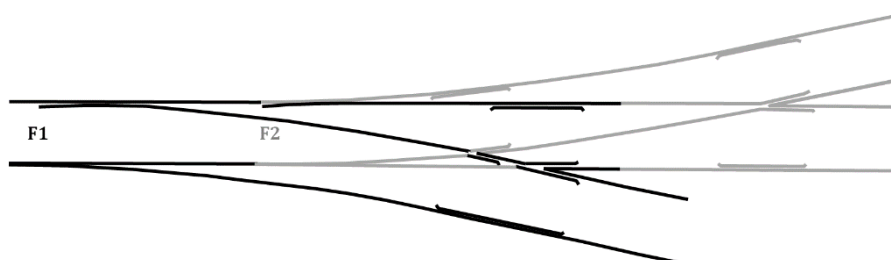
Grunden til at der er flere skemaer for nogle af typerne er, at der er ét skema per "sporskifte-del", f.eks. er et forsat sporskifte opbygget af to sammenbyggede sporskifter, som illustreret på Figur 273.

Figur 272 – Et enkelt sporskifte består af et sporskifte kort E



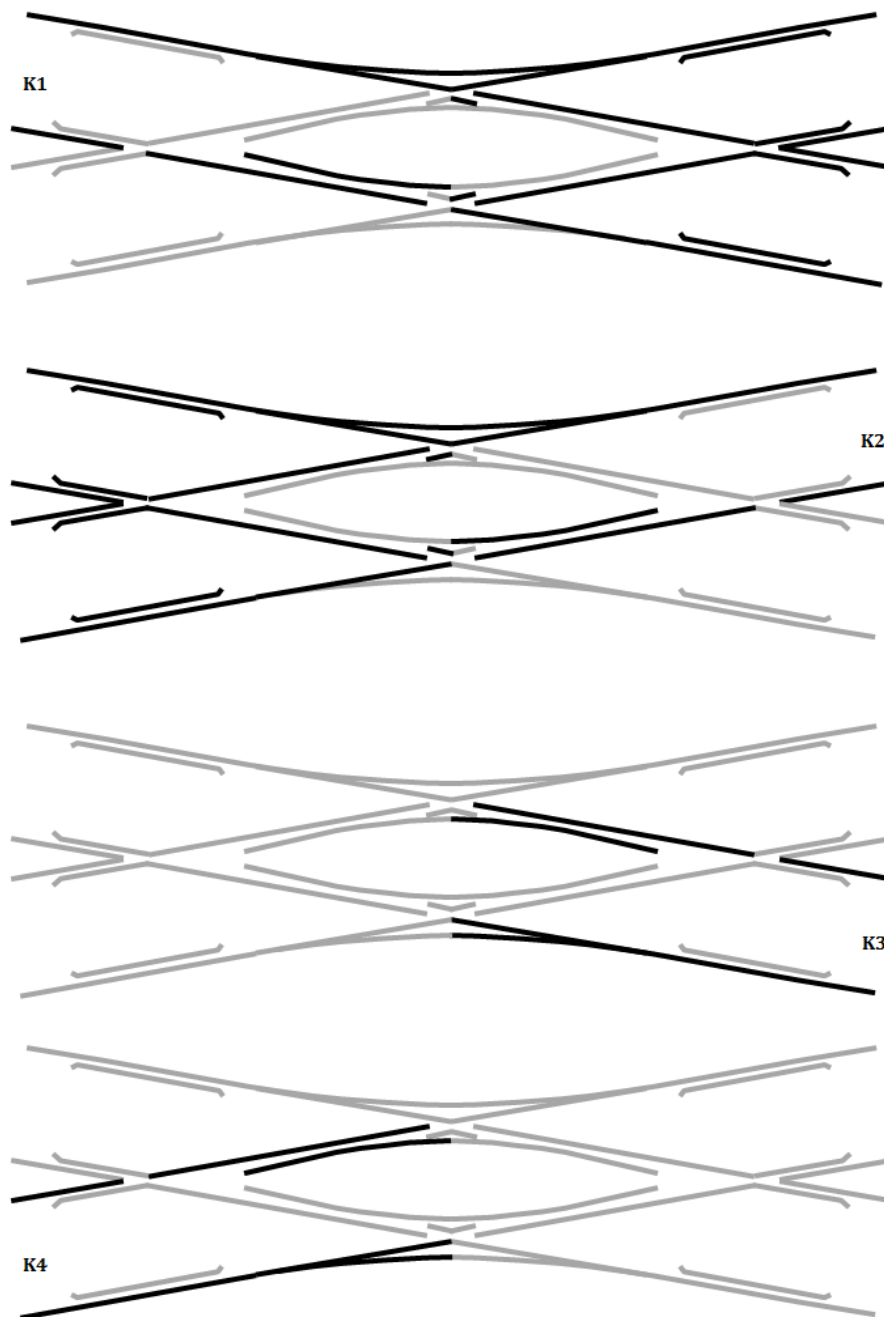
Figur 273 – Et forsat sporskifte består af to sporskifte kort F1 og F2

Det kan ses som bestående af to enkelt sporskifter der er lagt forskudt oveni hinanden, så der er ét kort til hver.



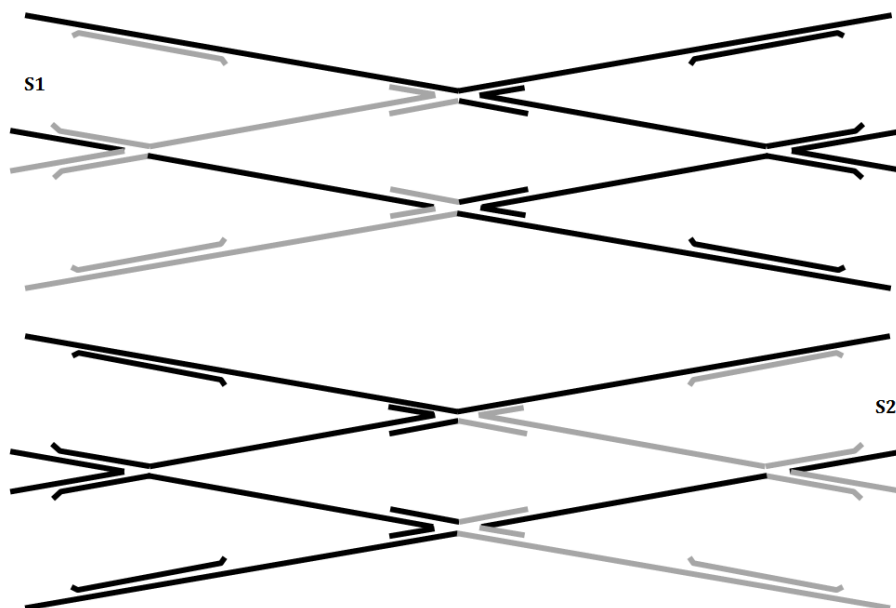
**Figur 274 – Et krydsnings-
sporskifte består af fire spor-
skifte kort K1, K2, K3 og K4**

Det kan ses som bestående af to enkelt sporskifter og delvise sporskifter der er lagt oveni hinanden, så der er ét kort til hver. Bemærk, at K1 og K2 overlapper.



Figur 275 – En sporskæring består af to sporskiftekort S1 og S2

Det kan ses som bestående af to enkelt sporskifter der er lagt oveni hinanden, så der er ét kort til hver.



Sporskifte-applikationen

Sporskiftekortene kan trækkes ud fra Banedanmarks sporskiftereregister. Det ved bogens udgivelse anvendte format kan ses på Figur 276 og Figur 277.

Figur 276 – Sporskiftekortets forside med stamdata og kontrolmål

Station		Sporskiftenr				KM			Knode id	
Høje Taastrup		11a				18,578			8468	
Sikringsstatus	Spornr	Skimtype	Krydsningsforhold	Radius	Afvigende	rumning	Radius i stanspor			
Gts	3	UC50	1:14	500	Venstre	Ret	0			
Bakener	Stækning	Bladrnr	Drift	Gåteside	Stækning	Låstetype	Overføring			
11b	12019	7344	I drift	Smarke	Centralbetjent	Indbygget lås	Lubcke System 86			
Nomin. hast. / Aktuel hast. / stanspor	Nomin. hast. / Aktuel hast. / afvig.	Tungecenterlån	Rovsamlingen	Trugsvælle	Svælsesøjler	Balasttype	Indbygning			
120 / 120 km/h	120 / 80 km/h	1982	2003	JA	Azobit/1984		01-01-1988			

Sporskiftekort E																		
	a	i	p	l1	p1	y	y1	b	l1	c	ct	d	e	r	u1	et	h1	
	1400+	min	max	min	max	1400+	1400+	1400+	1400+	1400+	1400+	1400+	1200+		1400+	1200+		
Nominelle mål	37	80	76	80	78	35	35	35	35	35	35	35	35	94	41	35	94	41
Velegenhedsstørrelse	41		76		78	45	45	45	45	45	45	41	98	44	41	86	44	44
max / min	33	60		60		31	31	31	31	31	31	31	92	40	31	82	40	40
Sikkerhedsstørrelse	50		80		80	48	48	48	48	48	48	43	99	44	43	89	44	44
max / min	33	55		58		31	31	31	31	31	31	31	92	39	31	82	39	39
Aktuel måling i datalister (opg nr.):																		
d	af	opg nr.																
Målingsdato																		
iv-ry-ozz af [initiale]	45	84	80	79	88	44	39	39	38	34	37	35	94	41	34	92	42	42
iv-ry-ozz af [initiale]	41	83	83	79	87	45	39	34	35	34	26	35	92	41	34	92	43	43
iv-ry-ozz af [initiale]	41	85	84	74	86	43	35	36	34	34	25	34	93	41	35	83	41	41

Bemærkninger
 Læsestatus: Ukendt | Målingskrav 1/5 år...
 Mængdeafkrydsning

Figur 277 – Sporskifte kortets bagside med måleskitse og evt. bemærkninger

Station	Sporskiftenummer	Knudeid
Hoje Taastrup	11a	8468
<p>Bemærkninger</p> <p>Trugsvelle 2 stk. eg.</p>		

Note

a: måles umiddelbart for tungespids.
 i₁: måles ved langens første bøjle.
 p₁: måles i mellempartiets midte (ved mellemstøt).
 y₁: måles hvor tungespidsen er mindst.
 b₁: måles hvor afsvignen er størst (fra længsten af fraliggende lange til længsten af afvignende).
 c₁: måles midt i tungeparti midt mellem fraliggende og midt i mellemparti.

Kontrolmål

For de enkelte mål a, b, c₁, d osv. gælder der maksimum- og minimumtolerancer. Disse tolerancer indføres på sporskifte kortet.

Kontrolmålene er navngivet med et bogstav og evt. et tal. Tallet benyttes hvor det samme kontrolmål findes i både stamspor (intet tal) og afvigende gren (1). For alle typer sporskifter gælder følgende kontrolmål jf. BN1-14:

- a: Sporvidde målt umiddelbart op til tungespids
- i og i₁: Mindste afstand mellem fraliggende tunges bagkant og tilhørende sideskinnes kørekant
- p og p₁: Største afstand mellem fraliggende tunges bagkant og modstående tunges kørekant
- y og y₁: Sporvidde målt midt i tungeparti midt mellem tungestød og stød op til mellemparti
- b og b₁: Sporvidden ved tungens første befæstelse
- c og c₁: Sporvidden ved mellempartiets midte

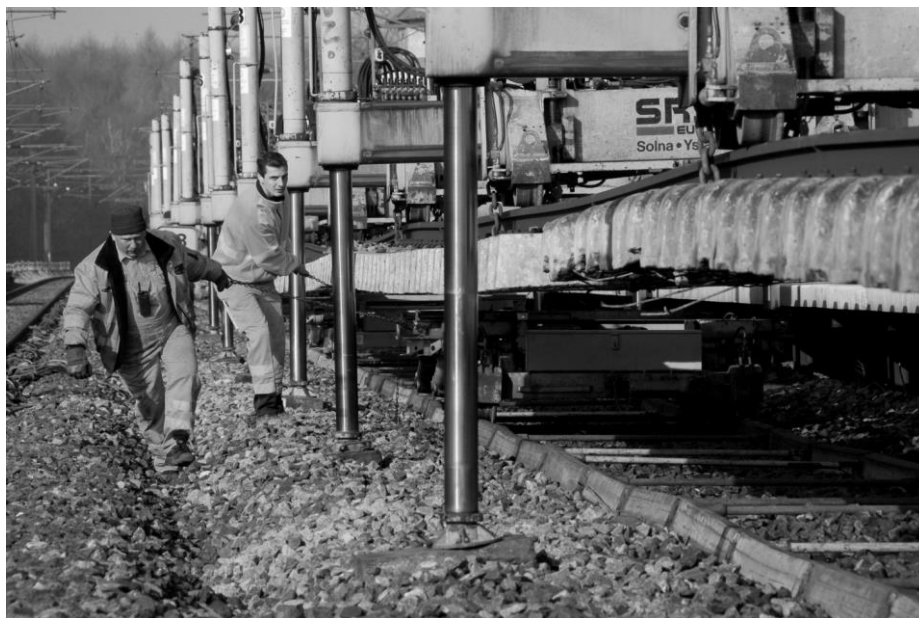
Dertil kommer specielle mål ved fast krydsning, forsat sporskifte, krydsnings-sporskifter, sporskæringer mv.

10.12. Sporudvekslingsmateriel (SUM)

Indledning

Sporudvekslingsmateriel eller i daglig tale SUM-udstyr, er et sæt maskiner som benyttes til at udveksle hele sporrammer eller sporskifter ved hjælp af hydraulisk løft og et midlertidigt arbejdsspor der etableres. Processen er illustreret på Figur 278-Figur 281.

Figur 278 – SUM trin 1: Vogne placeres under sporrammen



Figur 279 – SUM trin 2: Sporrammen køres væk



Figur 280 – SUM trin 3: Sporrammen løftes af vognene, så den kan trækkes ud for at blive brugt igen



Figur 281 – SUM trin 4: Den øverste del af SUM-udstyret køres til næste løft (f.eks. ilægning af ny sporramme)



11. Skinneudtræk

11.1. GENERELT.....	226
11.2. TYPER.....	227

11.1. Generelt

I lasket spor optages længdeændringer af sporet i stødpillerummene.

I langskinnespor er der ikke mulighed for, at sporet kan bevæge sig. I stedet opstår der spændinger i skinnerne.

På broer over en vis længde vil der på grund af broens længdebevægelser opstå større påvirkninger af sporet end hverken lasket spor eller langskinnespor kan optage.

Broens længdebevægelser skyldes udvidelse og sammentrækning som følge af temperaturændringer og på betonbroer også på grund af svind og kryb.

Derudover påvirkes sporet også af de kræfter, som toget ved opbremsninger overfører til sporet, især i dobbeltspor, hvor påvirkningen er ensidig.

De længdeændringer broen mv. tilføjer sporet, optages i skinneudtræk, der giver mulighed for ændringer på op til over 1 m.

Et skinneudtræk kan sammenlignes med et tungeparti hvor tungerne kan bevæge sig over langs i forhold til sideskinnerne.

Figur 282 – Skinneudtræk



11.2. Typer

Typer

Skinneudtræk kan opdeles i:

- Skinneudtræk med sporudvidelse
- Skinneudtræk uden sporudvidelse

Skinneudtræk med sporudvidelse

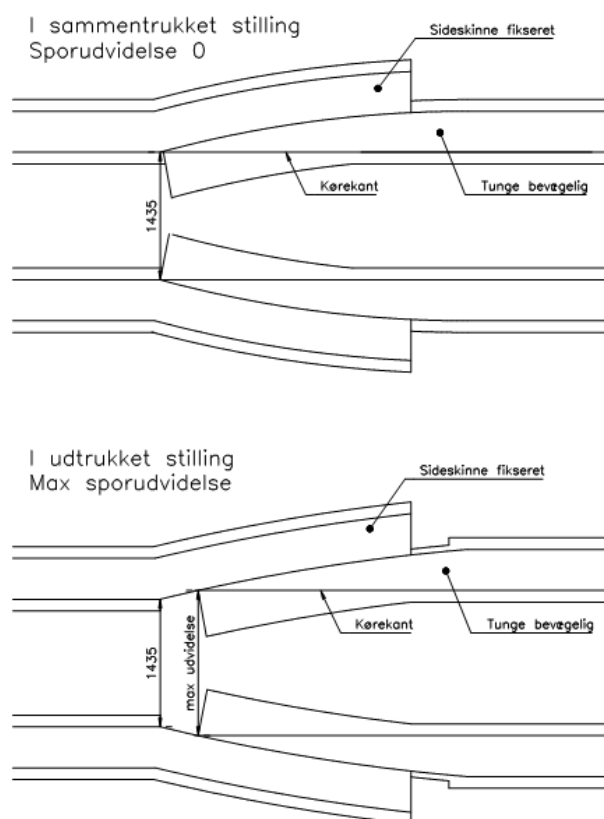
Indtil fra ca. 1960 var stort set alle skinneudtræk i Danmark af denne type. Denne type skinneudtræk benyttes stadig på alle større broer, inkl. Vestbroen over Storebælt, hvor der kræves en kapacitet på over ca. 200 mm.

Skinneudtrækket er som tungepartier i sporskifter opbygget af sideskinner af almindelige skinner og tunger af tungeprofiler.

Herefter hører ligheden op, idet tungen er holdt fast imod sideskinnen og kun kan bevæge sig i langsgående retning.

Når skinneudtrækket er lukket helt sammen er sporvidden lige omkring 1435 mm. Dette sker dog i praksis aldrig, da der er lagt en sikkerhedsmargin til den beregnede længdevandring, og skinneudtrækket monteres i midterstillingen ved neutraltemperaturen. (for stålbroer er neutral-temperaturen 10 °C).

Figur 283 – Princip i skinneudtræk



Skinneudtræk uden sporudvidelse

Disse kan opdeles i:

- 1) En kort udgave med maksimalt ca. 180 mm bevægelse
- 2) En lang udgave med op til ca. 1,6 m bevægelse.

Ad 1) Det korte skinneudtræk kan igen deles op i en ældre konstruktion udført af almindelige skinner og en nyere udgave fremstillet af fuldskinne type Vo1-60.

Den ældre type udført af almindelige skinner har den ulempe, at sideskinnen er forkrøbet udad fra sporet. Dette bevirker at specielt slidte hjul vil banke ved passage af skinneudtrækket.

Den nye type skinneudtræk af fuldskinne har den fordel at skinnehovedet forløber i en ret linje, så man undgår ovennævnte ulempe. Fuldskinne er simpelthen skåret igennem med et lodret snit, hvilket kun er muligt pga. skinnekroppens store tykkelse (76 mm).

Det korte skinneudtræk både af gammel og ny type findes mange steder i landet, primært ved mindre broer, men også ved store broer som Storstrømsbroen, Masnedsundbroen og Oddesundbroen er kort skinneudtræk anvendt.

Ad 2) Det lange skinneudtræk uden sporudvidelse er ikke anvendt her i landet, men bruges for eksempel på Øresundsbroen.

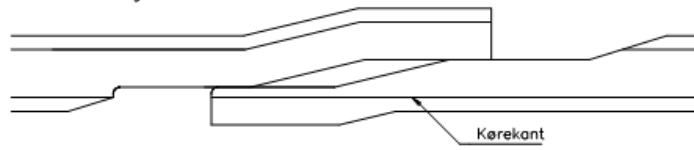
Princippet er at tungen er fastholdt, mens sideskinnen er bevægelig. Tungen er på siden, der vender mod sideskinnen, høvlet konkav i så stor en radius at sideskinnen ved sammentrykning af skinneudtrækket kan krumme sig og ved udtrækning rette sig ud, således at man undgår ændringer i sporvidden, se Figur 284.

Generelt for alle typer af skinneudtræk gælder at rillen mellem tunge og sideskinne skal holdes fri for udplattet materiale. Hvis rillen ikke holdes fri, er der risiko for, at de to halvdele vil presses fra hinanden.

Figur 284 – Princip i skinne-udtræk

Kort udgave: max. 180 mm bevægelse

Gammel udførelse af alm skinner
KUN EN streng vist

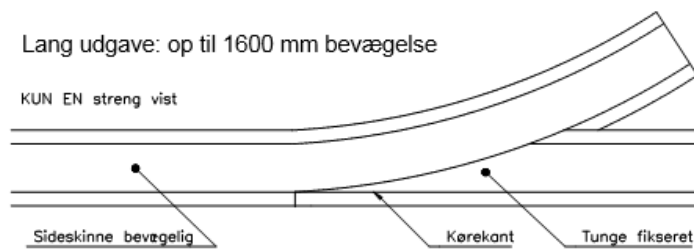


Ny udførelse af fuldskinner
KUN EN streng vist



Lang udgave: op til 1600 mm bevægelse

KUN EN streng vist



12. Sporstoppere

12.1. INTRODUKTION TIL SPORSTOPPERE	232
12.2. FYSISKE KRAV TIL SPORSTOPPERE	233
12.3. TYPER AF SPORSTOPPERE.....	234

12.1. Introduktion til sporstopper

I spor, som ender blindt, og som er beregnet til trafikering eller henstilling af materiel, skal der indbygges en sporstopper for at markere og sikre sporets endepunkt. Sporstopperen skal bremse og om muligt forhindre det rullende materiel i at køre af sporet, hvis der ikke standses rettidigt. Sporstopperen skal udformes således at der ved en utilsigtet påkørsel sker mindst mulig skade på passagerer, gods, rullende materiel, selve sporstopperen og området bag sporstopperen.

Konstruktionen af sporstopperne er afhængige af de krav, der stilles til dem - f.eks. af, om sporstopperen skal yde en eftergivende (forholdsvis blød) standsning af vognene, eller om en mere brat standsning kan tillades. Valget af typen af sporstopper er derfor afhængig af, i hvilket spor på stationen sporstopperen er opstillet (f.eks. for enden af en blind indkørselstogvej eller for enden af et kort depotspor).

Man skelner mellem lave og høje sporstopper, idet betegnelsen afhænger af, hvorvidt vognenes anslag mod sporstopperen sker med hjulflangerne eller med vognbufferne/centralkoblingen, og inden for disse to grupper kan der igen skelnes mellem faste og bevægelige sporstopper.

Reglerne for sporstopper er beskrevet i Banenorm BN1-95: "Sporstopper".

Der må benyttes følgende sporstopper:

- Togvejsspor, sidespor med rangertogveje, sidespor som er nabospor til togvejs-/hovedspor med en sporafstand mindre end eller lig med 4,5 m og spor hvor der er øget sikkerhed i risikoområdet: Friktionssporstopper med bremseelementer.
- På øvrige spor må også benyttes:
Høj DSB sporstopper med sandbunke.

12.2. Fysiske krav til sporstoppere

Ved påkørsel af en sporstopper skal togets bevægelsesenergi E opfanges, hvilken kan beregnes som:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

Hvor m er togets masse og V dets hastighed. Ved påkørslen af sporstopperen vil en del af togets bevægelsesenergi optages af buffere og vognfjedre mm., resten vil i en høj bevægelig sporstopper omdannes til varmeenergi ved friktion og i en høj fast sporstopper omdannes til deformationsenergi ved ødelæggelse af vogne og forskydningsenergi ved forskubning af last.

Ved en påkørsel af en sporstopper med en fart på op til 5 km/t omdannes togets bevægelsesenergi til varmeenergi i buffere og vognfjedre. Opbremsningen bør foregå langsomt over bremsevejen, så passagerer og gods ikke kommer til skade ved påkørslen.

Friktionssporstoppere skal dimensioneres til følgende hastigheder:

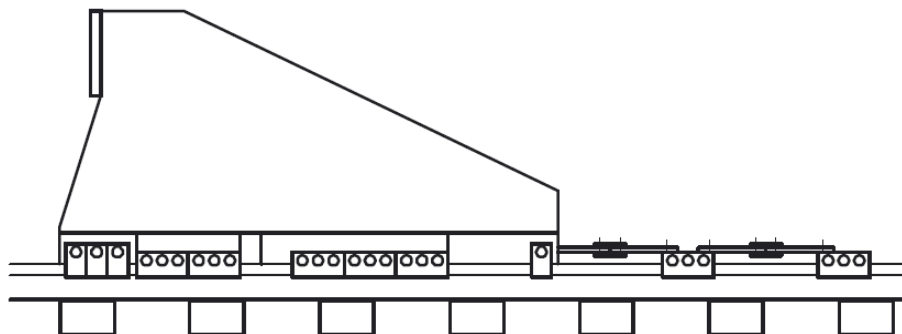
- Tog der befordrer passagerer: $V_{\text{dim}}=4,2$ m/s (15 km/t)
- Øvrigt materiel: $V_{\text{dim}}=2,8$ m/s (10 km/t)

12.3. Typer af sporstopper

Friktionssporstopper med bremseelementer

Ved de fleste sportyper skal der benyttes en friktionssporstopper med bremseelementer, der kan bremse med en veldefineret deceleration, dvs. den giver en blød opbremsning som skåner passagerer og gods, samt er robust og kan genanvendes. Den kan standse et tungt tog med en fart på op til 20-30 km/t, men kræver bremsevej bag sig.

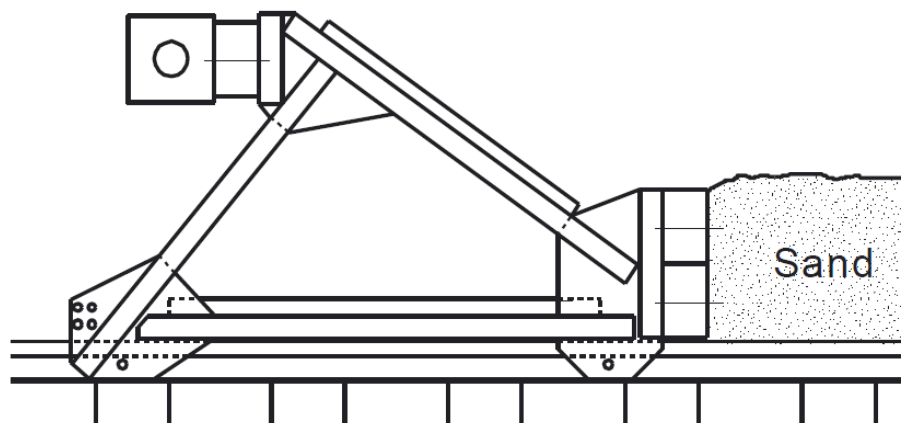
Figur 285 – Friktionssporstopper



Høj bevægelig sporstopper med grusbunke

Ved øvrige spor (se detaljer i afsnit 12.1) kan den høje bevægelige sporstopper med sandbunke bruges. Den er billigere at installere end friktionssporstopperen, men ved en hård påkørsel bliver den nemt beskadiget og kan kun bruges til mindre opgaver.

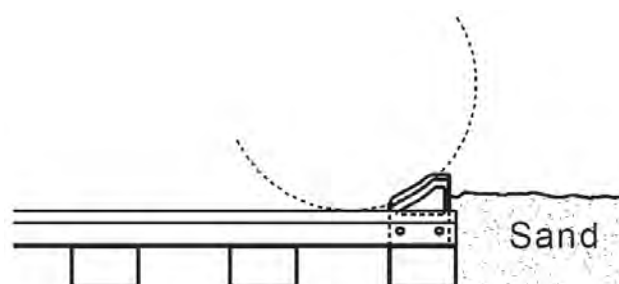
Figur 286 – Høj bevægelig sporstopper med sandbunke



Stopklodser

Stopklodserne anbringes parvis i sporet, og deres bremsende virkning er begrænset til at standse én vogn i skridttempo. Ved kraftigere påkørsler vil hjulet blot hoppe over den faste sporstopper, hvorfor den uden for værkstedsområder kan efterfølges af en grus eller sanddækket overflade til optagelse af det egentlige bremsearbejde.

Figur 287 – Stopklods

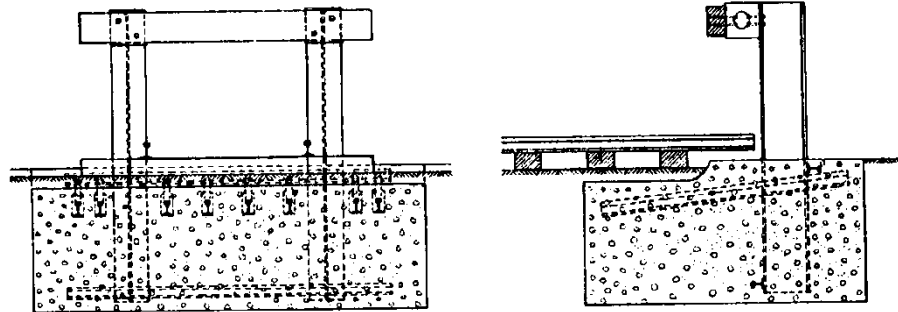


Høj fast sporstopper

Den høje faste sporstopper vil snart udgå fra Banedanmarks infrastruktur.

Den høje faste sporstopper skal bruges med forsigtighed. Den kan nemt give store skader på passagerer, gods og rullende materiel ved påkørsler med hastigheder over 5 km/t. Kræver ingen bremsevej bag sporstopperen.

Figur 288 – Høj fast sporstopper



13. Tracé og hjul/skinne-forhold

13.1. GENERELT.....	238
13.2. LINJEFØRING	239
13.3. LÆNGDEPROFIL	240
13.4. GENERELT OM OVERHØJDE	241
13.5. OVERHØJDE I KRUMME SPORSKIFTER.....	246
13.6. KURVER	248
13.7. OVERGANGSKURVER OG OVERHØJDERAMPER.....	250
13.8. TRANSVERSALER	252
13.9. SPORVIDDE.....	253
13.10.HJUL/SKINNE-FORHOLD	255

13.1. Generelt

I dette kapitel behandles hele det område, som i Sporregler (1987) er beskrevet i afsnit 2: Sporets tracé.

Sporets tracé deles i vandret og lodret tracé eller som det også kaldes i linjeføring og længdeprofil. Linjeføringen er som at se sporet fra oven, mens længdeprofilet er sporet set fra siden.

For bedst muligt at sikre togenes kørsel på sporet gælder der en række regler og retningslinjer for hvordan sporet skal opbygges samt hvilke påvirkninger sporet må udsættes for.

For linjeføringen er der bl.a. krav:

- Til overhøjde, og herunder specielt overhøjde i sporskifter
- Til overgangskurver og ramper
- Til hvordan kurver sammensættes

For længdeprofilet er der bl.a. krav til stigning og radius.

Kapitlet afsluttes med beskrivelse af sammenspillet mellem hjul og skinne, som der ligeledes skal tages hensyn til ved sporets udformning.

Figur 289 – Sporets tracé



13.2. Linjeføring

Ved linjeføring forstås sporets beliggenhed i det vandrette plan dvs. som man ser sporet højt oppe fra i en helikopter. Detaljerne om dette findes i Sporregler afsnit 2.02.

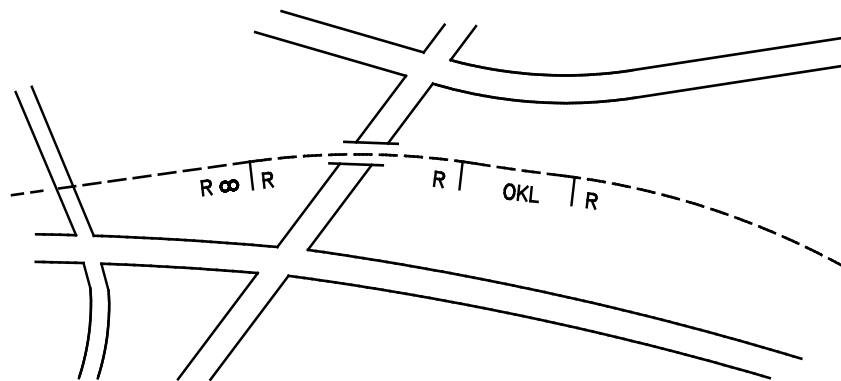
Linjeføringen opbygges af tre geometriske elementer: Rette linjer, cirkelbuer og overgangskurver.

For cirkelbuer er der krav til størrelse af radius, der afhænger dels af om der bruges ønskelige-, normal- eller undtagelsesbestemmelser, og dels af hvilken sportype der er tale om (hovedspor, gennemgående togvejsspor, øvrige togvejsspor eller sidespor), samt om det er langs perroner eller ej. Udover de i afsnit 2.02 hastighedsuafhængige krav, findes der flere supplerende krav der er relateret til hastigheden.

Er der tale om langskinnespor er der af sikkerhedshensyn yderligere krav til radius, f.eks. i overbygning UIC60 Dt er minimum 700 m.

Krav til overgangskurver er beskrevet i Sporregler afsnit 2.05.

Figur 290 – Linjeføring



Fast afmærkning

Ved nyanlæg og sporfornyelse m.v. skal der etableres fast afmærkning af linjeføringen (og længdeprofil) (også kaldet referencepunkter). Fast afmærkning benyttes også som fikspunkter i forbindelse med landmåling.

De nærmere regler findes i BN2-93 "Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé".

13.3. Længdeprofil

Længdeprofilet eller den lodrette tracé er opbygget af to geometriske elementer nemlig rette linjer og cirkelbuer.

De rette linjer kan enten være vandrette eller stige/falde og herfor gælder, at det maksimale stigning/fald på hovedspor er 15,6 ‰ - som sporet i Storebælts øst-tunnel er bygget med - samt ved perroner og på opstillingsspor bør sporet tilnærmelsesvis ligge vandret og maksimalt med 1,5 ‰.

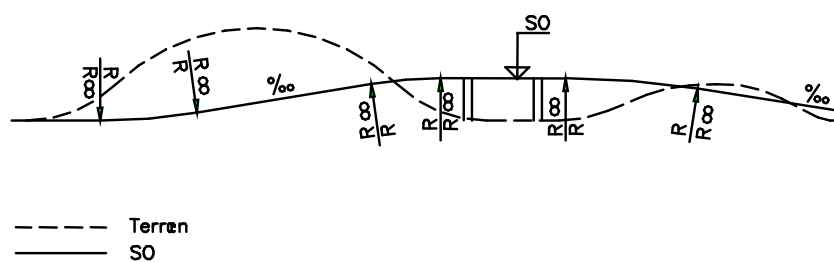
Normalt er maksimal stigning 10 ‰.

Cirkelbuerne kan enten vende nedad (konveks), som i en tunnels dybdepunkt eller opad (konkav) f.eks. henover en bro.

Cirkelbuers radius skal på hovedbaner minimum være 5000 m og maksimum 40.000 m.

Reglerne for længdeprofil findes i Sporregler afsnit 2.10.

Figur 291 – Længdeprofil



Ved nyanlæg og sporfornyelse m.v. skal der etableres fast afmærkning af længdeprofil (og linjeføring). De nærmere regler findes i BN2-93 "Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé".

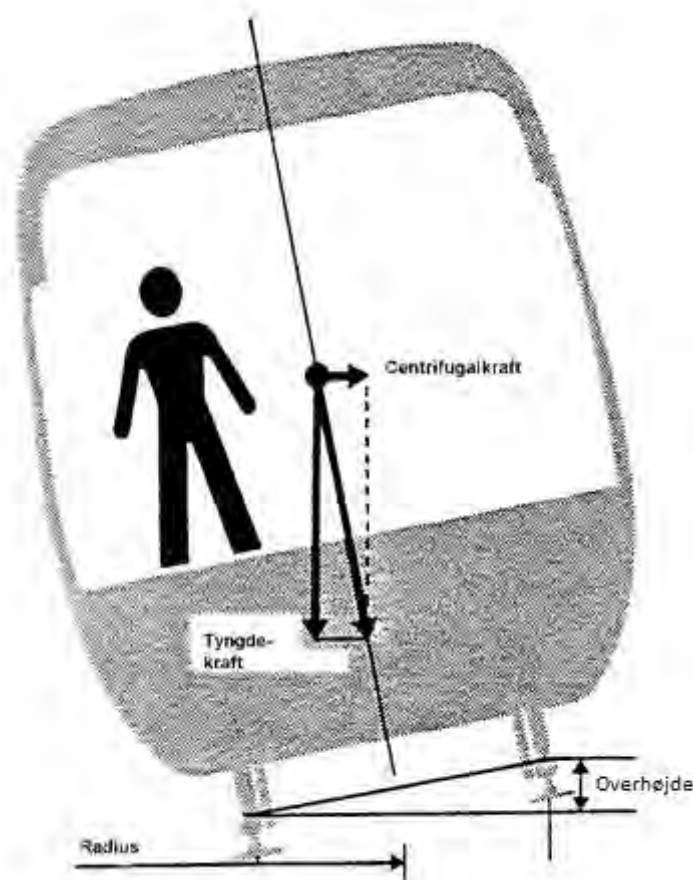
13.4. Generelt om overhøjde

Kræfter ved kørsel i kurver Når et tog kører gennem en kurve påvirkes både toget og alt og alle inde i toget af en kraft, der altid virker i retning bort fra kurvens centrum og som derved presser hjulene mod den yderste skinnestreg samt presser alt og alle inde i toget udad.

Denne kraft benævnes centrifugalkraften og dens størrelse afhænger af kurveradius og hastighed.

Jo hurtigere der køres og jo mindre radius jo større centrifugalkraft!

Figur 292 – Påvirkning ved kørsel i kurve



Overhøjde i kurver

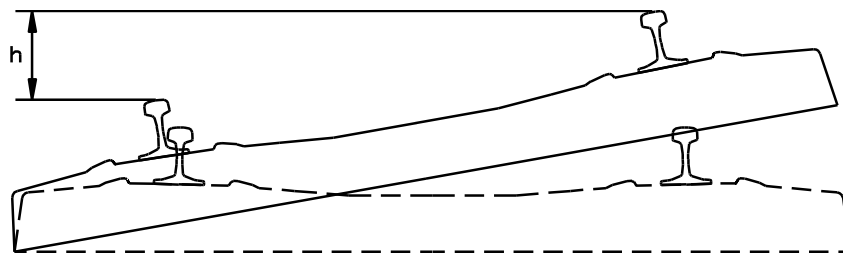
Selve centrifugalkraften kan man ikke fjerne, medens virkningerne kan modvirkes ved at etablere overhøjde i kurven.

Overhøjden defineres som den tilsigtede højdeforskel mellem de to skinnestrenger.

Overhøjden tilvejebringes som regel ved at kurvens yderste skinne løftes i forhold til den inderste skinne.

Overhøjden benævnes h og måles i mm (som er udtryk for en acceleration, hvor $1,0 \text{ m/s}^2$ svarer til 153 mm).

Figur 293 – Definition på overhøjde



Centrifugalkraftens påvirkning på sporet, vognmateriellet og passagererne, udlignes helt eller delvist ved hjælp af overhøjden.

Når et tog holder stille i en kurve med overhøjde, eller kører med langsom fart, vil toget trykke ned på den lave streng. Jo større overhøjde, jo større er trykket.

Ujævn sporbeliggenhed i højde- og sideretning har direkte indflydelse på centrifugalkraften med deraf følgende variationer i påvirkninger på tog og passagerer.

Det er ønskeligt, at sidekræfterne skal være små og regelmæssige, hvilket bør tilstræbes gennem en god sporbeliggenhed, specielt ved høje hastigheder.

Overhøjde fastsættes alene ud fra togets hastighed og kurvens radius.

Afbalanceret overhøjde

Kørsel gennem en kurve med afbalanceret overhøjde vil føles som at køre på ret spor.

Afbalanceret overhøjde benævnes h_a og angives i mm.

Nu er det sådan, at der til en kurveradius og en hastighed findes en og kun en overhøjde, der er afbalanceret.

Eksempel

Der findes en kurve med radius 1000 m og overhøjde 120 mm.

Når der køres med en hastighed på 100 km/t gennem denne kurve, vil det føles som at køre på ret spor idet overhøjden ved netop denne hastighed er afbalanceret.

Køres der med 120 km/t eller 80 km/t eller enhver anden hastighed er overhøjden ikke længere afbalanceret, hvilket vil kunne mærkes som en påvirkning væk fra kurvens centrum ved hastigheder over 100 km/t eller som en påvirkning ind mod kurvens centrum ved hastigheder under 100 km/t.

Eftersom alle tog ikke kører med samme hastighed gennem kurverne, kan man ikke etablere overhøjder, som er ideel for alle togtyper - lyntog, intercitytog, regionaltog, S-tog og godstog mv.

Det er nødvendigt at finde et kompromis mellem hurtige og langsomme tog, således at hurtige tog i kurver typisk vil påvirkes af en udadrettet kraft, mens langsomme tog typisk bliver påvirket af en indadrettet kraft.

F.eks. har den afvigende gren i sporskifter normalt ingen overhøjde, så her

vil alle tog blive påvirket af den udadrettede centrifugalkraft, der også kaldes et ryk eller rykket.

Den afbalancerede overhøjde er således mest en teoretisk størrelse, idet trafikken gennem en given kurve sjældent har lige netop den hastighed, der skal til for at den faktiske overhøjde er den samme som den afbalancerede overhøjde.

Overhøjdeunderskud og overhøjdeoverskud

For de hurtige tog vil den faktiske overhøjde h som regel være mindre end den afbalancerede overhøjde h_a og man får herved et overhøjdeunderskud (eller overhøjdemangel), der betegnes I og angives i mm.

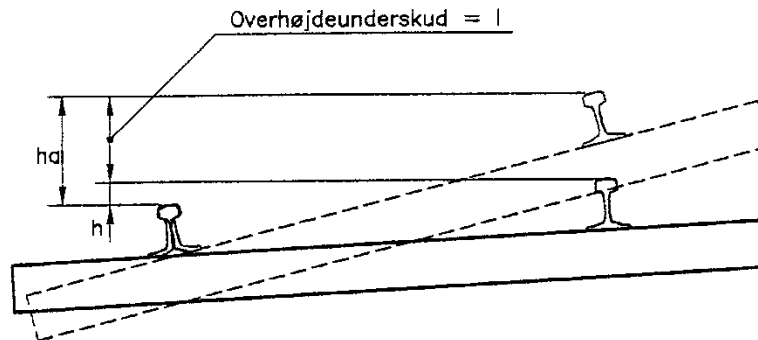
$$I = h_a - h$$

Eksempel

$h_a = 200$ mm og $h = 120$ mm medfører at overhøjdeunderskuddet er:

$$I = 200\text{mm} - 120\text{mm} = \underline{80\text{mm}}$$

Figur 294 – Overhøjdeunderskud



Ved tog der kører langsommere, vil der derimod ofte være for meget overhøjde og man får et overhøjdeoverskud, som betegnes E og angives i mm.

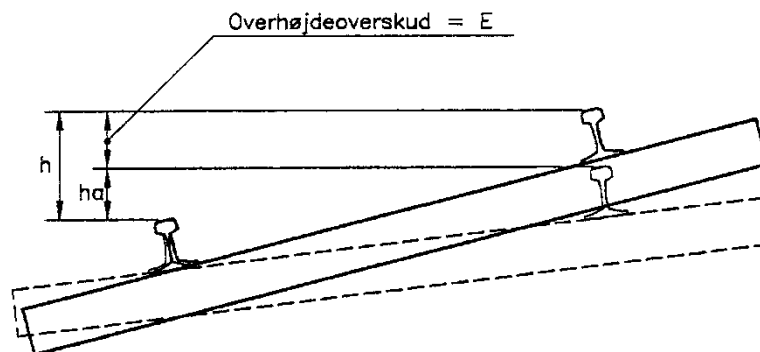
$$E = h - h_a$$

Eksempel

$h = 100$ mm og $h_a = 80$ mm medfører at overhøjdeoverskuddet er:

$$E = 100\text{mm} - 80\text{mm} = \underline{20\text{mm}}$$

Figur 295 – Overhøjdeoverskud



Sporreglernes krav i for-

Alle krav i forbindelse med overhøjde fremgår af afsnit 2.03 i Sporregler.

bindelse med overhøjde

Kravene til overhøjde er bl.a. fastsat ud fra forhold som:

- Tog, som må holde stille
- Risiko for at materiellet vælter
- Ballasttype
- Perroner
- Overkørsler

Normalbestemmelserne siger at overhøjden, h , maksimalt må være 160 mm.

Undtagelsesbestemmelserne siger at overhøjden, h , maksimalt må være 180 mm.

Overhøjdeunderskud

Normalbestemmelserne siger at overhøjdeunderskuddet, l , maksimalt må være 100 mm.

Undtagelsesbestemmelserne er delt op efter skinneprofil samt efter togtype:

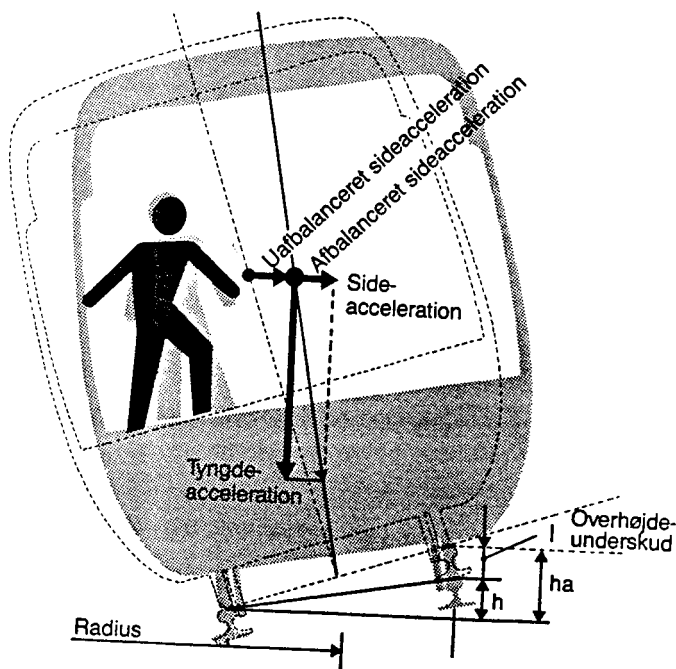
For skinnetyperne 60E2 og DSB60 (se skinnetyper i afsnit 6.2) og aksellast $A \leq 22,5$ tons gælder, at der kan dispenseres til:

For alle tog, med hastigheder $V \leq 140$ km/t:	130 mm
For alle tog, med hastigheder $140 < V \leq 250$ km/t:	153 mm
For særlige togsæt:	160 mm

For skinner DSB45 og aksellast $A \leq 22,5$ tons gælder, at der kan dispenseres til:

For alle tog: 130 mm

Figur 296 – IC3 i kurve med både overhøjde og overhøjdeunderskud



Overhøjdeunderskud for krængetog

I 1990'erne blev det overvejet at indføre krængetog (også kaldet kurvestyrede tog, hvor vognkassen ved kørsel i en kurve aktivt eller passivt vinkles mod kurvens centrum, som giver samme effekt som overhøjde: centrifugalkraftens påvirkning på passagererne reduceres og komforten forbedres) på strækningen Fredericia-Aarhus og endvidere ville udenlandske operatører også gerne have muligheden for at køre med krængetog i Danmark f.eks. det svenske X2000 eller det italienske Pendolino i Danmark.

For at gøre disse kørsler muligt blev der udarbejdet linjeføringsregler for hastighed indtil 200 km/t, som blev godkendt af Trafikstyrelsen i 1999. Imidlertid blev det efterfølgende besluttet ikke at indføre teknologien, og reglerne er derfor aldrig blevet indført i de officielle Sporregler.

Krængetog kan køre igennem kurver med meget større overhøjdeunderskud end traditionelle tog og der tillades overhøjdeunderskud på op til 245 mm som normalbestemmelser og 275 mm som undtagelsesbestemmelser.

13.5. Overhøjde i krumme sporskifter

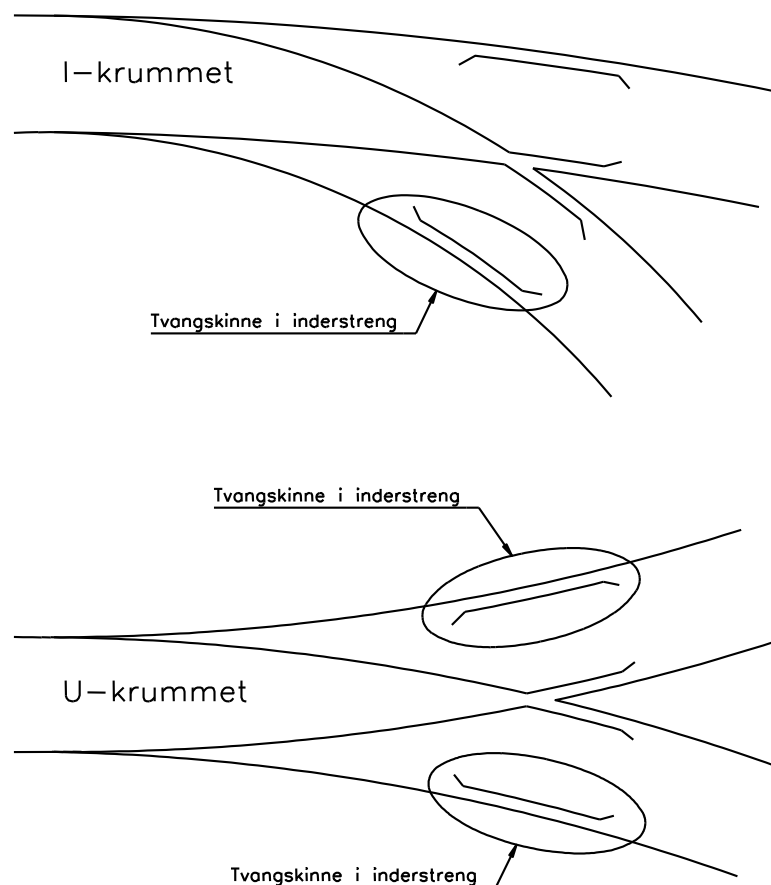
Sporskifter placeret i kurver er enten I-krumme (medkrummet) eller U-krumme (modkrummet), som illustreret på Figur 297, og for disse er der specielle regler for overhøjde ift. Ikke-krumme sporskifter.

I-krumme sporskifter

For stamsporet i de I-krumme sporskifter (det mindst krumme spor) gælder de generelle regler for overhøjde og overhøjdeunderskud.

For vigesporet i I-krumme sporskifter (det mest krumme spor) er der restriktioner for hastigheder over 100 km/t. Dette skyldes, at hjulene på grund af centrifugalkraften ligger an mod den yderste skinne ved kørsel i vigesporets kurve. Når hjulene nærmer sig krydsningen (se evt. afsnit 10 for terminologi for sporskifter) rammer hjulet i inderstrengen tvangskinne, der leder hjulparret korrekt forbi hjertespiden. For at begrænse påvirkningen på tvangskinne er der derfor krav til overhøjdeunderskud på maksimalt 80 mm ved hastigheder over 100 km/t.

Figur 297 – Tvangskinne i inderstrengen



U-krumme sporskifter

For de U-krumme sporskifter gælder særlige forhold.

Dels er der - ligesom for vigesporer i I-krumme sporskifter - forholdet *ved tvangskinne i inderstreng* og dels er der forholdet med *negativ overhøjde i vigesporer* (også kaldet falsk overhøjde).

Begge disse to forhold tages der højde for ved, at der tillades et mindre overhøjdeunderskud på maksimalt 80 mm for hastigheder over 100 km/t.

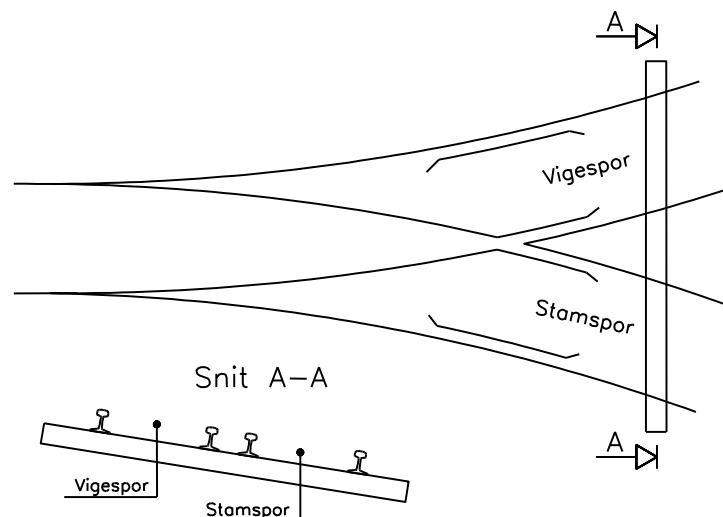
I det U-krumme sporskiftes stamspor er tvangskinnen placeret i inderstrengen. Hjulsættet ligger an mod ydre skinnestreg, modsat tvangskinnen. Når hjulsættet møder tvangskinnen bliver det rykket ind imod inderstrengen. Et ryk på op mod 20 mm. Jo større hastighed jo større er påvirkningen på tvangskinnen og jo mere forringes kørselskomforten.

I det U-krumme sporskiftes vigespor gælder, at hvis der er overhøjde i stamsporet på f.eks. 30 mm, så vil der være en negativ overhøjde på 30 mm i vigesporer. Dette svarer til, at "før man overhovedet har kørt" er der "dømt" overhøjdeunderskud på 30 mm, ligesom når en sportsmand starter med et handicap.

Dette betyder, at overhøjden i stamsporet har stor betydning for hastigheden i vigesporer og omvendt.

- Ønsker man en høj hastighed i stamsporet og dermed typisk stor overhøjde bliver hastigheden meget begrænset i vigesporer.
- Ønsker man en høj hastighed i vigesporer må man sænke overhøjden i stamsporet

Figur 298 – Negativ overhøjde



13.6. Kurver

Cirkelbuer

Cirkelbuer anvendes til at ændre sporets retning i det vandrette plan.

Cirkelbuer bør generelt udstyres med så store radier som muligt, dog ikke over 25.000 m, idet sporet ved radier over 25.000 m er at regne som et ret spor.

En cirkelbues minimumsradius er bestemt ud fra strækningshastighed, størrelse af overhøjde, overbygningstype og bane-/sportype (Hovedbane, Regionalbane osv. og hovedspor, sidespor osv.).

F.eks. kan nævnes at jf. normalbestemmelserne i BN1-66 afsnit 11 for langskinnespor (se evt. afsnit 9) med overbygning UIC60 Dmp er minimumsradius 400 m.

De detaljerede bestemmelser for størrelsen af radius fremgår af Sporregler afsnit 2.02 cirkelbuer.

Bestemmelser for hastigheden, som kurver må befares med, fremgår af Sporregler afsnit 2.04; hastigheden afhænger af størrelsen af radius, overhøjde og overhøjdeunderskud.

Overgangskurver

Mellem ret spor og cirkelbue skal der i hovedspor som normalbestemmelse jf. Sporregler afsnit 2.05.2 indlægges en overgangskurve for at mildne overgangen.

Ligeledes mellem cirkelbuer med forskellig radius.

En overgangskurve er en kurve hvor størrelsen af radius ændres gennem hele overgangskurvens forløb, således at når der f.eks. indlægges en overgangskurve mellem ret spor og cirkelbue, startes med "radius uendelig (∞)", hvilket vil sige ret spor, herefter bliver radius mindre og mindre indtil radius er det samme som i cirkelbuen (den geometriske form kaldes en "klotoid").

Herved vil centrifugalkraften vokse gennem kurven.

Når der ikke er nogen overgangskurve vil centrifugalkraften opstå i sin fulde størrelse lige i det øjeblik, der køres fra ret spor og ind i cirkelbuen. Dette føles som et kraftigt ryk.

Figur 299 – Overgangskurve

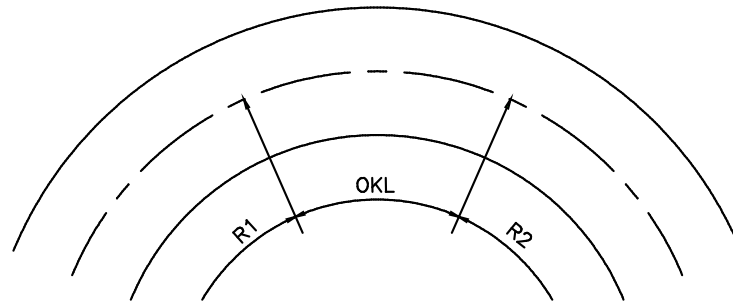


Bestemmelserne for overgangskurver fremgår af Sporregler afsnit 2.05

Ensvendte og modvendte kurver

Sammenstødende kurver er cirkelbuer/overgangskurver, der når helt sammen.

Sammenstødende kurver kan være ensvendte eller modvendte.

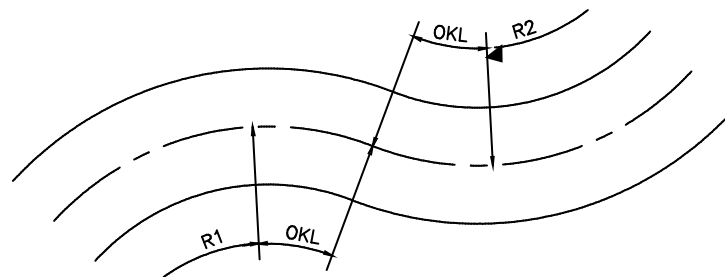
Figur 300 – Ensvendte kurver

Primært af hensyn til komforten bør ensvendte kurver forbindes med en enkelt fælles overgangskurve.

Er der forskel i overhøjden udlignes forskellen ved en overhøjderampe, hvor overhøjden løbende ændres fra værdien i den ene ende af overgangskurven til værdien i den anden ende af overgangskurven (f.eks. fra ingen overhøjde (0 mm) til 100 mm overhøjde henover overgangskurvens længde). Se også afsnit 13.7.

Ved denne udformning får man en glidende overgang mellem de to cirkelbuer, hvor der som regel er forskel i overhøjdeunderskuddet og dermed påvirkes man også af forskellig størrelse af centrifugal-acceleration.

I nogle tilfælde kan to cirkelbuer støde helt sammen uden mellemliggende overgangskurve. Det er ved store og næsten ens radier og/eller ved lav hastighed.

Figur 301 – Modvendte kurver

Ligeledes – primært af hensyn til komforten – gælder for modvendte kurver, at deres tilhørende overgangskurver så vidt muligt bør nå sammen.

Ved modvendte kurver har man normalt den situation, at overhøjderammerne krydser hinanden, idet at når den ene overhøjderampe går nedad går den anden opad. I nogle tilfælde kan overgangskurver mellem modvendte kurver udelades. Det er ved store radier og/eller lille hastighed.

De nærmere regler for sammenstødende kurver findes i Sporregler afsnit 2.05, 2.07 og 2.08.

13.7. Overgangskurver og overhøjderamper

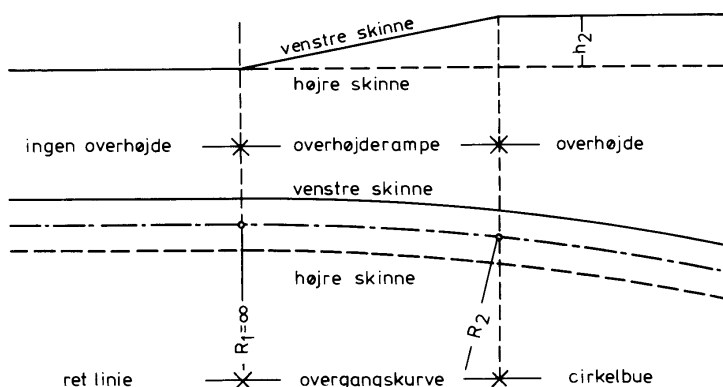
I dette afsnit gennemgås nogle af de forskellige måder hvorpå overgangskurver og de tilhørende overhøjderamper kan udformes på samt nogle af reglerne herfor.

Overgangen fra spor uden overhøjde til spor med overhøjde eller mellem to sporstykker med forskellig overhøjde sker ved at den ene skinnestreg gives en hældning. Dette kaldes en overhøjderampe.

Overhøjderamper er normalt retlinede og beskrevet i Sporregler afsnit 2.06 samt TSI INF afsnit 4.2.5.3.

Figur 302 – Overhøjderampe mellem ret spor og cirkelbue

Øverste diagram skal læses som længde på x-aksen og mængde af overhøjde på y-aksen. Nederst, er den vigtige information de to radier i tangentpunkterne.



Regler omkring overgangskurver og overhøjderamper

Der er regler der fastsætter længden af overhøjderamper.

Det bestemmende for længden af en overgangskurve er overhøjdeunderskud og hastighed.

Det bestemmende for længden af en overhøjderampe er overhøjde og hastighed.

Rampe og overgangskurve skal være sammenfaldende.

Skal man finde minimumslængden af f.eks. en overgangskurve, skal man bestemme minimumslængden af både overgangskurve og rampe, hvorefter det er den største af disse to længder, der gælder.

Herudover er der bestemmelser for hvornår en overgangskurve kan undlades, som afgøres af størrelse på radius og hastighed.

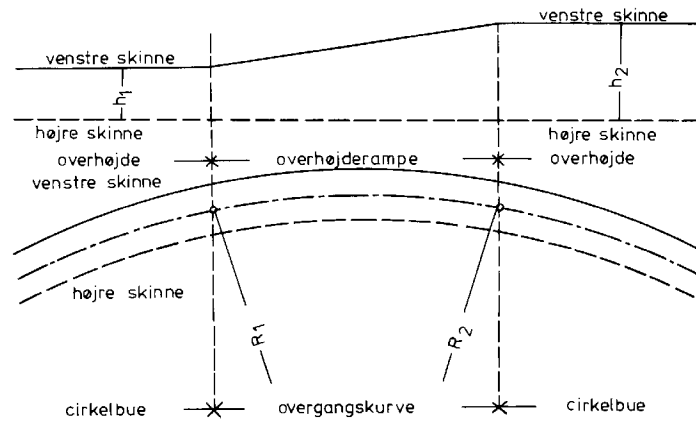
I Sporregler afsnit 2.05 og 2.06 findes den nærmere beskrivelse.

Nogle typiske kurveforløb

Ud over det på Figur 302 viste forløb skal nævnes:

- Overgangskurve mellem to ensvendte kurver
- Sammenstødende overgangskurver mellem modvendte kurver med krydsende overhøjderamper

Figur 303 – Overgangskurve og retlinet overhøjderampe mellem to ensvendte kurver



En samlet oversigt over de forskellige typer forløb af overgangskurver og tilhørende overgangsramper findes i Sporregler tillæg 2E.

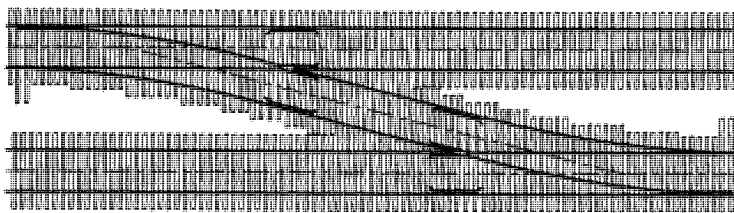
13.8. Transversaler

Transversal

En transversal er en sporskifteforbindelse, der giver mulighed for kørsel fra et spor til et andet sideløbende spor. F.eks. fra højre til venstre spor på en dobbeltsporet bane. Oplysninger om sporskifters opbygning og terminologi kan findes i afsnit 10.

En transversal består af to sporskifter vendt mod hinanden og et mellemliggende sporstykke. Transversaler kan bygges med alle typer af enkeltsporskifter. Standardtransversaler kan findes på bladnummer 7968 og 7979.

Figur 304 – Transversal



Transversaler mellem rette og parallelle spor

Ønskes et hurtigt skift fra det ene til det andet spor anvendes store sporskifter som 1:19 og 1:26,5/1:27,5 (se forklaring på Figur 227 på side 189).

I udlandet på højhastighedsbaner anvendes transversaler med sporskifter 1:65, der tillader hastighed i vigesporet på op til 220 km/t.

Er pladsen trang, som på nogle stationer, og er det ikke nødvendigt at have mulighed for stor hastighed i transversalen, kan der anvendes små sporskifter som 1:9.

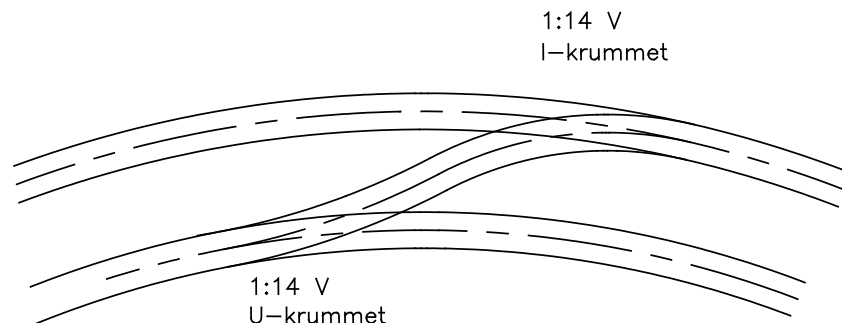
Af hensyn til komforten ved kørsel gennem en transversal er der minimumskrav til længden af det rette sporstykke mellem sporskifterne. Af geometriske årsager er der også minimumskrav til sporafstanden mellem de spor, hvor transversalen skal placeres.

Alle krav til transversaler fremgår af Sporregler afsnit 2.09.

Transversaler mellem spor i kurve

En sådan transversal består næsten altid af et U-krumt og et I-krumt sporskifte.

Figur 305 – Transversal i kurve og slangekurve i U-krumt sporskifte



Transversaler med sporskifter på betonsveller

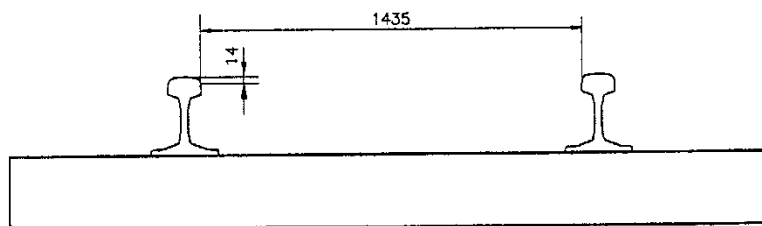
De generelle regler er som for alle sporskifter, dog gælder det ved små sporafstande, at der skal anvendes specialsveller i området lige efter krydsningen.

13.9. Sporvidde

Normalsporvidde

Sporvidden er det vinkelrette mål mellem indersiderne af skinnerne, målt 14 mm under skinneoverside.

Figur 306 – Sporvidde



Ændringer i sporvidde gennem tiden

På alle overbygninger på træsveller samt på alle overbygninger på betonsveller designet i perioden 1983-2016 skal sporvidden være 1435 mm i ubelastet tilstand. Fra 2016 er svellerne designet med 1437 mm sporvidde. Se evt. detaljer om svelletyper i kapitel 5 der starter på side 71.

To-bloksveller fremstillet før 1983 blev fremstillet med en sporvidde på 1432 mm ud fra den teori, at befæstelsen ville "give sig lidt" når sporet blev belastet således at sporvidden ville være 1435 mm når der kørte tog. Denne teori har ikke været gangbar idet svellerne ikke "har givet sig" og på mange strækninger har der gennem tiden været problemer med for snæver sporvidde. Derfor blev standardsporvidden i 1983 igen sat til 1435 mm. Siden da har det dog ved Banedanmark samt flere andre infrastrukturforvaltere vist sig at, der også på 1435 mm opstår problemer med snæver sporvidde (overholdelse af minustolerancerne for sporvidde). Den primære årsag til dette er, at sporet bygges med skinnehældning mod spormidten, således at skinnerne alene ved vægten af togene belastes med en vandret kraft mod spormidten, hvilket med tiden giver anledning til, at sporvidden bliver mindre.

Snæver sporvidde giver typisk anledning til, at der opstår instabilitet for togene (urolig kørsel i form af gentagne periodiske bevægelser med en frekvens på 1-2 Hz (sinuskørsel) eller 4-8 Hz (hunting) af et togs hjulsæt), således at der i værste fald kan opstå sikkerhedskritiske/voldsomme vandrette påvirkninger af sporet fra togene.

Da plus-tolerancerne generelt set er væsentligt større end minustolerancerne for sporvidden samt Min- og Max-grænserne ikke kan ændres af hensyn til hjul/skinne-forhold, er det i forbindelse med indførelsen af den nye TSI Infrastruktur pr. 01. januar 2015 besluttet, at den projekterede sporvidde fremadrettet skal øges fra 1435 mm til 1437 mm (som efterfølgende er indføjet i Sporregler afsnit 2.12). Accepttolerancerne ved nyanlæg og efter vedligeholdelse tager udgangspunkt i 1437 mm, mens vedligeholdelsestolerancerne tager udgangspunkt i den nominelle sporvidde på 1435 mm, som det fremgår af BN1-38.

På strækninger, der er omfattet af TEN-T nettet (også kaldet "TSI strækninger"), skal der således bruges nominal sporvidde 1437 mm frem for 1435 mm. Reglerne for dette er indført i Sporregler: For nominal sporvidde 1435 mm skal den projekterede sporvidde for sveller være 1437 mm. Dette er indarbejdet i S16 svellen, som er udviklet til København-Ringsted banen. For sveller er det frem til den 31. maj 2021 tilladt at anvende en projekteret sporvidde på 1435 mm. For sveller lagt med en projekteret sporvidde på 1432 mm, 1435 mm eller 1437 mm skal sporvidden vedligeholdes efter reglerne, der er beskrevet i BN1-38 "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer".

Sporudvidelse

Sporudvidelse gives for at undgå at hjulene klemmer i kurver med små kurveradier. Dette gælder primært for lokomotiver og evt. vogne, hvor der er tre (eller flere) aksler i hver bogie.

Der kræves kun sporudvidelse ved kurveradier mindre end eller lig med 175 meter.

Jf. Sporregler afsnit 2.12 gælder følgende:

Radius [m]	Sporudvidelse [mm]
$190 \leq R$	0
$175 \leq R < 190$	+5
$150 \leq R < 175$	+10
$R < 150$	+15

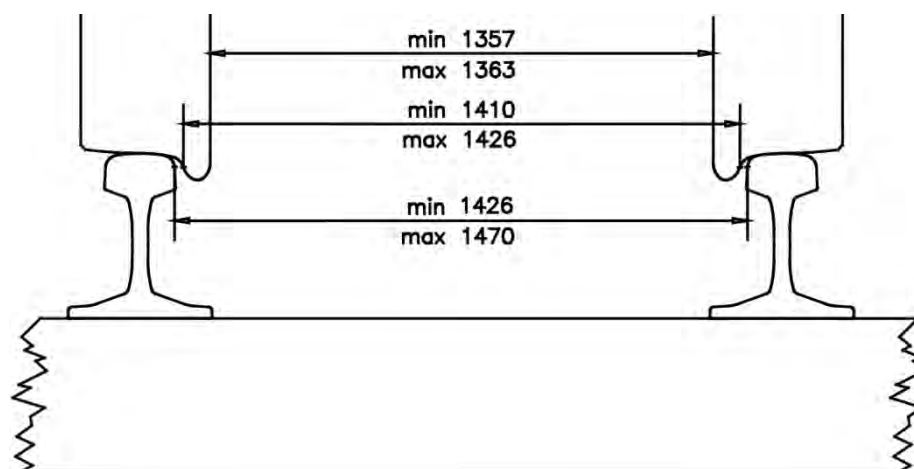
13.10. Hjul/skinne-forhold

Hjul/skinne-forholdet eller sammenspillet mellem hjul og skinne er et meget vigtigt område, idet det er her alle påvirkningerne fra toget skal overføres til sporet.

I modsætning til biler, hvor hjulene frit kan dreje i forhold til hinanden, sidder hjulene på jernbanemateriel fast på sin aksel. Herved drejer begge hjul og den aksel de sidder på, et hjulpar, lige mange omdrejninger under kørsel.

Dels af hensyn til standardiseringen, men også af hensyn til passage af sporskifter mv. er der visse maksimums- og minimumsmål, der skal overholdes både for spor og for hjulpar.

Figur 307 – Minimums- og maksimumsmål for sporvidde og hjulpar



Af Figur 307 fremgår det bl.a., at der er krav til hjulflangernes indbyrdes afstand. Det fremgår ligeledes at begge hjulflager ikke samtidigt kan lægge an mod hver sin skinne, da største tilladte flangeafstand er mindre end mindste tilladte sporvidde.

Løbebane

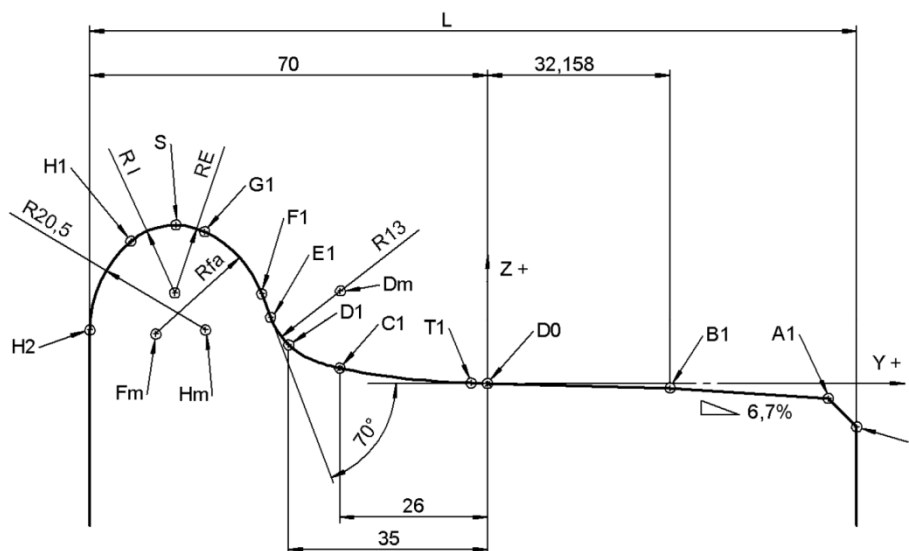
Den del af hjulringen, som er i kontakt med skinnen, kaldes hjulets løbebane.

Tilsvarende for skinnen kaldes den del af skinneoversiden, som hjulene er i kontakt med for kontaktbåndet. Dette ses ofte som en 2-3 cm bred bane oven på skinnehovedet.

Hjulringens profil er udformet så den passer til skinnens profil, og den er udformet på en sådan måde, at hjulparret under kørsel vil centrere sig om spormidten.

Figur 308 – S1002 hjulprofil

Detaljer om hjulprofiler kan findes i EN13715

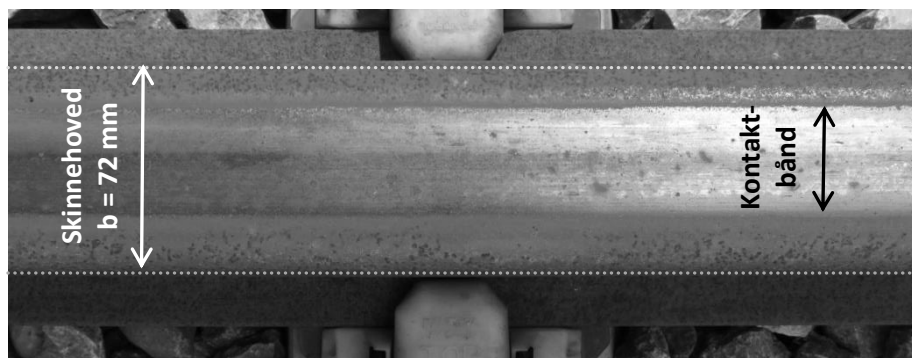


Kontaktflade

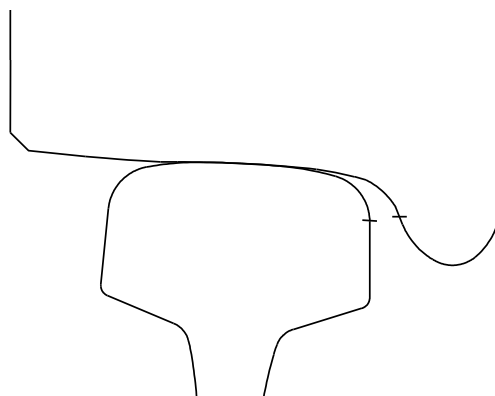
Selve det område hvor hjulet rører skinnen - kontaktfladen - er normalt meget lille, ca. 2 cm², dvs. på størrelse med en tokrone. Da de fleste kræfter, både lodrette og vandrette, skal overføres i kontaktfladen, bliver der tale om store påvirkninger på hjul og skinne. Resultatet heraf er slitage og deformationer af både hjulring og skinne. Kravene til hjul og skinne er derfor store.

Af hensyn til den bedst mulige overførsel af kræfter fra hjul til skinnehoved og videre ned i overbygningen bør skinnerne stå med en hvis hældning ind mod spormidten. Herved kommer kontaktbåndet til at ligge midt på skinnehovedet. Ved overgang til monobloksvellen i 1989 skiftedes fra hældning 1:20 til hældning 1:40 for at harmonisere med internationale forhold.

Figur 309 – Kontaktbånd på 60E2-skinne



Figur 310 – Hjul/skinne kontakt



Kørsel på ret spor og i kurve

I et ret spor er begge skinnestrenger lige lange; begge hjul skal derfor lige langt. I en kurve derimod er yderstrengen længere end inderstrengen. Hjulet i yderstrengen skal derfor bevæge sig længere end hjulet i inderstrengen. Da hjulene følges ad, sker der derfor en vis glidning af det ydre hjul og slingren af hjulparret.

Ved kørsel i kurve kan man ikke som i biler dreje forhjulene, så de stiller sig radiært. I stedet trykker hjulparrets ydre flange under en vis vinkel mod yderstrengen.

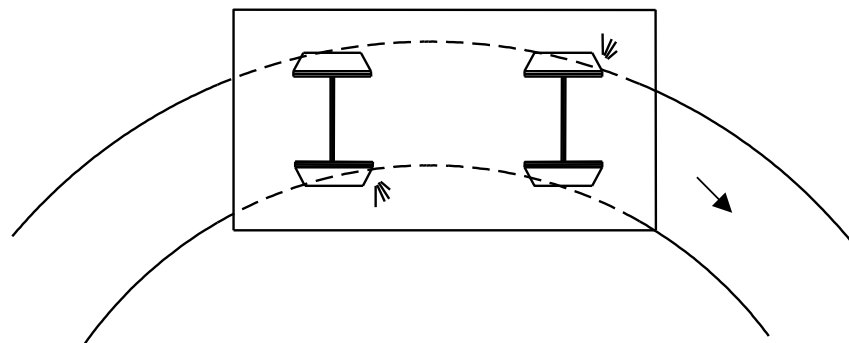
Et jernbanekøretøj er helt generelt opbygget som en kasse, der via en sekundær affjedring har forbindelse til et akselophæng, som enten er selvstændigt eller som en bogie med flere aksler på, som igen har faste aksler med hjul på ophængt i den primære affjedring. Hjulets føring på sporet opnås gennem to principper:

- Hjulene er koniske (ikke cylindriske), hvilket på ret spor medfører en centreringseffekt, hvis der er mindre horisontale bevægelser. Centrerings-effekten leder i kurver også til en bedre radial styring. Dermed opnås kørsel med mere rulning og mindre glidning og dermed mindre slid.
- Hjulene har flanger på indersiden af sporet for at forhindre afspring. Under kørsel på ret spor kommer flangerne normalt ikke i kontakt med skinnen, men ved kørsel i skarpe kurver og i sporskifter bliver de nødvendige, da den førnævnte centreringseffekt ikke er tilstrækkelig. Afhængig af hvor meget spænding der opstår mellem flange og skinne medfører det en del slid på begge.

Afhængig af togtype og radius opfører toget sig på forskellig vis i kurven. Jo mindre radius jo større er denne føringskraft.

For en to-akslet vogn i en kurve med lille radius er situationen som på Figur 311. I dette tilfælde virker der kræfter ved forreste hjulpar i yderstreng og ved bagerste hjulpar i inderstreng. Jo større sporvidden er, jo større bliver angrebsvinklen, v , mod yderstrengen og des større bliver føringskraften.

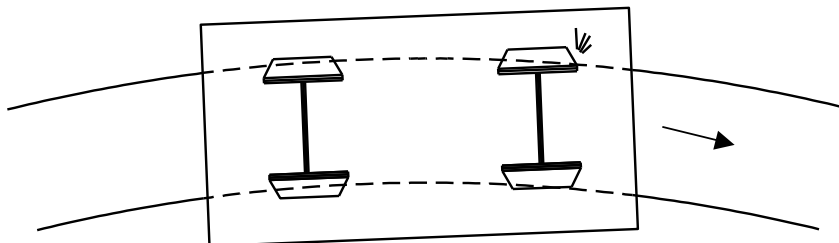
Figur 311 – To-akslet vogn i en kurve med lille radius



I en kurve med større radius vil det bagerste hjulpar stille sig mere frit, og det er normalt at ingen af det bagerste hjulpars flanger rører skinnerne. Kun føringskraften ved forreste ydre hjulflange optræder (Figur 312).

På hovedspor er radier ofte så store – 1500 m og større - at der slet ikke er flangekontakt.

Figur 312 – To-akslet vogn i kurve med relativ stor radius



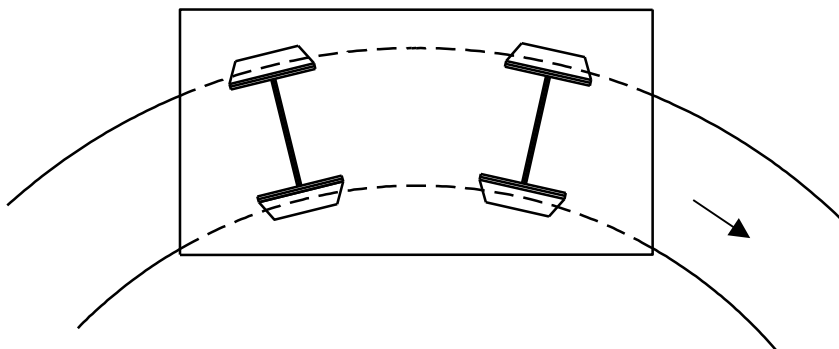
Har toget flere end to aksler på samme ramme som bl.a. de gamle damplokomotiver, bliver føringskræfterne generelt større.

Vogne hvor hjulakslerne er monteret på bogier (en konstruktion der kan dreje uafhængig af vognkassen) påvirker generelt sporet mindre end vogne hvor akslerne sidder på samme ramme.

Flangekontakt giver stor slitage på skinner og hjul. Dette er søgt mindsket på flere måder:

- På S-banen er der i stort omfang placeret smøreapparater ved mange af kurverne med små radier.
- Skinnerne slibes ofte og efter nøje planlægning.
- Mange lokomotiver er udstyret med systemer, der smører hjulflangen.
- På 4. generations S-tog (litra SA/SE) er hjulparrene - de såkaldte en-akslede bogier – styret sådan, at akslen stiller sig radiært ved kørsel i kurver.

Figur 313 – 4. generations S-tog i kurve. Akslerne stiller sig radiært



Ækvivalent konicitet

Overvågning af hjul/skinne-geometrien foregår vha. begrebet ækvivalent konicitet, som er et udtryk for et hjulsæts styreevne på et givent spor. Høj værdi af ækvivalent konicitet giver risiko for hunting (urolig kørsel i form af gentagne periodiske bevægelser med en frekvens på 4-8 Hz af et togs hjulsæt) og lav værdi giver risiko for sinuskørsel (urolig kørsel i form af gentagne periodiske bevægelser med en frekvens på 1-2 Hz af et togs hjulsæt). Den tekniske definition lyder: "Tangens til konusvinklen på et hjulsæt med koniske profiler, hvis sideværts bevægelse har samme kinematiske bølgelængde på ret spor og i kurver med en stor radius som det aktuelle hjulsæt".

Ækvivalent konicitet skal overholde kravene i BN1-38: "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer" og beregnes ud fra følgende:

- Et reference skinneprofil
- Et reference hjulprofil
- Sporvidde
- Skinnehældning

Som skinneprofil benyttes jf. Banenorm BN2-202 som standard 60E2. TSI INF foreskriver at den ækvivalente konicitet som minimum skal kunne beregnes for hjulprofilerne S1002 og GV 1/40. Sporvidde og skinnehældning måles regelmæssigt i forbindelse med målevognskørsler for relativ beliggenhed (se afsnit 14.5 på side 279).

Selve beregningen er dog rimelig kompliceret, men det er et krav til målevognsentreprenøren at levere en landsdækkende måling af ækvivalent konicitet én gang om året. Detaljer vedrørende beregningen fremgår af EN15302.

14. Sporets beliggenhed

14.1. INTRODUKTION	262
14.2. ABSOLUT BELIGGENHED OG FAST AFMÆRKNING	263
14.3. RELATIV BELIGGENHED	265
14.3.1. Højde- og sideretning	267
14.3.2. Standardafvigelse for højde- og sideretning	271
14.3.3. Overhøjde	272
14.3.4. Vridning	274
14.3.5. Sporvidde	275
14.4. FORSKEL MELLEM ABSOLUT OG RELATIV SPORBELIGGENHED	277
14.5. MÅLING AF RELATIV SPORBELIGGENHED	279
14.5.1. Belastet måling	280
14.5.2. Ubelastet måling	286
14.6. SPORJUSTERING	289
14.6.1. Sporjustering af fast befæstet spor	290
14.6.2. Sporjustering af ballasteret spor	291

14.1. Introduktion

Sporbeliggenhed

Sporbeliggenhed kan generelt beskrives som en angivelse af hvordan sporet ligger lodret og vandret. Der skelnes imellem *absolut* og *relativ* beliggenhed.

Den absolutte beliggenhed beskriver hvor sporet ligger i xyz-koordinater i forhold til et alment anerkendt referencesystem. En absolut placering angiver ét, og kun ét, bestemt punkt et sted på jordens overflade. Absolut sporbeliggenhed benyttes typisk i forbindelse med projektering af sporets linjeføring og længdeprofil, samt efterfølgende til at dokumentere og have retningslinjer for kontrol af, at sporet ligger placeret som projekteret.

Relativ beliggenhed angiver sporets placering i forhold til noget andet, typisk det foranliggende spor. En relativ placering kan for eksempel være at et punkt afviger 2 mm fra et punkt placeret 250 mm foran det. Relativ beliggenhed kan være sikkerhedsbærende og/eller komfortrelateret og måles med normfaste mellemrum med henblik på udbedring af fejl med sporing og andre tiltag.

Kvalitetsklasser

I forbindelse med grænseværdier, prioritering og planlægning af vedligehold vil der ofte blive brugt begrebet kvalitetsklasser. Disse klasser er udtryk for et bestemt hastighedsinterval for de(t) spor der omtales, og er defineret som følger (bemærk brugen af 'mindre end' & 'mindre end eller lig med' samt at V står for hastighed):

Hoved- og togvejsspor

A1: $200 < V \leq 250$ km/t

A: $160 < V \leq 200$ km/t

B: $120 < V \leq 160$ km/t

C: $80 < V \leq 120$ km/t

D: $40 < V \leq 80$ km/t

E: $V \leq 40$ km/t

Sidespor

S: $V \leq 40$ km/t

Bemærk, at hastighedsintervallet for kvalitetsklasse E og S er ens, men S kun dækker sidespor, mens E er hoved- og togvejsspor.

14.2. Absolut beliggenhed og fast afmærkning

Regelgrundlag

Reglerne for absolut beliggenhed, herunder fast afmærkning, kan findes i Banenorm BN2-93: "Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé" & BN2-94: "Landmåling på banen", der beskriver koordinatsystemer, måleteknikker mv.

Definition

Sporets absolutte beliggenhed er jf. BN2-93 defineret som "sporets beliggenhed i plan og højde i landsdækkende koordinat- og højdesystem".

Den absolutte beliggenhed benyttes i to forskellige sammenhænge, som har hvert deres koordinat- (og højdesystem):

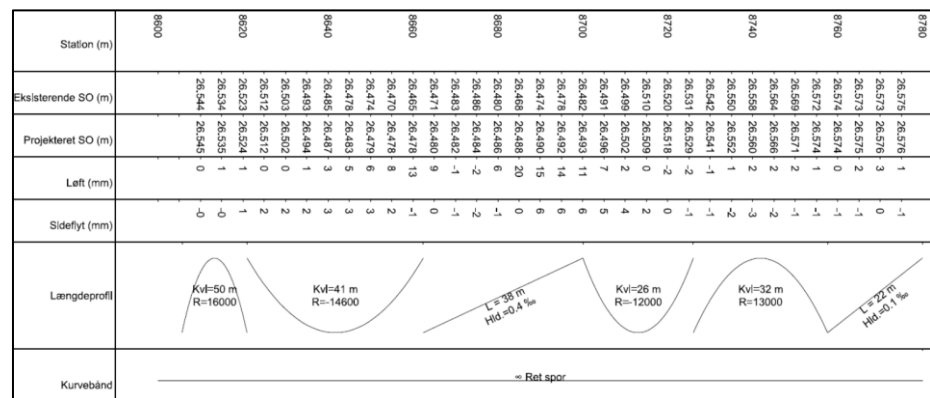
- Landmåling jf. BN2-94, der benytter koordinatsystemet Kp2000
- Fast afmærkning jf. BN2-93, der benytter et for banen lokalt etableret koordinatsystem bestående af referencepunkter opsat på banens infrastruktur.

Landmåling

Opmåling af sporets absolutte beliggenhed f.eks. i form af et længdeprofil (se afsnit 13.3 på side 240) foretages ofte af landmålere med totalstation eller anden form for måleudstyr. Denne form for opmåling foretages i forhold til koordinatsystemet Kp2000 (Kortprojektion 2000) som er landsdækkende for Danmark og anvendes i forskellige brancher, samt DVR90 (Dansk Vertikal Reference 1990) som højdesystem.

Kp2000 bygger på det verdensomspændende koordinatsystem UTM/ETRS89, som normalt også bruges som den primære kortprojektion i Danmark. UTM har imidlertid en meget stor afstandskorrektion på maks. 40 cm/km, og er derfor uegnet til brug ved bygge- og anlægsarbejder. Kp2000 blev derfor udviklet til at have samme afstandskorrektion på 5 cm/km som System 34, der blev benyttet indtil UTM blev implementeret, havde.

Figur 314 – Absolut beliggenhed, i form af længde- og kurveprofil, opmålt af landmålere



Fast afmærkning

Fast afmærkning er et system hvor der opsættes tracéavler og referencepunkter langs sporet som entydigt identificerer sporets projekterede tracé og de registrerede anlægsdata i kurveregister og længdeprofilregister.

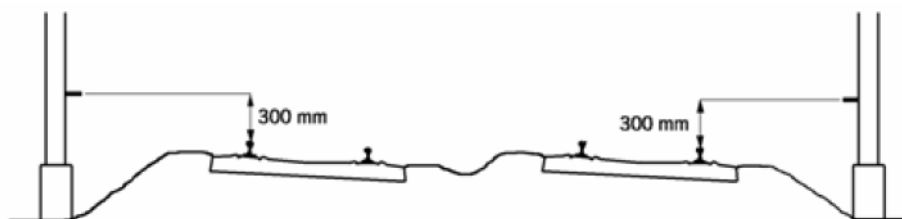
Tracéavler er placeret i skinnekroppen i tangentpunkter for elementer af hhv. sporets linjeføring og længdeprofil (dvs. i starten/slutningen af overgangskurver, kurver og afrundinger), og beskriver disses geometriske egenskaber: længde, radius, retning og overhøjde.

Figur 315 – Tracéavle

Referencepunkter er et opmålt punkt, hvortil der er knyttet en direkte reference til sporets projekterede beliggenhed, med oplysninger om højdeforskel til nærmeste skinne, vandret afstand til nærmeste skinnes kørekant, sporets overhøjde og xyz-kordinater i henhold til BN2-94 (Kp2000 og DVR90). Dette overvejes ændret til afstand til sporets centerlinje og laveste skinne med henblik på lettere databehandling. Referencepunkterne er typisk placeret på en køreledningsmast eller andre faste objekter langs banen.

Figur 316 – Referencepunkter på køreledningsmaster

Skal placeres min. 200 mm over mastefoden og 300 ± 50 mm over nærmeste skinne

**Figur 317 – Referencemærke placeret på køreledningsmast**

14.3. Relativ beliggenhed

Regelgrundlag

Reglerne for relativ beliggenhed, herunder måleintervaller, definitioner, fejlklasser og regler for sporjustering kan findes i Banenorm BN1-38: "Sporbeliggenhed og sporkvalitetsnormer".

Det er vigtigt at den relative sporbeliggenhed regelmæssigt kontrolleres, da mindre fejl kan resultere i komfortforringelser for passagererne, mens større fejl kan resultere i skader på spor eller indebære risiko for afspringer.

Fejltyper

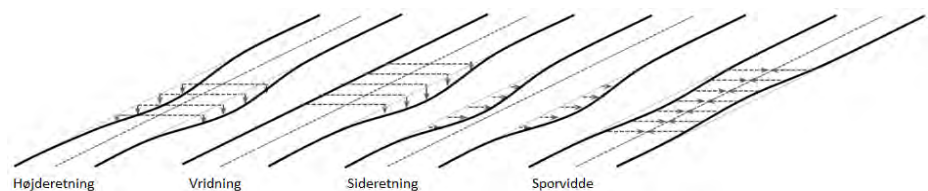
Relativ beliggenhed kan generelt defineres som: Ét punkts placering i forhold til ét andet punkts placering.

I dette afsnit beskrives relativ sporbeliggenhed, der er et sæt fastdefinerede parametre som overvåges regelmæssigt efter norm-fastsatte intervaller, da mindre sporfejl kan resultere i komfortforringelser for passagererne, mens større fejl kan resultere i skader på spor eller indebære risiko for afspringer.

Jf. Banenorm BN1-38 findes følgende fejltyper:

- Højderetning (vertikal beliggenhed)
- Sideretning (horisontal beliggenhed)
- Overhøjde
 - o Absolut værdi
 - o Ujævnhed
 - o Afvigelse fra projekteret
- Vridning, over forskellige målebaser
- Sporvidde
 - o Absolut værdi
 - o Variation over 10 m
 - o Middelværdi over 100 m

Figur 318 – Fejltyper for sporets relative beliggenhed



Fejlklasser

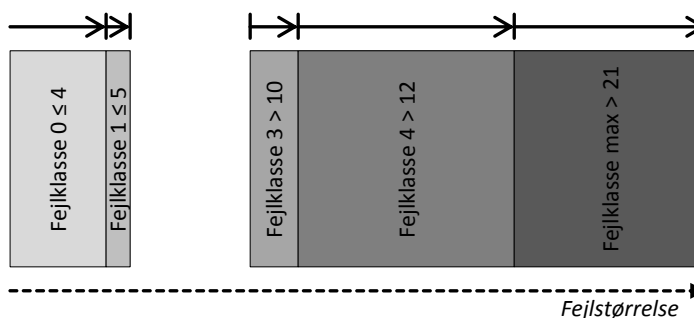
Fejlens størrelse kategoriseres i forskellige fejlklasser, som jf. Banenorm BN1-38 er:

- Fejlklasse 0: Største tilladelige afvigelse efter udført slutjustering og 1 års justering i forbindelse med sporfornyelse og nyanlæg. Dette er den laveste kategoriserede amplitude, da vedligeholdelsesudgifterne henover et spors levetid reduceres signifikant des bedre initialkvaliteten er.
- Fejlklasse 1: Største tilladelige afvigelse efter sporviddejustering, vedligeholdelsesjustering, efter arbejdsjustering til drift samt efter opfølgingsjustering i forbindelse med sporfornyelse og nyanlæg.

- Fejlklasse 3: Fejl, der skal tages i betragtning ved planlægningen af sporets regelmæssige vedligehold herunder vedligeholdelsesjustering.
- Fejlklasse 4: Fejl, som overskrider denne grænseværdi, nærmer sig et sikkerhedskritisk niveau og skal vurderes efter de i normen fastsatte deadlines og udbedres, således at de ikke forventes at udvikle sig op til grænseværdierne i fejlklasse max/min, dog senest efter de i normen fastsatte deadlines.
- Fejlklasse max/min: Fejl, som overskrider denne grænseværdi, kræver et indgreb for at nedsætte afspøringsrisikoen til et acceptabelt niveau. Dette skal ske enten ved at lukke sporet, nedsætte hastigheden eller rette fejlene i sporet jf. reglerne i normen.

Det skal her bemærkes, at grænseværdierne for fejlklasse 0 og 1 er op til, og de øvrige er over den angivne værdi. Dermed er fejl mellem fejlklasse 1 og 3 ikke kategoriseret. Fejlklasse max er alt over den angivne værdi, da der ikke er nogen større fejlklasse. Princippet er illustreret på Figur 319 (med reference til højderetningsfejl, $\lambda=3-25\text{m}$, kvalitetsklasse D, BN1-38-5).

Figur 319 – Fejlklasser

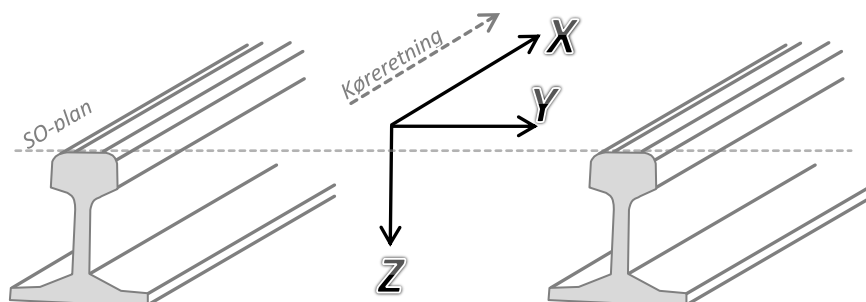


Koordinatsystem

Retningerne, der henvises til i det følgende, relaterer sig til et koordinatsystem der normalt bruges på jernbaner, og som der henvises til i flere normer. Det er defineret i EN13848-1 som følger:

- X-aksen går parallelt med skinnerne
- Y-aksen er parallelt med SO-plan (SO=skinneoverkant)
- Z-aksen er vinkelret på kørefladeren med positiv retning nedad
- Centerlinjen er spormidten, rotation med uret

Figur 320 – Koordinatsystem



14.3.1. Højde- og sideretning

Definition

Afvielser i hhv. højde- og sideretningen er i princippet det samme, hvor den eneste forskel er, at højde-retningen måles vertikalt på SO-planet (en ret linje der trækkes fra skinneoverkant til skinneoverkant), mens sideretningen måles horisontalt på SO-planet, som det ses på Figur 318.

Fejltyperne defineres som:

Højderetning: Lodret afvigelse af fortløbende sammenhængende målinger for højre og venstre skinne, udtrykt som en afvigelse fra middelværdien (referencelinjen) beregnet fra fortløbende målinger for bølgelængder i intervallet $\lambda = 3-25$ m og $\lambda = 25-70$ m [mm].

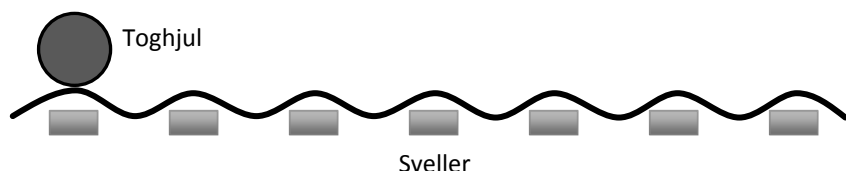
Sideretning: Sideværts afvigelse af fortløbende sammenhængende målinger for højre og venstre skinne, udtrykt som en afvigelse fra middelværdien (referencelinjen) beregnet fra fortløbende målinger for bølgelængder i intervallet $\lambda = 3-25$ m og $\lambda = 25-70$ m [mm].

For at forstå disse definitioner er det nødvendigt med baggrundsviden omkring: spormekanik, bølge teori og måleteknik. Det er alle meget komplekse emner, som kun beskrives meget overordnet i det følgende, med henblik på at forklare ovenstående definitioner.

Spormekanik

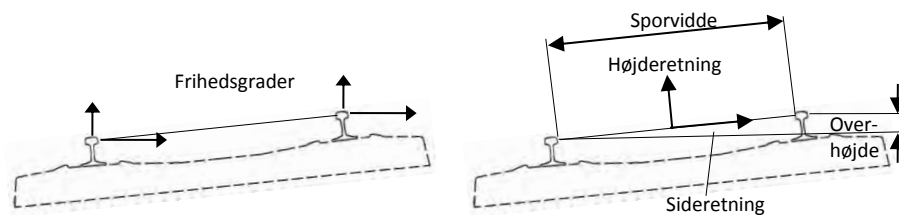
Sporets beliggenhed bliver gradvist dårligere og dårligere som følge af belastning fra togtrafikken. De mange vibrationer, dårlige hjul, stød/bump ved større eller mindre fejl i infrastrukturen, isolerklæbestød, dynamik fra affjedringen osv. medvirker til at sporet langsomt men sikkert kommer til at ligge mere og mere "skævt". For højde- og sideretningsfejl ses der på de bølgestrukturer der opstår i sporet. Sporet er, som beskrevet i øvrige kapitler i denne bog, opbygget i lag fra planum, gennem under- og overballast, til sveller og skinner. Et billede på hvordan bølgebevægelserne opstår, kan være at se at togets hjul har kontakt med skinnerne som er punktvist understøttet af sveller, der ligger på en elastisk bund af skærver. Selvom bevægelserne er så små at de ikke kan ses med det blotte øje, bevirker denne opbygning, at togets hjul kører "op" på svellerne og "ned" mellem svellerne, hvormed der opstår en bølgebevægelse, som illustreret på Figur 321.

Figur 321 – Spormekanik



Bølgerne dannes ikke kun lodret, men tredimensionelt i alle retninger. Dette skyldes at sporet har to frihedsgrader: lodret og vandret, samt en tredje i længderetningen (på langs af skinnerne) som optages enten i stødspillerum (se afsnit 8.2 på side 167) ved lasket spor eller som spændinger i langskinnespor (se afsnit 9 på side 171). I forbindelse med relativ beliggenhed kan denne beskrivelse erstattes med et ligevægtssystem bestående af de fire fejltyper, som illustreret på Figur 322.

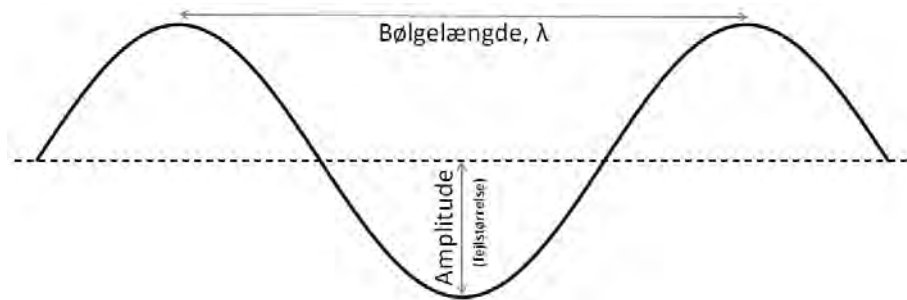
Figur 322 – Frihedsgrader og ligevægtssystem



Bølgeteori

En bølge beskrives ud fra dens bølgelængde (afstand mellem bølgetoppe) og spidsværdien af dens amplitude (afstand fra referencelinje til bølgetop).

Figur 323 – Benævnelser for en bølge

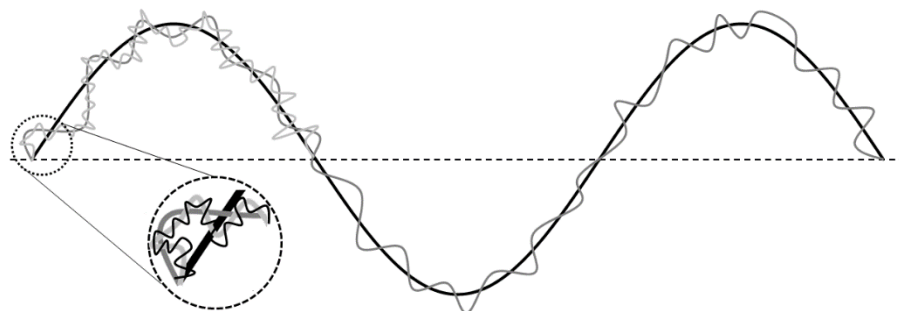


Måleteknik

Bølgerne dannes som beskrevet ud fra spormeknikken, og som det fremgår af definitionerne af fejltypene, er der to relevante bølgelængder hhv. $\lambda = 3-25$ m og $\lambda = 25-70$ m der også benævnes hhv. korte bølger og lange bølger. Som det fremgår af Figur 323 er bølgelængden et udtryk for afstanden mellem bølgetoppene, hvor det dog skal bemærkes at den afstand der typisk observeres i sporet eller analyseres i målinger er relateret til referencelinjen, hvormed deres udstrækning bliver en halv bølgelængde ($\frac{1}{2} \lambda$).

Sporet ligger imidlertid ikke i en så ensartet og regulær bølge som er vist på Figur 323, men i en kompleks form med flere bølger i bølgerne, som illustreret på Figur 324 (med fire lag – teoretisk er der uendeligt mange lag).

Figur 324 – Bølger i bølger



Bølgelængder

I forbindelse med måling af sporets relative beliggenhed er det dog kun nogle bestemte af bølgerne der er interessante. Signalet der måles indeholder i teorien alle bølgelængder i ét blandet signal, men filtreres efterfølgende til at indeholde nogle bestemte. Jf. den europæiske standard EN13848 er følgende relevante:

- D1: $\lambda = 3-25$ m
- D2: $\lambda = 25-70$ m
- D3: $\lambda = 70-150$ (200) m

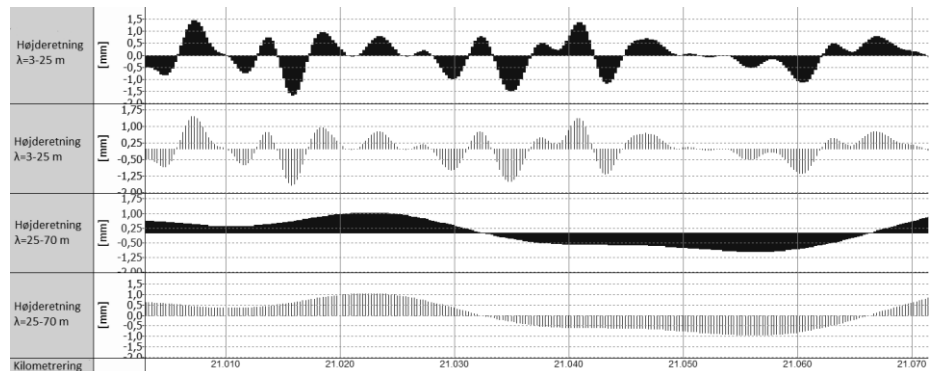
I Banedanmark benyttes kun D1 og D2 jf. definitionerne der er angivet længere oppe. Overskridelse af fejlklasse 4 i D1 er altid sikkerhedskritiske, mens D2 kun giver komfortmæssige problemer op til og med 160 km/t (kørsel henover en D2-fejl vil kunne mærkes som et sug i maven), hvorefter også D2 bliver sikkerhedsbærende. D3 bruges typisk til overvågning af dæmninger og andre geotekniske forhold, men det er ikke implementeret i nogle af Banedanmarks regler ved bogens udgivelse.

Måleteknik

Fejlstørrelsen måles som amplituden (og omkringliggende værdier med en bestemt samplingsafstand, afstand mellem målingerne, typisk på 0,25 meter) for bølger med den korrekte bølgelængde. For at udlede disse skal referencelinjen være kendt og jf. BN1-38 er den defineret som "beregnet fra fortløbende målinger". Det er ikke angivet i normen hvor mange målinger der skal bruges da det afhænger af måleteknikken, som der kan findes mere information om i afsnit 14.5.1. For den målevogn som Banedanmark bruger ved bogens udgivelse skal der bruges 260 målepunkter svarende til 65 m målt spor for D1 og 530 punkter/133 m spor for D2.

Figur 325 – Målevogndiagram for højderetning D1 og D2

Bølgelængden kan udledes af kilometreringsen og samplingsafstanden kan ses som "hakker" i signalet på de fuldt optrukne og som søjler nedenfor



Fejl i infrastrukturen

Når højdefejl betragtes i sporet vil de vise sig som enten konkave (bue opad) eller konvekse (bue nedad) lunker i sporets forløb med en udstrækning svarende til en halv bølgelængde ($\frac{1}{2} \lambda$). Dette skyldes, at fejlen altid betragtes i forhold til det omkringliggende spor, hvormed man ubevidst forestiller sig en referencelinje som fejlen afviger fra, og man kommer derfor til at se enten en bølgetop eller bølgedal jf. Figur 323.

Fejlene spottes lettest ved at se hen langs skinnen ca. en bølgelængde væk fra fejlens startpunkt.

På Figur 326 og Figur 327 er vist nogle illustrative eksempler på hhv. kortbølgede (D1) og langbølgede (D2) fejl. Det skal her bemærkes at billederne er taget med zoom, så der er en vis perspektivforvrængning og fejlene kommer til at se værre ud end de ville se ud ved betragtning i normalperspektiv (som når man står i sporet).

En solkurve, se Figur 211 på side 173, kan tolkes som en "ekstrem" sidebeliggenhedsfejl, som naturligvis er mange gange større end maksindgrebsgrænsen. I praksis kan de være svære at se, specielt i kurver, men vil, på samme måde som højdebeliggenhedsfejl, være en sideværts lunke i sporet, så skinnen ser ud til at være bøjet ud eller ind på en forkert måde.

Figur 326 – Kortbølgede højdefejl i klasse 4 i overgangszonen mellem strækningsspor og overkørsel



Figur 327 – Langbølgede højdefejl



Figur 328 – Sidebeliggenhedsfejls umiddelbart før tvangsskinne



14.3.2. Standardafvigelse for højde- og sideretning

Definition

Standardafvigelse i højde- og sideretning er et udtryk for sporets gennemsnitlige kvalitet henover en bestemt længde. Ved bogens udgivelse benyttes jf. BN1-38-5 længden 200 m, men der kan i princippet bruges en hvilken som helst længde (dog med differentierede indgrebsgrænser). Værdierne der indgår, er *gennemsnittet* af højre og venstre skinne.

Statistisk definition

”Standardafvigelse” er et almindeligt brugt begreb inden for statistikken, hvor den bruges til at beskrive hvor meget en tilfældig (stokastisk) variabel fordeler sig omkring sin middelværdi (gennemsnit). Hvis det antages, at det data der analyseres er normalfordelt (hvilket er en meget sandsynlig antagelse for sporgeometri) vil et interval bestående af middelværdien, μ [*my*] og ± 3 gange standardafvigelsen, σ [*sigma*], statistisk indeholde 99,7 % af alle tænkelige værdier. En høj standardafvigelse, eller stor spredning, er således udtryk for et stort interval, som svarer til mange forskellige værdier. Omvendt vil en lille standardafvigelse give et lille interval, svarende til mange værdier der ligger tæt på hinanden. Standardafvigelsen beregnes som:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Hvor: n er antallet af stikprøver, x_i er værdien af den i 'ende stikprøve og \bar{x} er gennemsnittet af populationen (alle stikprøver der regnes på). Ved beregning på et sporafsnit på 200 m (rasterlængde) og en afstand mellem målingerne (samplingsafstand) på 0,25 m, som er det almindelige ved relativ beliggenhed, opnås en population på 800 stikprøver.

Sporkvalitet

Overføres denne definition til at skulle udtrykke den gennemsnitlige sporkvalitet, vil en lav standardafvigelse betyde, at de 800 værdier for højde- eller sidebeliggenheden er på et ensformigt niveau, mens en høj standardafvigelse betyder at de er meget forskellige – eller med andre ord: en lav standardafvigelse svarer til en god sporkvalitet. Erfaringsmæssigt er standardafvigelsen for et helt nyt ballasteret spor på omkring 0,40 mm, og til sammenligning er indgrebsgrænsen i højderetningen for vedligeholdelsesjustering (klasse 3) ved bogens udgivelse 0,95 mm for et spor hvor der køres 200 km/t – så det er ikke ret store værdier der er tale om. Det skal også bemærkes, at en lav standardafvigelse i højde- og/eller sideretningen indebærer, at sporkvaliteten i henholdsvis højde- og/eller sideretningen er god, men at der på trods af det *kan* forekomme enkelte store punktfejl.

k-tal og Q-tal

I andre landes regelsæt kan der findes begreber som k-tal eller Q-tal, som benyttes til at beskrive den gennemsnitlige sporkvalitet. Dette er historisk betinget og svarer i visse tilfælde direkte til standardafvigelsen, mens der i andre tilfælde er andre parametre lagt oveni og opsummeret til ét tal. I Danmark benyttes standardafvigelsen bl.a. baseret på at et stort europæisk studie, Dynotrain, hvor flere infrastrukturforvaltere var involverede, konkluderede: ”Ingen alternativ metode giver bedre korrelation end standardafvigelse for $\lambda=3-25$ m”.

14.3.3. Overhøjde

Definition

Overhøjde er, som også omtalt i afsnit 13.3 på side 240, en højdeforskel der ligger ind mellem de to skinnestrengene i en kurve for at reducere eller neutralisere den udadrettede centrifugalkraft, som ellers ville gøre at passagerer eller gods ville blive presset ud mod den modsatte side af kurvens drejning. Hvis overhøjden er afbalanceret (præcis svarende til radius og hastighed) vil det i stedet føles som om der køres på ret spor.

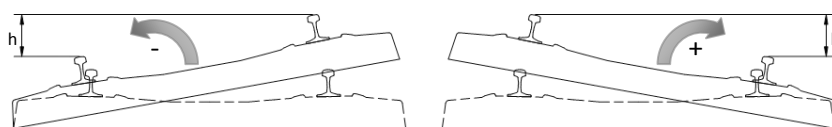
I sammenhæng med relativ sporbeliggenhed måles overhøjden på tre forskellige måder:

- Absolut værdi
- Ujævnhed
- Afvigelse fra det projekterede

Absolut værdi

Den absolutte værdi for overhøjden er den direkte værdi, h , som aflæses ved måling jf. definitionen udtrykt i millimeter, med positivt fortegn hvis kurven drejer til højre (venstre skinnestreng er løftet i forhold til højre) og negativt fortegn hvis kurven drejer til venstre (højre skinnestreng er løftet i forhold til venstre).

Figur 329 – Overhøjde i forhold til kurvens drejning

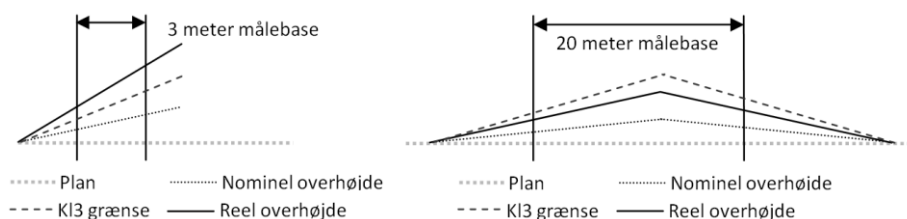


Overhøjdens ujævnhed

Overhøjdens ujævnhed er primært en parameter der er relateret til kørselskomfort, da en stor ujævnhed vil kunne mærkes som ændringer i centrifugalkraften og dermed opleves af passagerne som om at toget slingrer. Overhøjdens ujævnhed måles, på samme måde som vridning der er omtalt i afsnit 14.3.4, ved at måle forskellen i overhøjden på to punkter der ligger 20 m fra hinanden.

Forskellen på vridning og overhøjde er, at vridningsfejl er en hurtig ændring af overhøjden over en kort afstand som udgør en sikkerhedsrisiko i forhold til afsporing, mens overhøjdens ujævnhed er over en længere afstand, som ikke er et sikkerhedsmæssigt problem men giver komfortproblemer. Endvidere udtrykkes vridning som en ændring pr. længde (mm/m), mens overhøjdens ujævnhed udtrykkes som en pilhøjde (mm). En fejl i overhøjdens ujævnhed medfører dermed ikke nødvendigvis en vridningsfejl.

Figur 330 – Forskel på måling af vridning og overhøjdens ujævnhed



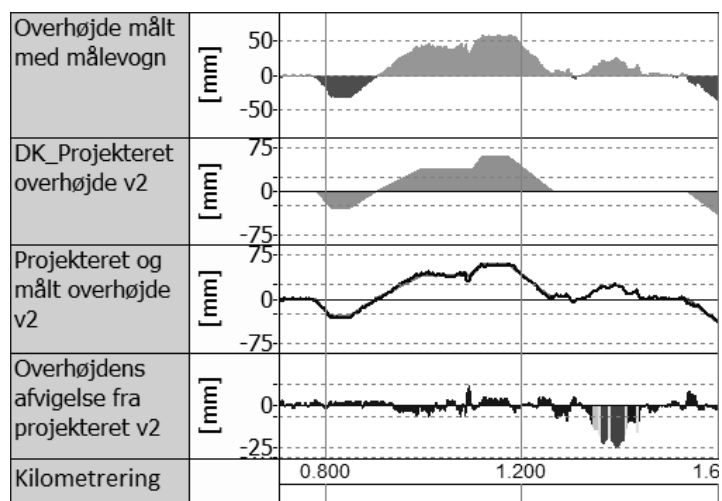
Målt overhøjdes afvigelse fra projekteret overhøjde

Overhøjdens afvigelse fra projekteret blev oprindeligt indført som krav i BN1-38-4 som følge af at det stod til at blive indført som krav i TSI INF. Imidlertid udgik det inden den endelige version af TSI'en blev udgivet, og har derfor ændret betydning i BN1-38-5, hvor der kun er krav til fejlklasse 0 og 1, af hensyn til opfølgning på registreret geometri i forbindelse med fornyelsesprojekter. Grænseværdier for fejlklasse 3 og 4 er erstattet af krav til overhøjdens ujævnhed.

Af hensyn til fremtidigt vedligehold, specielt sporjustering som omtales i afsnit 14.6, er det vigtigt at Banedanmark er i besiddelse af korrekte og præcise oplysninger om sporets linjeføring og længdeprofil (se afsnit 13) herunder længder af overgangskurver og kurver samt overhøjde og radius for disse. Derfor stilles der krav i fejlklasse 0 og 1 til hvor stor en afvigelse der må være mellem den registrerede projekterede overhøjde og den i praksis målte overhøjde.

Analyse af om der er problemer med afvigende overhøjde gøres lettest grafisk, hvor oplysninger om overhøjde importeres til et program hvor det kan vises som lineært asset og sammenlignes med måledata (ved bogens udgivelse benytter Banedanmark programmet IRISSYS, som omtales i afsnit 16.5 på side 319, til dette formål). På Figur 331 ses et eksempel hvor der er et fint sammenhængende kurveforløb efterfulgt af en "knold" (ca. i km 1,4) overhøjde målt i sporet (øverste diagram), som ikke kan genfindes i den projekterede overhøjde (næst-øverste diagram).

Figur 331 – Grafisk analyse af projekteret og målt overhøjde



14.3.4. Vridning

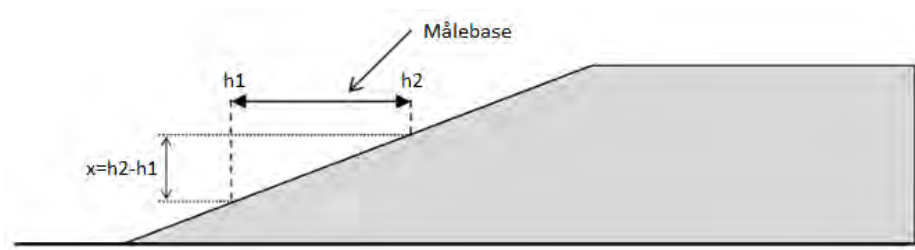
Definition

Vridning defineres som overhøjdens ændring over en vis længde kaldet en målebase. Iflg. BN1-38 skal der benyttes målebaser med længderne 1½ eller 2, 2½ eller 3, 6, 9, 12 og 15 meter.

Årsagen til at der er så mange forskellige er, at vridningsfejl er specielt kritiske i forhold til det rullende materiels aksler og de nævnte afstande er de typisk anvendte akselafstande på dansk og internationalt rullende materiel. Et togsæt eller en togvogn med bogier har typisk ret kort afstand mellem akslerne, mens en godsvogn ved en aksel i hver ende har noget længere mellem dem.

Størrelsen af en vridningsfejl findes ved at måle overhøjden i to punkter med en indbyrdes afstand svarende til målebasen, og enheden bliver således millimeter pr. meter [mm/m].

Figur 332 – Vridning



Eksempel

Hvis $h_1=55$ mm, $h_2=40$ mm og målebasen er 3 m, er vridningen 5 mm/m.

Modsat højde- og sideretningsfejl som måles for hver skinnestreg individuelt er vridningsfejl gældende for *sporet* som et samlet objekt, hvilket også kan udledes af at overhøjde findes ved at måle højdeforskellen på de to skinnestrege (der kan ikke være "overhøjde" i begge skinner).

En vridningsfejl i sporet af høj fejlklasse medfører at overhøjden ændrer sig hurtigt over et kort stykke, hvormed det kan opfattes som en rampe, hvor toget kører op på og flyver et lille stykke for så at falde ned på sporet igen. Denne situation er selvsagt meget farlig, da det kan føre til afsporing. Modsat flere af de øvrige fejltypen kan man ikke modvirke en vridningsfejl ved at sætte farten ned, da grænseværdierne for klasse 4 for alle målebaser undtagen 2½/3m er ens for kvalitetsklasse A-E.

Figur 333 – Vridningsfejl i isolerklæbestød i venstre skinnestreg



14.3.5. Sporvidde

Definition

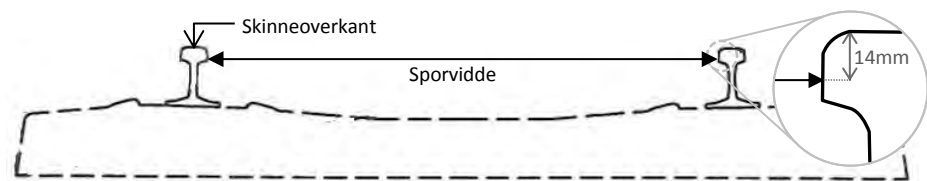
Sporvidden er den perpendikulære (vinkelrette) afstand mellem skinnerne målt 14 mm under skinneoverkant (SO).

Den nominelle sporvidde har, som beskrevet i afsnit 13.9 på side 253, gennem tiden ændret sig fra først 1435 mm, så til 1432 mm på RS, SL og S-75 sveller, til 1435 mm igen og på S16-sveller vil den være 1437 mm.

I sammenhæng med relativ sporbeliggenhed måles sporvidden på tre forskellige måder:

- Absolut værdi
- Variation over 10 meter
- Middelværdi over 100 meter

Figur 334 – Sporvidde



Absolut sporvidde

Den absolutte værdi for sporvidden er den direkte værdi som aflæses ved måling jf. definitionen, udtrykt som *afvigelse* fra den nominelle sporvidde. Da sporvidden kan ændre sig begge veje i forhold til det nominelle mål findes der for alle fejlklasser to grænseværdier, som er hhv. negative (mindre end nominel sporvidde, kaldet snæver sporvidde) og positive (større end nominel sporvidde, kaldet bred sporvidde).

Sporviddevariation over 10 meter

Sporviddevariationen findes ved at beregne den største forskel fra spids til spids for alle målte værdier af sporvidden på den en given lokalitet og ± 5 meter til hver side.

Sporviddemiddelværdi over 100 meter

Middelværdien for sporvidde over 100 meter findes ved at tage gennemsnittet af alle målte værdier af sporvidden på en given lokalitet og ± 50 meter til hver side. Hvis målevognen giver én værdi for hver 0,25 meter (standard på de fleste), tages gennemsnittet altså af 400 målinger.

Figur 335 – Snæver sporvidde forårsaget af dårligt laskestød



**Figur 336 – Bred sporvidde
pga. befæstelsen har skubbet
sig i svellen**



**Figur 337 – Snæver sporvidde
pga. "skæg" (udpresset skin-
nehoved)**



14.4. Forskel mellem absolut og relativ sporbeliggenhed

Sammenligning af absolut og relativ beliggenhed

Absolut og relativ beliggenhed kan ikke direkte sammenlignes, da de benytter to vidt forskellige referencer.

Den absolutte beliggenhed måles som regel i forhold til et kendt verdensomspændende koordinatsystem (se eksempel nedenfor) og et punkt vil derfor til hver en tid kunne beskrives unikt. Hvis der opmåles i forhold til et kendt referencesystem foretages den som regel af landmålere med totalstationer eller lignende professionelt udstyr. Ved Banedanmark benyttes koordinatsystemet Kp2000 som reference, jf. Banenorm BN2-94: "Landmåling på banen". Den absolutte beliggenhed beskrives også i forbindelse med projektering af linjeføring og længdeprofil og bruges som reference i projekteringssoftware som Bentley InRail eller Power Rail Track.

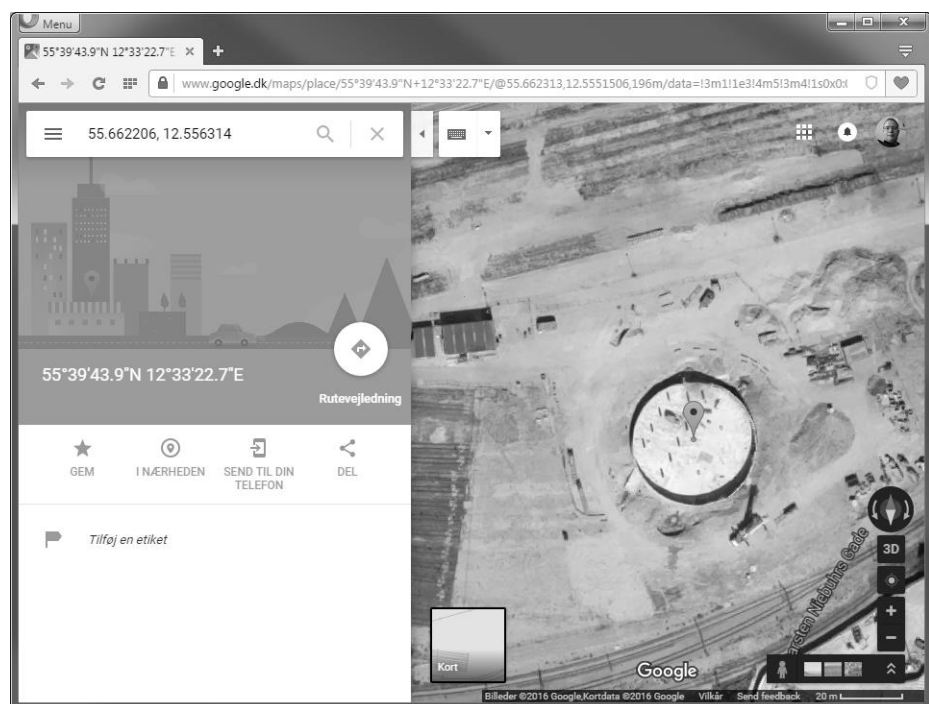
Den relative beliggenhed måles derimod altid *i forhold til* noget andet, og det er derfor nødvendigt at kende referencen for at kunne fortolke signalet. Referencen er i forbindelse med måling af relativ sporbeliggenhed som oftest en referencelinje beregnet som middelværdien af fortløbende målinger for den parameter der måles på.

Eksempel

GPS-koordinater er et velkendt eksempel på et verdensomspændende koordinatsystem, hvor et hvilket som helst punkt på jordens overflade har et sæt koordinater der er unikke for den pågældende placering.

F.eks. angiver koordinatsættet 55,662206°N 12,556314°Ø midtpunktet for Trafiktårn Øst, som kan genfindes på Google Maps eller lignende.

Figur 338 – Placering af GPS-koordinater



En relativ placering af samme sted kunne beskrives som: "1,48 km S-SV for Tivolis koncertscene", "ved siden af Fisketorvet" eller "i København" mv.

Den absolutte beliggenhed i form af et landmåler-opmålt længdeprofil og den relative beliggenhed i form af måling af højderetningen, kan umiddelbart opfattes som at beskrive det samme: sporets vertikale beliggenhed (tilsvarende med linjeføring og sideretning, der kan opfattes som sporets horisontale beliggenhed).

Imidlertid gør de forskellige referencer det i praksis umuligt at foretage en sammenligning, selvom der vil være tendenser i målingerne der er ens.

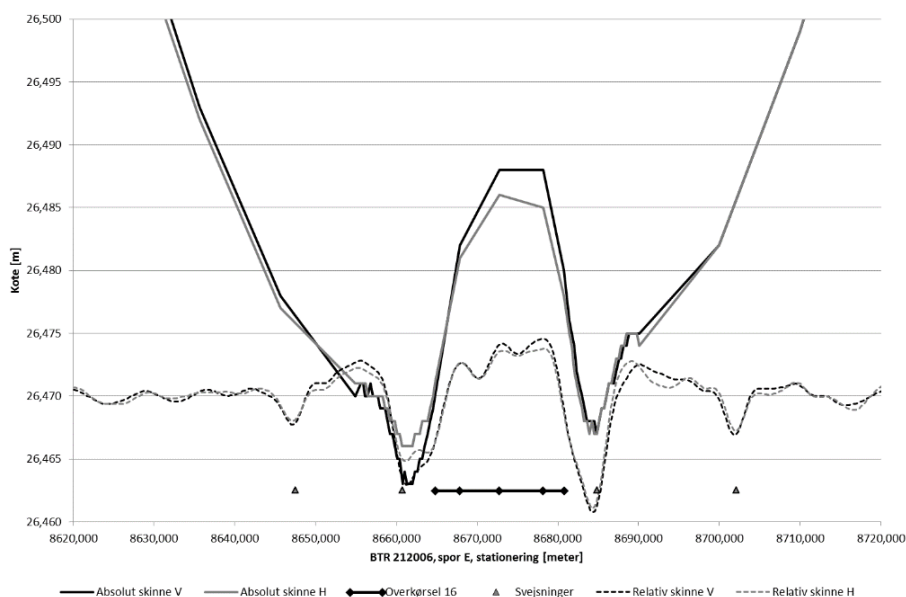
Landmålerne vil for den absolutte måling på baggrund af kendte fikspunkter levere et data-sæt bestående af en stationering (enten lokal eller omregnet til banens kilometrering) og en kote (typisk i meter over havet) og på den måde levere et længdeprofil relateret til koordinatsystemet Kp2000+DVR90.

Måling af det samme spor som relativ beliggenhed med en målevogn vil resultere i et datasæt bestående af kilometrering og den relative afvigelse fra referencelinjen der er beregnet på det forudgående spor.

Forskellen på disse resultater vil være tydelig idet den relative beliggenhed vil ses som +/- værdier omkring referencelinjen (0-linjen) udtrykt i millimeter, mens koterne typisk vil være positive uden nogen tydelig reference og udtrykt i meter.

Figur 339 – Sammenligning af absolut landmåler-måling og relativ målevognsmåling

Omkring overkørsel (der ligger med pilhøjde) med fejl i (den relative) højdebeliggenhed på begge sider



Sammenligning af relative målinger

I visse tilfælde, f.eks. hvis det ønskes at lokalisere en klasse 4 fejl i højdebeliggenheden til ét bestemt svellemellemrum, vil det være ønskeligt at kunne sammenligne relative instrumentmålinger med relative beliggenhedsmålinger. I dette tilfælde er det dog meget vigtigt at være opmærksom på referencerne. En alm. beliggenhedsmåling benytter, som beskrevet i afsnit 14.3.1, en *beregnet* referencelinje baseret på sporet foran. Denne måling kan derfor *ikke* sammenlignes med en relativ måling af en skinnes nedbøjning med reference til skinnens ubelastede placering, da referencerne er forskellige.

14.5. Måling af relativ sporbeliggenhed

Introduktion

Som det fremgår af de øvrige afsnit i dette kapitel, er parametrene for relativ sporbeliggenhed meget komplekse, og det kræver derfor også specialiseret udstyr til at måle det.

Sporets relative beliggenhed kan måles på to forskellige måder, hvor sporet er hhv. belastet og ubelastet. Metoden afhænger af omstændighederne. Belastet måling er som udgangspunkt den mest retvisende, da resultaterne vil afspejle hvordan sporet ligger når der befinder sig noget rullende materiel på det, som er den situation man ønsker at vide noget om.

Imidlertid kræver belastet måling at der benyttes en målevogn eller noget måleudstyr der er monteret på et lokomotiv eller trolje. Det er ikke altid det er muligt eller omkostningseffektivt at bruge den løsning, og det tillades derfor i visse tilfælde at måle sporbeliggenheden ubelastet vha. instrumenter som ikke vejer nok til at påvirke sporet på samme måde som alm. rullende materiel. Det er dog vigtigt at være opmærksom på at de to typer målinger ikke viser det samme, og ikke altid er sammenlignelige.

Sporets relative beliggenhed måles både regelmæssigt på landsplan som vedligehold og mere lokalt i forbindelse med vedligehold eller fornyelse som har indvirkning på sporets geometri (f.eks. en svelleudveksling). Den landsdækkende måling skal foretages belastet efter de i BN1-38 angivne intervaller, som ved bogens udgivelse varierer fra 1-6 gange om året afhængig af hver banes hastighed og belastning. De lokale målinger foretages i forbindelse med de landsdækkende målekampagner hvis det er muligt at planlægge dem i god tid og ellers ubelastet.

14.5.1. Belastet måling

Hvornår er der tale om belastet måling?

For at en måling er belastet, således at måleresultaterne beskriver den situation at der holder/kører rullende materiel i drift på infrastrukturen, skal selve måleinstrumentet jf. EN13848-1 være placeret et sted hvor den ækvivalente belastning er minimum 25 kN på en 60E1-overbygning med en stivhed på 180 kN/mm (definitionen indeholder 60E1, men gælder i praksis også for 60E2). At det er en ækvivalent belastning betyder, at måleinstrumentet ikke nødvendigvis skal være placeret i det punkt hvor sporet belastes, men i et punkt hvor belastningen svarer til det angivne. Længden fra belastningspunktet til den ækvivalente belastning kan beregnes ud fra mekanikken omkring bøjningsmoment og relativ nedbøjning.

Målevogn

Til udførelse af belastede målinger benyttes typisk en selvkørende eller lokomotivtrukket målevogn, der, udover den relative sporbeliggenhed (højde- og sideretning samt vridning og sporvidde), også ofte måler mange andre parametre som: skinneslid, skinnehældning, rifler/bølger, skinnetværsnit, skinnetype og evt. forhold vedr. kørestrømssystemet som køretrådens zigzag, køretrådstykkelse og -højde samt billeder og/eller video af infrastrukturen. Alle disse bygger på forskellige former for avanceret måleudstyr.

Regler for målevogne til belastet måling findes i BN1-38 og EN13848-2.

Figur 340 – Målevogn UFM120 fra Eurailscout som Banedanmark har indlejet i en længere årrække



Figur 341 – Sporskifte-målevogn trukket af en trolje



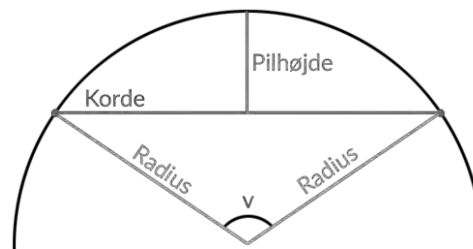
Måleteknik, højde- og sideretning

Måling af højde- og sideretning skal, som beskrevet i afsnit 14.3.1 på side 267, resultere i at finde amplituder for bølger i forskellige bølgelængdeintervaller. Der findes to metoder til måling af relativ beliggenhed: Pilhøjdebaseret og inertibaseret målesystem.

Det pilhøjdebaserede målesystem bygger på fysisk kontakt mellem målesystemet og skinnen, og bruges typisk i ældre målevogne samt på vedligeholdelses-/fornyelsesmaskiner herunder sporjusteringsmaskiner.

Systemet fungerer ved at have tre (eller fire) målepunkter langs maskinen, som har en bestemt indbyrdes afstand. De to yderste målepunkter antages at være tangenter på en cirkel, hvorimellem der lægges en korde. Afstanden fra korden og op til det midterste målepunkt kaldes pilhøjden.

Figur 342 – Pilhøjde



Det inertibaserede målesystem bygger på brug af et meget præcist instrument der kaldes en IMU (inertial measurement unit) som er opbygget af nogle meget fintfølede accelerometre, der opbygger en tredimensionel rumkurve der repræsenterer sporets beliggenhed.

Fælles for begge beliggenheds-målesystemer er, at det signal der måles skal omsættes til de kendte amplituder for de relevante bølgelængder. Til det er der to nøglebegreber: Filtre og overføringsfunktioner.

Et filter er en matematisk funktion der benyttes til at omsætte det rå signal med mange forskellige kurver spundet ind i hinanden ($\lambda = 0-\infty$ m) til et eller flere signaler med bestemte bølgelængder (f.eks. D1, $\lambda = 3-25$ m). At beskrive hvordan filtre fungerer, er udenfor rammerne af denne bog, men til orientering benyttes der ofte et såkaldt 4. ordens Butterworth filter. Ved bogens udgivelse arbejdes der på at indføre standardiserede filtre i en fremtidig udgave af EN13848, således at måleresultater nemt kan sammenlignes på tværs af infrastrukturforvaltere. Det er filtrets opbygning der afgør hvor mange målinger der skal bruges for at beregne middellinjen for de relative målinger.

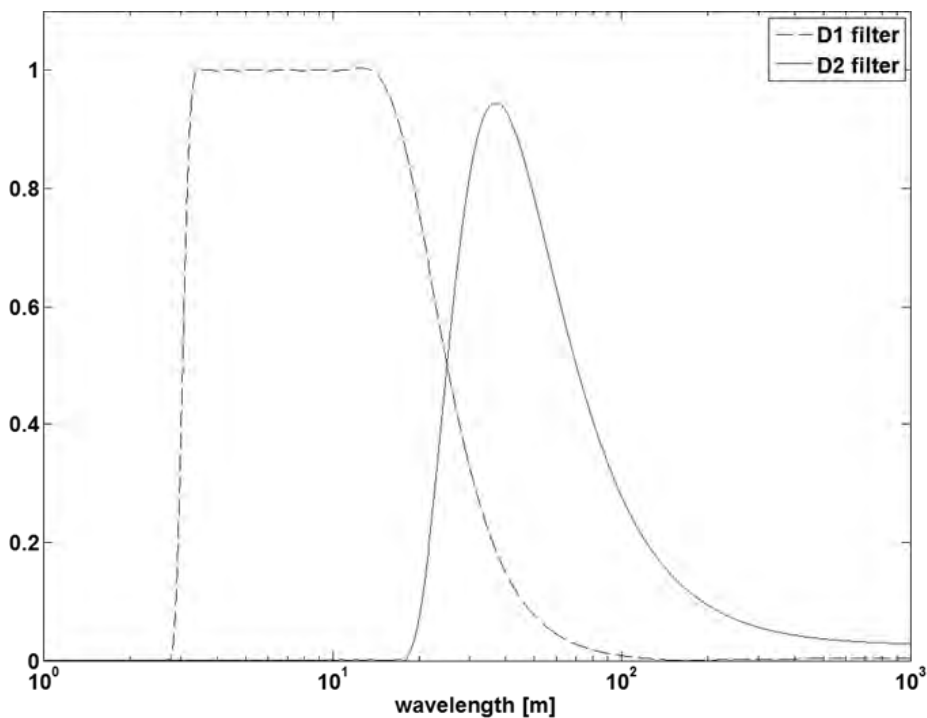
Overføringsfunktionen er en differentilligning der benyttes til at karakterisere forskellige filters effektivitet. I omsætningen fra rå til filtreret signal sker der en transformation af signalerne, som gør at det målte signal ikke altid svarer til virkeligheden, således at relationen målt:aktuel (værdi) ikke er 1:1. Hvis relationen f.eks. er 2:1 vil en måling på 10 mm betyde at den aktuelle fejlstørrelse er 5 mm. Overføringsfunktionen beskriver denne relations afhængighed af bølgelængden der omsættes til.

Eksempel

På en målevogn anvendes et inertibaseret system til måling af sporbeliggenheden (og et optisk system til måling af sporvidden). Til filtrering af målingerne benyttes et FIR-filter med -3db cut-off, på en symmetrisk 5/5 meter målebase. Det giver følgende overføringsfunktion, hvor y-aksen angiver antal procent af aktuelt signal som angives som målt resultat ($y=0,95 \Rightarrow$ målt værdi på 10 mm svarer til aktuel værdi på 9,5 mm).

Figur 343 – Overføringsfunktion for en målevogn

Bemærk, at bølgelængden på x-aksen er logaritmisk



Filtret for D1 er altså rimelig retvisende ved $\lambda=3-18$ m, hvorefter det bliver gradvist dårligere, f.eks. er det kun omkring 40 % retvisende ved $\lambda=25$ m. Det viste D2-filter er ikke retvisende på noget tidspunkt.

Filtret skal bruge følgende data fra følgende længder for at fungere, og dermed starte med at producere data:

- Filterlængden, svarende til $\frac{1}{2} \lambda$ (12,5 m for D1, 35 m for D2)
- Toglængden (fra førerkabine til IMUs placering, kabine 1: 16,8 meter, kabine 2: 27,3 meter)
- Én maksimal bølgelængde (25 m for D1, 70 m for D2)

Dermed bliver referencelinjen beregnet ud fra alle værdier fra følgende antal fortløbende målinger med den pågældende målevogn (der har en samplingsafstand – afstand mellem hver individuel måling – på 0,25 meter):

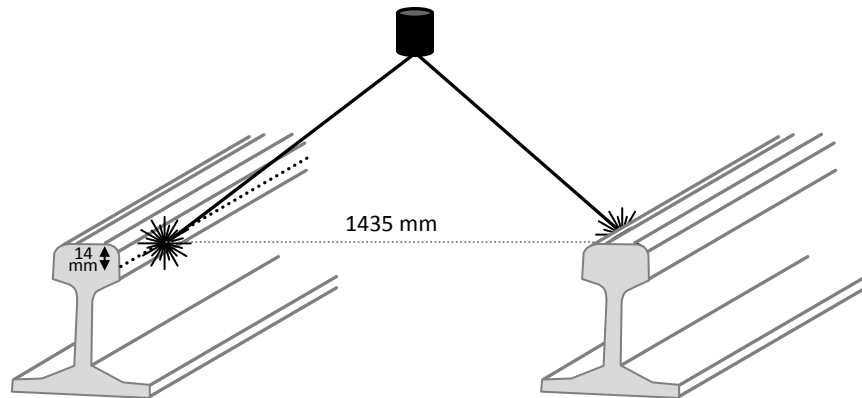
$$D1: \frac{12,5m + 27,3m + 25,0m}{0,25m} = \frac{64,8m}{0,25m} \approx 260 \text{ målinger}$$

$$D2: \frac{35,0m + 27,3m + 70,0m}{0,25m} = \frac{132,3m}{0,25m} \approx 530 \text{ målinger}$$

Måleteknik, sporvidde

Til måling af sporvidden benyttes typisk et optisk system, der fungerer ved at et lasersystem markerer et punkt på indersiden af begge skinner 14 mm under skinneoverkant, som bliver registreret af et optisk (lysfølsomt) system der beregner afstanden mellem de to punkter svarende til sporvidden. Systemet omtales i daglig tale som OGMS (Optical Gauge Measurement System).

Figur 344 – Princippet for måling af sporvidde med OGMS

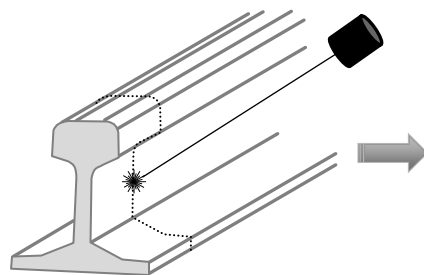
**Måleteknik, skinneprofil**

Til måling af skinneprofilen benyttes et instrument der kaldes High-Speed Profiler (HSP), der er baseret på en pulserende laser der med høj frekvens (f.eks. 3,2 kHz) skydes ned over skinnehovedet og aflæses som et koordinatsæt der kan gengives i dertil udviklet software.

Det er i praksis ikke muligt at måle hele skinneprofilen med en enkelt laser, da der pga. skinnens udformning vil opstå forskellige skyggeeffekter. Det er f.eks. ikke muligt med en laser der skyder oppefra at måle skinneskroven, da skinnehovedet skygger for denne. Normalt er det skinnehovedet og primært toppen og kørekanten (indersiden) der ønskes oplysninger om, hvorved en laser placeret skråt oppefra og en anelse ind mod midten er det bedste.

Figur 345 – Princippet for måling af skinneprofil med HSP og fremviser fra IRISYS

Det målte profil anes med en tynd streg under skinnehovedet.

**Måleteknik, skinneslid, -hældning og -type samt materialetab på tværprofil**

Måleresultaterne for skinneslid, skinnehældning og materialetab på tværprofilen (der bruges til at planlægge skinneslibning) bliver beregnet på baggrund af profilerne målt med HSP. Ved at kende referenceprofilen (f.eks. 45E2 eller 60E2) kan forskellen mellem det målte og det teoretiske profil udledes og angives i de parametre der er behov for. Referenceprofilens koordinater kan findes i EN13674 og kan evt. verificeres ved om målingen stemmer overens med referencen.

Kalibrering af målevogn

For at sikre at en målevogn måler korrekt skal den kalibreres jf. EN13848-2 når der laves ændringer på maskinen, herunder hvis nyt måleudstyr installeres eller efter periodiske eftersyn.

Kalibreringen foregår ved at målevognen kører frem og tilbage med forskellige hastigheder henover et spor hvorpå geometrien kendes (kaldet et 0-spor). På baggrund af måledataet beregnes to værdier for hver måleparameter: Gentagelsesbarhed (repeatability) og reproducerbarhed (reproducibility) som beskriver maskinens evne til hhv. at fremstille de samme resultater igen og igen og holde dem indenfor en vis afvigelse. De maksimale tilladelige værdier for begge fremgår af EN-standarden.

Måledata og målevognsdiagrammer

Resultatet af en målevognskørsel er måledata, hvor værdierne af de forskellige parametre gives i forhold til den position hvor de er målt. Da afstanden mellem hvert målepunkt (sampling distance) normalt er 0,25 meter vil en landsdækkende måling af 3200 km spor resultere i 12,8 millioner resultater pr. parameter eller 204,8 millioner resultater for den relative beliggenhed i alt.

En sådan mængde data kan naturligvis ikke overskues hvis den blev leveret som tekstformat, og derfor aggregeres data automatisk til forskellige produkter.

Mest akut er maks-fejl der, som tidligere beskrevet, skal reageres på med det samme. Når målevognen kører er der nogen med om bord som bliver gjort opmærksom på eventuelle maks-fejl umiddelbart efter de er opdaget. Vedkommende tager så kontakt til en entreprenør der har et beredskab til at få fejlen udbedret.

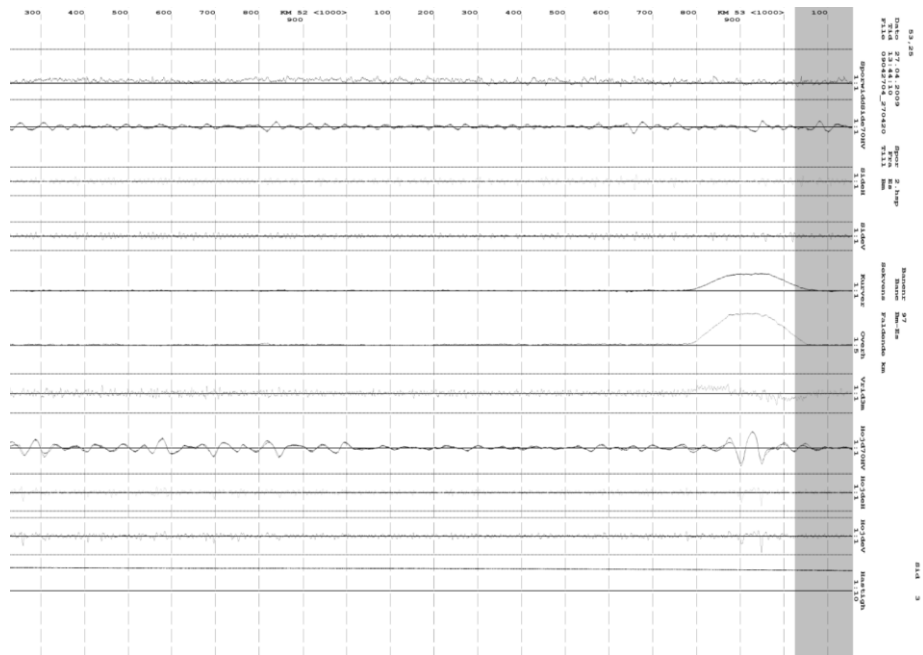
Efter hvert måleskift bliver der genereret en liste over klasse 4 fejl der, som tidligere beskrevet, skal vurderes indenfor kort tid jf. Banenormen. Fejllisterne importeres hurtigst muligt til det system Banedanmark benytter til håndtering af processen.

For at kunne aflæse sporets beliggenhed i detaljer genereres der, udover de aggregerede produkter, et diagram der viser hver parameter som en graf relateret til kilometreringen på x-aksen og fejlstørrelsen på y-aksen. Diagrammet udskrives på A3-papir og gives til den medarbejder der er med på målevognen. Diagrammet skal jf. Banenormen som minimum indeholde:

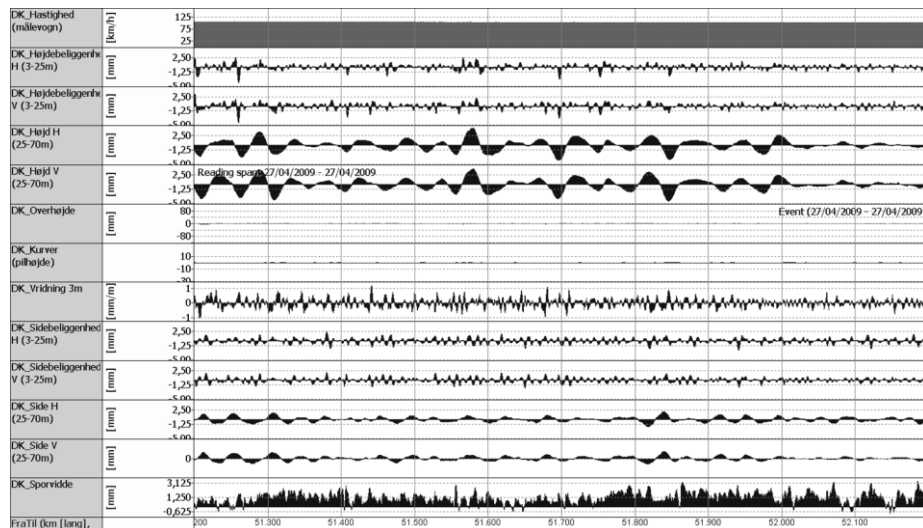
- Målehastighed [km/t]
- Overhøjde [mm]
- Vridning målt over 2,5 eller 3 meter [mm/m]
- Højderetning af hhv. højde og venstre skinne for bølgelængder i intervallet $\lambda=3-25$ m og $\lambda=25-70$ m [mm]
- Sideretning af hhv. højde og venstre skinne for bølgelængder i intervallet $\lambda=3-25$ m og $\lambda=25-70$ m [mm]
- Sporvidde [mm]

Endelig efterbehandles dataet således at det kan importeres digitalt i et system til håndtering af lineære assets (se afsnit 16.5 på side 319).

Figur 346 – Målevognsdiagram fra maskinen (normalt i A3-størrelse)



Figur 347 – Målevognsdiagram, efterbehandlet med IRISYS (se afsnit 16.5 på side 319)



Målediagrammer fra sporvedligeholdelsesmaskiner

I forbindelse med udførelse af sporvedligeholdelse, hvor sporets beliggenhed ændres, mest udpræget sporjustering (se afsnit 14.6 på side 289), har maskinen som regel et indbygget system til måling af relativ beliggenhed. Disse systemer er ofte pilhøjdebaserede, da de, modsat intertibaserede systemer, ikke har nogen minimumshastighed for måling. Hvis det er tilfældet skal man være opmærksom på, at deres måleresultater ikke kan sammenlignes direkte med målevognen og derfor skal korrigeres i højde- og sideretningen. Som normen er opbygget ved bogens udgivelse udføres dette ved at gange en bestemt faktor på alle grænseværdier, som så bruges til at evaluere resultatet til de forskellige fejlklasser.

De mest almindeligt brugte systemer har følgende korrektionsfaktorer:

- DAR (Data Acquisition Recorder): 1,4x
- DRP (Data Recording Processor): 1,0x

14.5.2. Ubelastet måling

Definition

For at en måling er ubelastet, skal selve måleinstrumentet jf. EN13848-1 være placeret et sted hvor den ækvivalente belastning er mindre end 25 kN på en 60E1-overbygning med en stivhed på 180 kN/mm.

Ubelastede målinger gennemføres dermed som regel enten med meget lette måleinstrumenter eller med måleinstrumenter monteret på rullende materiel et godt stykke væk fra akslerne (f.eks. monteret foran på et lokomotiv ved hjælp af en puffer-adapter).

De lette måleinstrumenter er især gode til ad-hoc opgaver, da de som regel kan bæres af 1-2 mænd og fragtes rundt i en varevogn eller på en trailer. Dermed kan de indsættes hvor som helst med kort varsel. Deres begrænsninger er dog at målingen udføres ubelastet, hvilket ikke altid er hensigtsmæssigt eller tilstrækkeligt, samt at målingen maksimalt kan udføres med ganghastighed (ca. 4 km/t).

KRAB målesystem

Det mest kendte af de lette måleinstrumenter er det tjekkisk udviklede KRAB målesystem, som findes i flere varianter, og som blandt andet også er godkendt af Deutsche Bahn. KRAB'en, som kan ses på Figur 348-Figur 351, er et komplet målesystem som kan håndteres og fragtes af 1-2 mand, opbygget af aluminiumsprofiler i en trapez-form og med styring og dataopsamling i en PDA (lommecomputer).

Figur 348 – KRAB måleinstrument, sammenfoldet



Figur 349 – KRAB måleinstrument, klar til måling

KRAB'en kan let håndteres af to mand og flyttes til og fra sporet.



Figur 350 – KRAB måleinstrument, i brug

Det vejer ca. 60 kg fordelt på 4 hjul, så kontaktrykket er ca. 0,15 kN og dermed ubelastet



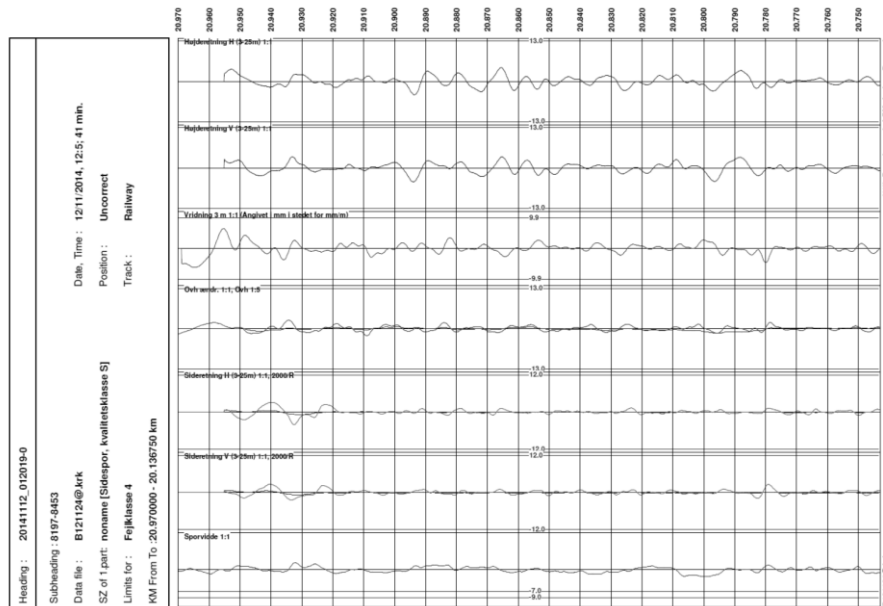
Figur 351 – KRAB måleinstrument, betjening



KRAB målediagram

Målediagrammerne fra KRAB er efterbehandlede så de har en korrektionsfaktor på 1,0x og man kan dermed måle fejlene direkte ud fra diagrammet med en lineal. Der er dog ofte indlagt grænseværdier direkte på diagrammet.

Figur 352 – KRAB målediagram



Figur 353 –Instrument til ubelastet måling monteret på MY-lokomotiv

Der er tilstrækkelig afstand fra målepunkt til aksler til at målingen er ubelastet (HSP-systemets kalibreringslaserstråle kan ses på skinnerne).



14.6. Sporjustering

Introduktion

Når sporets relative beliggenhed (ekskl. sporvidde) er tilstrækkelig dårlig benyttes sporjustering til at genoprette tilstanden. Sporjustering er en proces hvormed sporet løsnes og fastholdes i korrekt geometri og fastgøres igen. Sporjustering udføres på forskellige måder afhængig af hvilken type spor der er tale om.

Den mest kendte type sporjustering er maskinel justering af ballasteret spor, da der her benyttes nogle store maskiner der er specialfremstillet til formålet. Det kan dog også gøres med mindre maskiner i mere akutte tilfælde. På fast befæstet spor er eneste mulighed at have specielle befæstelser som kan justeres lateralt og vertikalt.

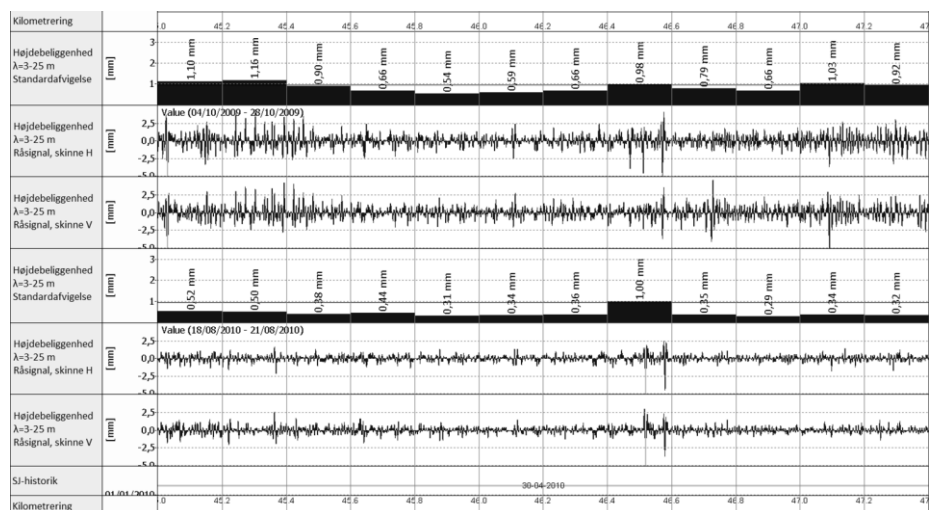
Reglerne for sporjustering fremgår af Banenormerne BN1-38: "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer" samt BN1-6: "Tværprofiler for ballasteret spor".

Formål

Sporjustering genopretter geometrien i sporet ved at reducere størrelsen af fejl i højde- og sidebeliggenhed, overhøjde og vridning. Alle disse fejltypen er, som tidligere beskrevet i dette afsnit, forårsaget af at skinnerne/sporet på grund af trafikbelastning kommer til at ligge i nogle større eller mindre bølger. Når sporet justeres skal størrelsen af disse ujævnheder reduceres.

På Figur 354 kan effekten af sporjustering ses på både det rå signal for højderetning D1 og standardafvigelse som begge er reduceret markant. Effekten vil være den samme på de øvrige parametre. Kvaliteten af den udførte sporjustering kan findes ved at sammenligne før/efter resultatet.

Figur 354 – Højdebeliggenhed før og efter sporjustering



14.6.1. Sporjustering af fast befæstet spor

Princip

På fast befæstet spor er det ikke muligt at flytte hele sporet, og den eneste mulighed for at justere er således befæstelserne. Komponenterne der bruges til fast befæstelse spænder dog vidt, lige fra helt almindelige befæstelser der ikke er lavet til at kunne give sig til dedikerede befæstelser til ballastfrit spor der kan give sig op til 70 mm i højden.

Justering i højden foregår f.eks. ved at der sættes indstiksplader eller et tykkere mellemlæg ind i befæstelsen og skruen forlænges tilsvarende. Der findes også løsninger hvor underlagspladerne har form som kiler som kan forskydes i forhold til hinanden og dermed ændre højden.

Lateralt kan justering foregå f.eks. ved at hullet som skruen der holder befæstelsen fast til svellen flyttes lidt.

Banedanmark har dog ved bogens udgivelse ingen regler eller godkendte metoder for sporjustering af fast befæstelse.

Figur 355 – Indstiksplader til befæstelse på S89 sveller



14.6.2. Sporjustering af ballasteret spor

Formål

Ved ballasteret spor er det relativt nemt at rette beliggenheden eftersom sporet er meget elastisk opbygget: Skinnerne er sat godt fast til svellerne som ligger "løst" i ballasten. Sporjustering af ballasteret spor kan derfor gennemføres ved at løfte skinnerne og dermed hele sporet op ad ballasten, fastholde det i den korrekte geometri og pakke skærverne tæt om svellerne, så sporet bliver liggende i den nye mere korrekte geometri.

Det kan gøres på flere forskellige måder. Den mest almindelige er ved hjælp af deciderede sporjusteringsmaskiner der er specialfremstillet til formålet. Imidlertid kan der være situationer hvor der skal bruges en akut justering og der ikke er en maskine i nærheden, f.eks. hvis der opstår en maks-fejl som følge af laskebrud. I disse situationer kan der foretages en akutjustering ved at løfte sporet med donkrafte og pakke skærverne med mindre maskiner, f.eks. en "Edderkop" monteret på en rendegraver, som det ses på Figur 356.

Figur 356 – "Edderkop" monteret på rendegraver til mindre sporjusteringsopgaver



De mindre maskiner er gode i akutte situationer, hvor det kun er nødvendigt at løfte nogle få sveller, men til alt andet er det mere hensigtsmæssigt at benytte specialfremstillede sporjusteringsmaskiner. Ikke alene undgås det hårde delvist manuelle arbejde, men de er også hurtige, mere præcise og mere effektive.

Maskinel sporjustering med dedikerede maskiner (herefter omtalt som sporjustering) udføres i flere forskellige situationer:

- Anlægsjustering
- Vedligeholdelsesjustering
 - Akut
 - Præventiv

Uanset årsagen til arbejdet skelnes der, som følge af at der findes flere forskellige maskiner der er velegnet til hver sit speciale, mellem:

- Spor-justering
- Sporskifte-justering
- Evt. punktfejl-justering

Som alle kan udføre sporjusteringen ved brug af én af følgende metoder:

- 3/4-punktsmetoden (udjævning)
- Reetablering af projekteret geometri ud fra fast afmærkning

Anlægsjustering

I forbindelse med anlægsarbejde f.eks. ballastrensning eller svelleudveksling foretages der sporjustering af flere omgange:

Fase	Definition	Tilladelig fejlklasse
Arbejdsjustering	Indledende sporjusteringer, der foretages i forbindelse med arbejdets udførelse.	Maks.: Klasse 1
Opfølgingsjustering	Består af to justeringer benævnt hhv. 1. og 2. opfølgingsjustering. De to sporjusteringer, der foretages efter sidste arbejdsjustering og senest ved ibrugtagning af sporet til drift i forbindelse med sporfornyelse og nyanlæg.	Maks.: Klasse 1
Slutjustering	Den sporjustering, der foretages som afslutning på udførelsen af sporfornyelse eller nyanlæg.	Maks.: Klasse 0
1 års justering	Foretages senest 9-15 måneder efter at sporet er taget i brug efter fornyelse. Denne type svarer til en vedligeholdelsesjustering, men hører ind under anlæggelsen, og har større krav til kvalitet af hensyn til sporets samlede livscyklusomkostninger.	Maks.: Klasse 0

Figur 357 – Spor umiddelbart efter ballastrensning

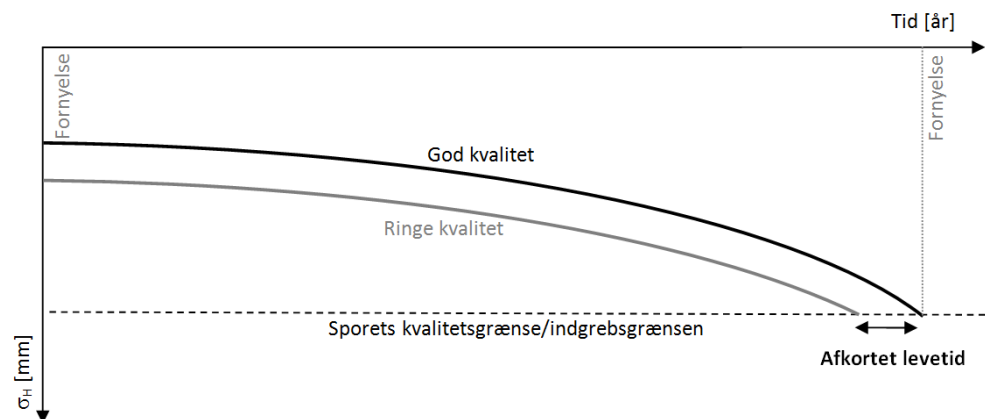


Betydning af initialkvalitet

I forbindelse med et anlægsprojekt justeres sporet altså flere gange indenfor en periode på ca. ét år.

Årsagen til dette er, at adskillige internationale undersøgelser har påvist, at des højere kvalitet et spor har i begyndelsen af dets levetid (initialkvalitet) des længere er dets levetid og dermed des lavere er dets samlede livscyklusomkostninger, som illustreret på Figur 358. Dette skyldes at ballasten "sætter sig" ved belastning, indtil den stabile gitterstruktur mellem skærverne er opnået og er også afspejlet i, at der kræves den laveste fejlklasse 0 ved de to sidste justeringer.

Figur 358 – God kontra dårlig initialkvalitet

**Vedligeholdelsesjustering**

Efter at en bane er blevet anlagt eller fornyet bliver banen regelmæssigt vedligeholdt, og en stor del af denne proces er at justere sporet. Vedligeholdelsesjusteringer forekommer mellem sporfornyelser for at modvirke at sporets kvalitet falder under given grænse og for at sikre at sporet kan leve op til dets fornuddne levetid. Der er to typer af vedligeholdelsesjustering: præventiv- og akutjustering.

Præventiv vedligeholdelsesjustering

En præventiv justering foretages for at opretholde en god kvalitet og dermed reducere antallet af akut-fejl (klasse 4 fejl) der i værste tilfælde kan medføre hastighedsnedsættelser.

Den præventive justering er baseret på standardafvigelser for højde- og sideretning i fejlklasse 3, der som tidligere beskrevet, er "fejl, der skal tages i betragtning ved planlægning af sporets regelmæssige vedligehold". Justeringen planlægges landsdækkende og foretages henover det følgende år. Undtaget er dog hvis der planlægges et fornyelsesprojekt på strækningen indenfor 1-2 år.

Akut vedligeholdelsesjustering

Akutjustering foretages af punktfejl i højde- eller sidebeliggenheden samt vridning der overskrider fejlklasse 4 eller fejlklasse maks (akutberedskab).

Typer af maskiner

Til udførelse af justeringen, uanset årsagen til at den foretages, findes der forskellige maskiner afhængig af opgaven:

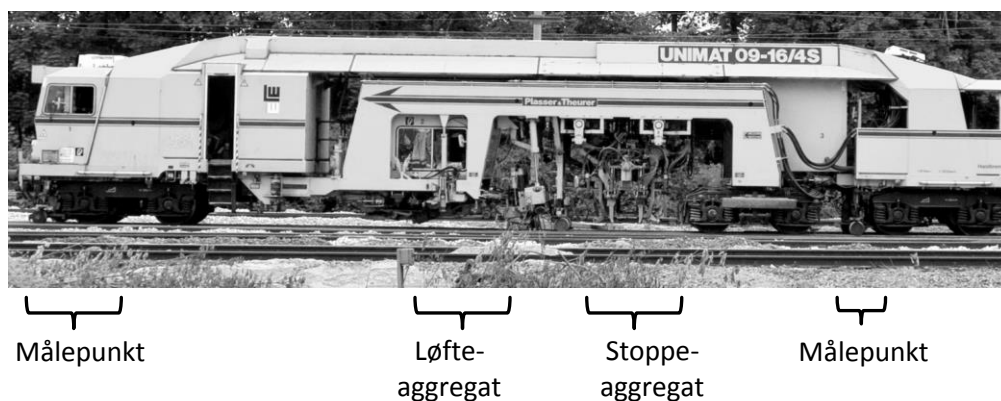
- Sporskifte-/universal-justeringsmaskine (SSR)
- Strækings-justeringsmaskine (SR)
- Punktfejl-justeringsmaskine (COM)
- Ballastfordeler (BF)
- Dynamisk stabiliseringsmaskine (DSM)

Universal-justeringsmaskine

Universaljusteringsmaskinen er, som navnet antyder, en maskine der kan bruges til det hele. Den er dog betydeligt langsommere til at justere almindeligt spor end en strækningsjusteringsmaskine, men til gengæld kan den bruges til såvel spor som sporskifter.

Princippet i maskinen er, med henvisning til Figur 359, at den vha. et hydraulisk løfteaggregat og med enten en krog eller en tallerkenklemme løfter sporet op til en af styresystemet beregnet højde (normalt omkring 20 mm) og holder sporet fast i den korrekte geometri. Derefter føres vibrerende hamre monteret på et stoppeaggregat ned mellem svellerne i skærvene og pakker disse rundt omkring svellen samt i det hulrum der er opstået under svellen ved løftet. Herefter trækkes hamrene op og løftet afsluttes. Ved store løft bruges dobbeltstopning, hvor hamrene føres ned, op og ned igen før løftet afsluttes. Derefter køres videre til næste svelle hvor processen gentages.

Figur 359 – Universal-justerings-maskine



Figur 360 – Detalje af stoppeaggregat & løfteaggregat



Sporskifte-justeringsmaskine

Grænsen mellem en universaljusteringsmaskine og en sporskiftejusteringsmaskine er ikke veldefineret, men alligevel findes begge typer ved leverandørerne. Én definition kan være, at universal-maskinen er hurtigere end en sporskifte-maskine, så den med rimelighed kan bruges til strækningsjustering uden at bruge ekstraordinært meget tid på det, således at en sporskifte-maskine er lidt mindre og billigere.

En universalsporjusteringsmaskine har typisk en arbejdshastighed på omkring 1000 m spor pr. time eller ét gennemsnitligt sporskifte på 45 minutter.

En sporskiftejusteringsmaskine arbejder typisk halvt så hurtigt med sporjustering.

Stræknings- justeringsmaskine

Strækningsjusteringsmaskiner er de hurtigste sporjusteringsmaskiner med en arbejdhastighed på op til 2500 m spor pr. time, men til gengæld kan de ikke arbejde i sporskifter. Det skyldes at arbejde i sporskifter kræver et meget fleksibelt aggregat, hvor hver enkelt hammer kan tilpasses de forskellige mellemrum der er tilgængelige mellem sporskiftets jerndelev. Et aggregat på en strækningsjusteringsmaskine kan derfor opbygges mere simpelt og der er derfor plads til et aggregat der kan tage op til fire sveller ad gangen (mod normalt ét og nogle gange to på en universal-maskine).

Punktfejls-justerings- maskine

Til akut vedligeholdelsesjustering af punktfejl i klasse 4/max *kan* der benyttes nogle mindre maskiner end universal-/strækningsmaskiner, som dermed er billigere i drift. Der findes både meget små justeringsmaskiner, som i princippet fungerer på samme måde som universal-maskinen, men er meget langsommere og mindre. Derudover findes der såkaldte combi-maskiner, der kombinerer en lille universal-maskine med en ballastfordeler og dermed er oplagt til mindre opgaver som punktfejlsjustering.

Stop-og-kør eller satellit

Både universal- og strækningsmaskiner kan fås med en såkaldt 'satellit' som betyder at stoppe- og løfteaggregaterne er monteret på en ramme som kan flytte sig i forhold til maskinen. Det gør det muligt for maskinen at køre fremad med konstant hastighed *mens* stoppeaggregaterne er nede, og dermed øge arbejdhastigheden markant ift. stop-og-kør metoden, hvor maskinen kører i position, stopper, udfører justeringen, starter igen og kører videre til næste svelle. Udover at det går hurtigere er det også mere behageligt for personalet.

Figur 361 – Stræknings- justerings-maskine med satellit

Af typen 09-3X fra Plasser & Theurer, som kan justere tre sveller ad gangen med en hastighed på ca. 2500 meter pr. time.



Figur 362 – Universaljusteringsmaskine

Af typen 09-16-4S fra Plasser & Theurer med satellit og 3-punktsløft til sporskiftets afvigende gren (armen der er ude omkring midtvejs).



Arbejds-principper

Alle maskiner kan arbejde efter to forskellige principper: 3-punktsmetoden (udjævning) eller reetablering af projekteret geometri ud fra fast afmærkning.

Sidstnævnte benyttes ikke i Danmark ved bogens udgivelse, selvom det i princippet er den bedste, da sporet ved hver vedligeholdelsesjustering tilnærmelsesvis vil blive lagt i den geometri hvortil det er projekteret. Imidlertid kræver denne metode at der er etableret fast afmærkning som sporet kan måles op i forhold til (se afsnit 14.2), samt at der gøres et vist forarbejde forud for justeringen med at beregne løft- og sideflytningsværdier. Denne metode kaldes også absolut justering, da der flyttes til en kendt position.

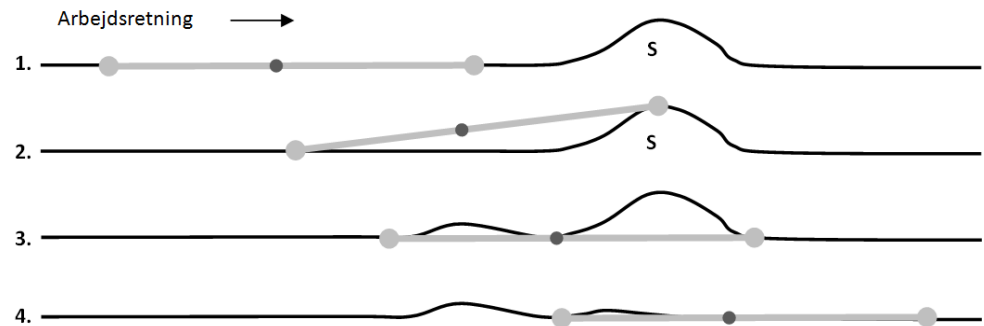
3-punktsmetoden (evt. 4-punktsmetoden i kurver) kan derimod udføres af maskinen uden andre forudsætninger end at den ønskelige linjeføring liggendes ind i maskinens styresoftware. Løft og sideflytningsværdier bestemmes ved hjælp af 3 (eller 4) målepunkter der er indbygget på maskinen. Ulempen ved denne metode er, at fejlene ikke fjernes, men kun udjævnes, da der udmåles relativt i forhold til det eksisterende spor. Princippet for 3-punktsmetoden ses på Figur 363.

Figur 363 – Princip for 3-punkts-metoden



Målepunkt B svarer til den nuværende position af sporet, punkt A svarer til den del af sporet der allerede er blevet justeret. I dette tilfælde skal sporet justeres fra punkt B til B' som er et punkt på den rette linje mellem A og C. Dermed er justeringsbehovet bestemt af afstanden mellem B og B'. Når justeringsmaskinen arbejder sig fremad mod en større fejl ved S, vil fejlen være udjævnet, men der opstår samtidig nye mindre lunger. Sporet bliver derfor med tiden mere og mere ujævnt – en effekt der ikke ville opstå med absolut justering.

Figur 364 – Princip for 3-punkts-metoden, fortsat



Som det fremgår af Figur 364 er det ikke muligt at rette sporet til den ønskede geometri, hvilket skyldes justeringsmaskinens placering i fejlen S, samt at fejlen er udjævnet, men ikke fjernet. Dette skyldes maskinens placering ved punkt C som kommer til at forskyde maskinens position i B, hvor stoppeaggregatet er placeret. Forholdet mellem ændringen i amplituden som resultat af justeringsmaskinens placering i S og den korrekte position er afhængig af:

- Formen på fejlen S
- Længden på fejlen S
- Sporjusteringsmaskinens geometri

Når justeringsmaskinen skal justere spor i kurver er det nødvendigt at kende til kurvens radius, hvilket skyldes at den nøjagtige ændring i pilhøjde skal være kendt. Hvis ikke den nøjagtige kurveradius kendes, risikeres det at kurvegeometrien bliver forkert og der skabes nye fejl. Dette er også årsagen til at det ikke er muligt starte sporjusteringen i overgangskurver da radiussen ændres kontinuert over hele overgangskurvens længde.

Ballastsupplering

Som følge af at justeringen "bruger" ballast når sporet løftes og ballast pakkes ind under/omkring svellen, er der dels behov for at tilføre sporet mere ballast inden justeringen og dels genoprette ballastprofilet efter justeringen.

Ballastsuppleringen foregår ved hjælp af skærvevogne hvorpå der er monteret en sluse hvor indholdet af vognen kan fordeles ud i sporet. De findes i mange udformninger lige fra simple godsvogne hvor der vha. et håndtag kan åbnes for udlæsning af skærver og hvor mængden reguleres udelukkende gennem hastigheden hvormed skærvetoget fremføres, til avancerede vogne med transportbånd og meget præcis dosering af skærvemængden evt. gennem forudgående volumenscanning af tværprofilet.

**Figur 365 – Ballast-
supplerings-tog**



Ballastfordeler (BF)

Genopretningen af ballastprofilet foregår ved hjælp af en ballastfordelingsmaskine, der ved hjælp af en kost på undersiden og plove på siden, opsamler ballast og ligger den tilbage samtidig med at der profileres til det krævede ballastprofil. På Figur 366 ses en ballastfordeler der er i gang med arbejdet efter en arbejdsjustering. Foran maskinen ses ballastprofilet som det ser ud umiddelbart efter en justering, hvor "hullerne" fra hamrene er meget tydelige.

**Figur 366 – Ballastforde-
ler**



Dynamisk Stabiliserings-maskine (DSM)

Sporjusteringsprocessen ødelægger i et vist omfang den gitterstruktur som ballasten ligger i (se Figur 43 på side 52), hvilket betyder at sporets stabilitet bliver kraftigt reduceret (den laterale stabilitet eller sideforskydningsmodstand kan være så lav som ca. 50 % af et fuldt stabiliseret spor). Dette er specielt et problem enten når det er varmt, da det betyder forhøjet risiko for solkurver og/eller når der køres meget hurtigt, da sporet her skal modstå store kræfter. Generelt anses spor og sporskifter for at have opnået fuld stabilitet efter en belastning svarende til 100.000 bruttotons togvægt (passage af rullende materiel med en samlet vægt på 100.000 tons), hvilket dog er afhængig af strækningshastigheden. Indtil dette er opnået skal der køres med reduceret hastighed.

Det er dog muligt at opnå den fulde stabilitet "kunstigt" ved brug af en dynamisk stabiliseringsmaskine, som gennem kraftige vibrationer stabiliserer sporet i en grad svarende til belastning på 100.000 bruttotons, således at der umiddelbart efter sporjusteringen kan køres med fuld strækningshastighed (metoden kan sammenlignes med vibrering af beton).

Figur 367 – DSM

15. Fritrumsprofiler og sporafstand

15.1. FRITRUMSPROFILER.....	302
15.2. SPORAFSTAND OG FRISPORSMÆRKER	306

15.1. Fritrumsprofiler

Indledning

For at rullende materiel kan køre sikkert på sporet, er det nødvendigt, at der ikke står objekter indenfor en vis afstand af sporet og at eventuelle nabospor har tilstrækkelig afstand til at to tog der passerer hinanden ikke støder sammen.

For at sikre dette findes der regler relateret til forskellige profiler hvor der i forskellige definerede situationer ikke må være noget indenfor. Det yderste af disse profiler er det såkaldte fritrumsprofil, som angiver hvor tæt en genstand (broer, signaler, perroner mv.) må komme på sporet. Fritrumsprofilet sikrer dermed farefri kørsel med det rullende materiel og læssede gods. De øvrige profiler benyttes til beregningsmæssige formål.

Regelgrundlag

Reglerne for fritrumsprofiler, sporafstande og relaterede emner fremgår af:

- BN1-18: Opmåling af genstande inden for profilgrænserne
- BN1-49: Indbyrdes placering af spor og perron
- BN1-160: Kilometrering og opsætning af kilometermærker
- *Fremtidig* BN1-166: Læsseprofiler, referencelinjer og fritrumsprofiler
- Regelværket "Fritrumsprofiler" (erstattes af BN1-166)
- EN15273: Gauges
- BN1-59: Belastnings- og beregningsforudsætninger for sporbærende broer og jordkonstruktioner (*indeholder specielle profiler omkring broer*)

Begrænsningslinjer

Der er to forskellige begrænsningslinjer der gør sig gældende (indefra og ud) jf. Figur 368.

- Referencelinje
- Fritrumsprofil

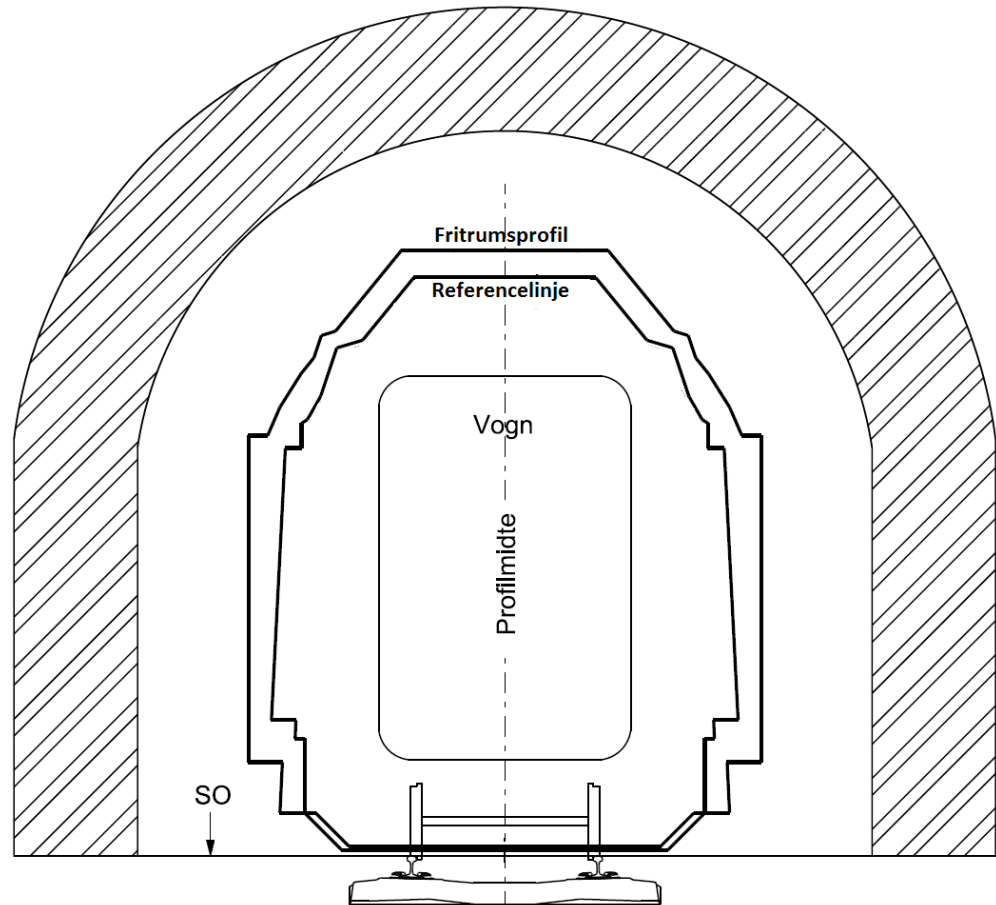
Referencelinje

Referencelinjen er en teoretisk grænsefladelinje mellem materiel og fast infrastruktur som skal respekteres under alle situationer. Materiels konstruktionsmål beregnes indad fra referencelinjen og infrastrukturens fritrumsprofil beregnes udad fra referencelinjen.

Fritrumsprofil

Fritrumsprofilet er en begrænsning uden for hvilken alle faste genstande, ekskl. perronforkanter, skal befinde sig. Fritrumsprofilet omslutter referencelinjen med en margin. Det minimale fritrumsprofil inkluderer alene margin for kurvetillæg, kvasistatisk forskydning og tilfældige bidrag beregnet i et lodret koordinatsystem på sporet jf. EN15273-3.

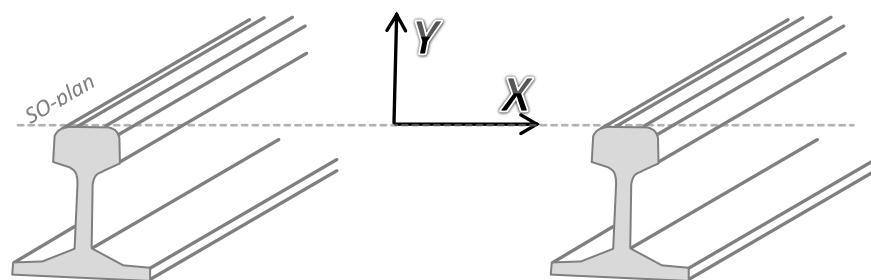
Figur 368 – Profiler omkring vognkasse



Koordinatsystem

Fritrumsprofilet defineres i et almindeligt xy-koordinatsystem, hvor x-aksen er parallel med SO-planet (en ret linje trukket henover skinneoverkanterne på begge skinner) og y-aksen er vinkelret på denne. Mål på x-aksen refereres til som bredder, mens y-aksen angiver længder.

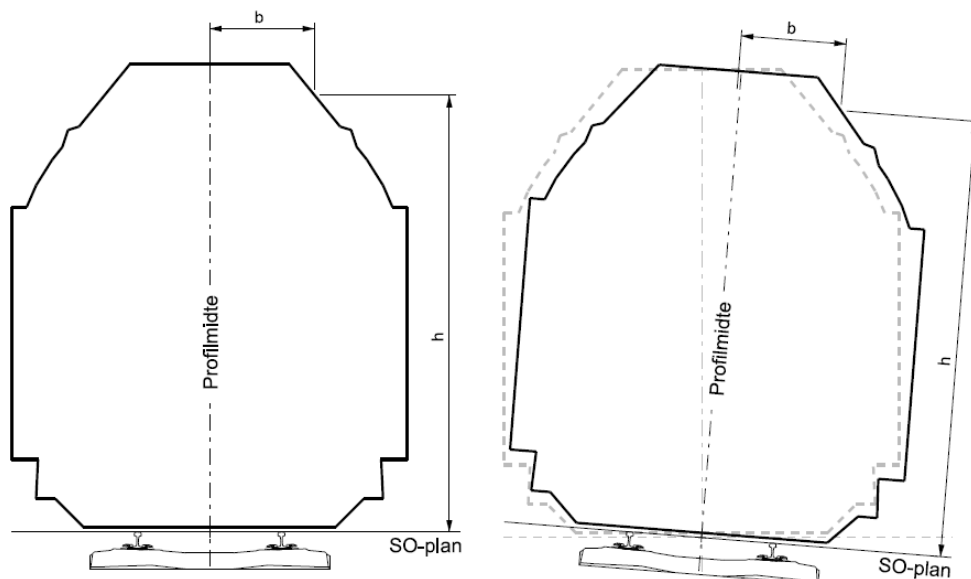
Figur 369 – Koordinatsystem for fritrumsprofiler



Overhøjdekorrektion

Det er vigtigt at bemærke, at koordinatsystemet følger SO-planet, og det vil derfor "vippe" såfremt der findes overhøjde i sporet, således at x-aksen ikke længere er vandret og y-aksen ikke længere er lodret. Ved perron måles fra nærmeste skinnes kørekant.

Figur 370 – Overhøjdekorrektion af fritrumsprofil

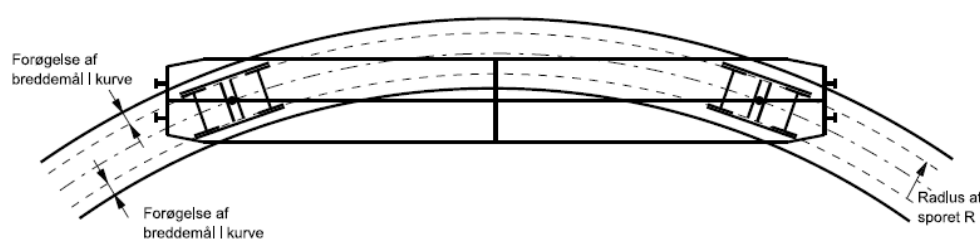


Kurvetillæg

Når det rullende materiel kører gennem en kurve "fylder" det mere end når det kører på ret spor. Det skyldes, som det fremgår af Figur 371, at den stive vognkasse ovenpå to bogier (eller aksler) stiller sig som en ret linje mellem de to fastgørelsespunkter. Dermed vil hjørnerne rage ud over kurven, mens den mellemliggende del vil ligge henover kurven. Det er derfor nødvendigt at gøre fritrumsprofilen større afhængig af kurvens radius (des mindre radius des større tillæg).

Reglerne for kurvetillæg fremgår af regelværket Fritrumsprofiler, som planlægges erstattet af Banenorm BN1-166: "Læseprofiler, referencelinjer og fritrumsprofiler".

Figur 371 – Kurvetillæg til fritrumsprofil



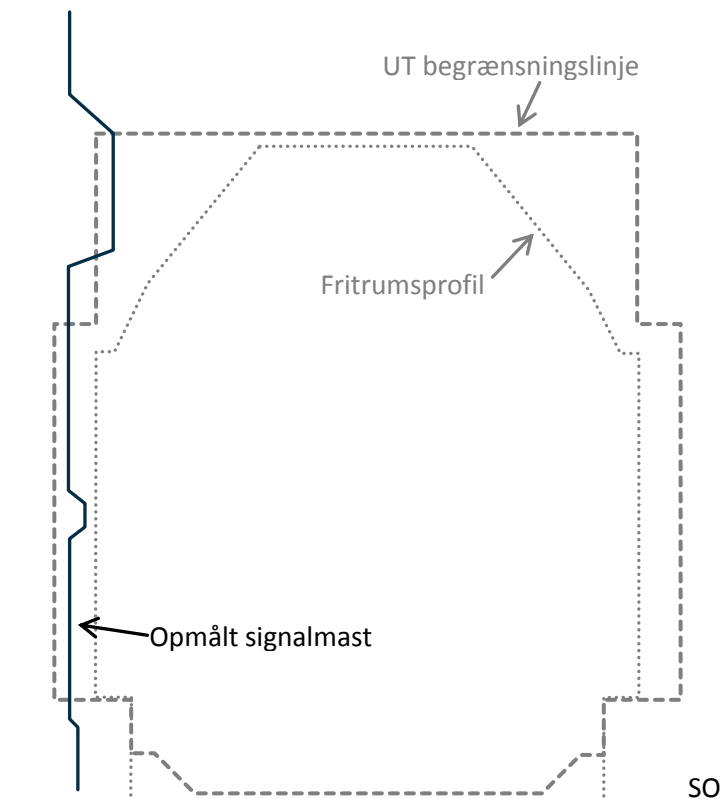
Ændring af højdemål ift. længdeprofil

På samme måde som kurvetillægget ændrer breddemålet ift. linjeføringen, skal der også foretages ændringer af højdemålet som følge af afrundingskurver i længdeprofil. Reglerne for dette findes samme sted som for kurvetillæg.

UT-begrænsningslinje UT-begrænsningslinjen angiver det område indenfor hvilket alle faste genstande skal være registrerede og opmålte så de kan bruges bl.a. i forbindelse med materielgodkendelse og planlægning af usædvanlige transporter (kørsel med rullende materiel der overskrider læsseprofilet) mv. Alle genstande der opsættes indenfor UT-begrænsningslinjen opmåles ved opsætningen og kontrolmåles løbende jf. Banenorm BN1-18: "Opmåling af genstande inden for profilgrænserne" og må ikke ændres eller nyopsættes uden forudgående aftale.

Et objekt kan således godt være lovligt selvom det er indenfor UT-begrænsningslinjen, så længe det er udenfor fritumsprofilet, som det fremgår af Figur 372 – det *skal* bare være registreret i Banedanmarks system for håndtering af usædvanlige transporter (UT).

Figur 372 – Signal der er indenfor UT-begrænsningslinje, men udenfor fritumsprofil



15.2. Sporafstand og frispormærker

Regelgrundlag Regler for sporafstande og frispormærker fremgår af Banenorm BN1-154: "Sporafstand og frispormærker".

Sporafstand På strækninger eller stationer hvor der er flere parallelle spor, er det vigtigt at disse spor ligger med tilstrækkelig afstand til at to tog sikkert kan passere hinanden uden at støde sammen. For at sikre dette er der fastsat regler for sporafstand.

Den nødvendige sporafstand er dels afhængig af om det er fjern- eller S-bane, hvor høj strækningshastigheden er og om det er ret spor eller kurve.

I forbindelse med bygning af højhastighedsbanen København-Ringsted blev det diskuteret om den kunne bygges med TSI INF's krav til sporafstand, som er mindre end den der ellers normalt bliver benyttet i Danmark. Dette ville imidlertid have den konsekvens at kun rullende materiel bygget efter TSI-krav, og dermed certificeret interoperable, ville kunne befare banen. Dette ville udelukke alt ikke-interoperabelt rullende materiel (inklusive størstedelen af det eksisterende materiel i Danmark) og blev derfor fravalgt.

Frispormærker I sporskifter hvor to spor løber sammen placeres et såkaldt frispormærke i det punkt hvortil materiel kan befare hhv. stamspor og afvigende gren før der opstår en kollision. I sporet markeres punktet med et rødt og hvidt mærke (frispormærke).

Figur 373 – Frispormærke i sporskifte



16. Asset Management

16.1. HVAD ER ASSET MANAGEMENT?	308
16.2. INFRASTRUKTURMODEL	309
16.3. SAP PM	313
16.4. GIS.....	316
16.5. IRISSYS.....	319
16.6. PROARC.....	325
16.7. AM REGISTRE	326

16.1. Hvad er Asset Management?

Definition

I bredeste forstand er asset management, eller direkte oversat styring af aktiver, ethvert system som overvåger og vedligeholder et system af værdi til en gruppe, og som er en systematisk proces til at implementere, operere, vedligeholde, opgradere og styre aktiverne på en rentabel måde.

Den specifikke type asset management som Banedanmark benytter kaldes *infrastruktur* asset management, som typisk er en kombination af styring, økonomi, ingeniørvidenskab og andre processer som knytter sig til fysiske aktiver, med det formål at levere et bestemt niveau af service på en omkostningseffektiv måde. Derunder styring af hele aktivernes livscyklus inklusive projektering, anlæg, ibrugtagning, drift, vedligehold, fejlretning, fornyelse og afskaffelse.

I Banedanmark dækker asset management over en bred vifte af systemer der gør netop det. Aktiverne er jernbanens mange komponenter og informationer (skinner, sveller, ballast, signaler, sikringsudstyr, kørestrøm, broer, bygninger, kurveregister, ibrugtagningsdatoer osv.), som asset management systemerne indeholder data om, som så bliver brugt af medarbejderne til at udføre systematisk vedligehold og drift.

I nærværende kapitel vil de, ved bogens udgivelse, vigtigste asset management systemer blive kort beskrevet, med henblik på at give læseren en orientering om tilgængelige data, således at det evt. kan tilgås i det daglige arbejde og gøre det muligt at få endnu mere jernbane for pengene.

Asset management systemer (AM-systemer)

I oversigtsform er de vigtigste AM-systemer pr. medio 2016:

- SAP PM
- GIS
- IRISSYS
- ProArc
- AM-registre

Grundstenen i ethvert effektivt asset management system, er en fælles referenceramme, således at informationerne på tværs af de forskellige systemer kan knyttes sammen på kryds og tværs. I Banedanmark er det jernbaneinfrastrukturen som systemet skal understøtte. Ethvert objekt, hvad enten det er en skinne, en sikringshytte eller en information om en kurves radius, har en *placering* i eller relateret til infrastrukturen. Der startes derfor med en orientering omkring hvordan infrastrukturen beskrives gennem en infrastrukturmodel.

16.2. Infrastrukturmodel

Indledning

Banedanmarks infrastruktur (den som AM-systemet er knyttet til – den tekniske IT-infrastruktur mv. beskrives ikke) består helt grundlæggende af jernbane-strækninger hvortil der er knyttet forskellige aktiver. Aktiverne opdeles i forskellige fagområder som f.eks. Spor, Sikring, Stærkstrøm, Kørestrøm, Forst, Broer og Bygninger.

Denne bogs emne er sporteknik, og mens AM-systemet dækker alle fagområder, beskrives systemerne med udgangspunkt i data relateret til Spor.

Strækning

En strækning er grundlæggende en rute med minimum ét spor der går fra A til B. Ruten kan være trafikal (en strækning som et køreplanlagt tog kører), økonomisk (en strækning hvorpå der afrapporteres til myndighederne) eller teknisk (en strækning med bestemte afgrænsede tekniske karakteristika). Det mest overskuelige ville være hvis der var sammenfald mellem disse forskellige definitioner, men da det ikke altid er muligt eller hensigtsmæssigt, er der gennem tiden opstået forskellige strækningsdefinitioner i AM-systemet. De tekniske strækningsnumre er inddelt i et system der kaldes BTR (Bane-Teknisk Register), mens de trafikale er inddelt i TIB-strækninger (Trafikal Information om Banestrækningen) og de økonomiske er inddelt i banenumre. Et BTR-nummer er niveaudelt, hvor den del der beskriver strækninger kaldes hovedstrækningsnumre (detaljeret beskrivelse følger). Et udsnit af denne opdeling kan ses i tabellen nedenfor (en station i parentes betyder at strækningen er eksklusiv den pågældende station).

Strækningsnumre

TIB	Hovedstrækning	Banenummer
1 København-Fredericia	01 København-Nyborg	11a København-(H.Taastr.) 11b (H.Taastr.)-Roskilde 12 (Roskilde)-Ringsted 13 (Ringsted)-(Korsør) 14 Korsør-Nyborg
	22 (Nyborg)-Fredericia	15a (Nyborg)-(Odense) 15b Odense 16 (Odense)-Fredericia
1 Snoghøj-Taulov	27 Snoghøj-Taulov	16 Snoghøj-Taulov
25 Aalborg-Fr.Havn	25 Aalborg-Fr.Havn	25 Aalborg-Fr.Havn
880 Hellerup-Vigerslev	88 Hellerup-Vigerslev	87 Hellerup-Vigerslev

Unikke strækningsnumre

Som det ses er der nogle gange god overensstemmelse mellem de forskellige systemer og andre gange ser numrene ud til at være tilfældige.

For at et computer-baseret AM-system skal kunne fungere er det dog helt afgørende, at hver enkelt lokalitet rundt omkring på infrastrukturen kan identificeres unikt, således at når det beskrives at en skinne ligger på lokalitet X, så er det ét og kun ét sted. Hvis ikke det er tilfældet kan der opstå farlige situationer hvor en sikkerhedskritisk fejl opdages ét sted og repareres ét andet.

På den baggrund kan hverken TIB- eller banenumre benyttes som grundlag for AM-systemet, da TIB 1 og Banenummer 16, som det fremgår ovenfor benyttes til flere forskellige strækninger på én gang.

Hovedstrækningsnummeret er, som nævnt, øverste niveau af et BTR-nummer. Det fulde BTR-nummer har seks cifre og er opdelt i hovedstrækningsnummer (de første to cifre), afsnitsnummer (de første tre cifre) og strækningsafsnits-/BTR-nummer (alle seks cifre). Opdelingen af den første del af hovedstrækning 01 ses på tabellen nedenfor, hvor det skal bemærkes at et strækningsafsnit altid *enten* er *en station* eller *en strækning* (mellem to stationer). Grænsen mellem station og strækningsspor går ved I-signalet på ikke-ETCS/CBTC strækninger. Ved bogens udgivelse var det ikke afklaret hvor stationsgrænsen skal gå strækninger med ETCS/CBTC, hvor der ikke længere vil være ydre signaler.

BTR-nummer struktur

Hovedstrækning	Afsnit	Strækningsafsnit (BTR)	
01 Kbh-Nyborg	011 København	011000 København	
	012 (Kbh)-(Roskilde)		012002 København-Hvidovre F
			012007 Hvidovre F
			012010 Hvidovre F-Glostrup
			012011 Glostrup
			012014 Glostrup-Høje Taastrup
			012019 Høje Taastrup
			012022 Høje Taastrup-Roskilde
			012519 Høje Taastrup Kombiterm.
	013 Roskilde	013000 Roskilde	
	014 (Roskilde)-(Ringst)		014034 Roskilde-Viby Sjælland
			014043 Viby Sjælland
			014044 Viby Sjælland-Borup
		014049 Borup	
		014052 Borup-Kværkeby	
	014057 Kværkeby		
	014058 Kværkeby-Ringsted		
015 Ringsted	015000 Ringsted		
016 (Ringsted)-Nyborg	016xxx		

Som det fremgår af tabellen kan BTR-strukturen skaleres fra meget overordnet til meget detaljeret og der er en vis systematik. Hovedstrækningerne er inddelt mellem større stationer og/eller med tekniske, trafikale eller ejer-mæssige skel. Afsnittene er ofte inddelt efter forgreningsstationer. BTR-numrene er afsnitsnumret efterfulgt af startkilometeringen.

Spornumre

Alle strækninger i Danmark består af mere end ét spor mellem A og B. Det er derfor nødvendigt, udover strækningsnummeret, at udpege et bestemt spor. Benævnelse af spor varierer mellem trafikal/sikringsteknisk og øvrig teknisk/økonomisk benævnelse (inkl. Spor).

Trafikalt og sikringsteknisk kører man altid i højre side og på stationerne er det trafikalt kun nødvendigt at kende spornumrene dér hvor togene holder. For de øvrige tekniske områder (og i AM-systemer) er det imidlertid nødvendigt at have en unik betegnelse for hvert enkelt spor i hele infrastrukturen. Denne forskel betyder at i teknisk/AM-sammenhæng angives sporene på fri bane i forhold til kilometerretningen med H(øjre), V(enstre) eller E(nkelt) eller x.hsp (x'ende hovedspor) hvis sporet er signalteknisk indrettet til at kunne køre lige hurtigt i begge retninger (et såkaldt vekselspor).

På ETCS/CBTC strækninger er alle spor vekselspor og betegnelserne H, V og E vil derfor bortfalde. I trafikalt sammenhæng benævnes kørselsretningen altid højre spor, hvilket nødvendiggør en oplysning om hvad køreretningen er.

Eksempel, spornumre

Hovedstrækning 01 København-Nyborg er kilometeret fra København til Nyborg. Mellem Hvidovre Fjern og Glostrup er der to spor. Af dette kan udledes at det nordlige spor teknisk benævnes spor H, mens det trafikalt benævnes Hvidovre Fjern-Glostrup Spor H. Det sydlige spor benævnes hhv. spor V og Glostrup-Hvidovre Fjern Spor H.

Stations-spornumre

På stationer benævnes spornumrene alpha-numerisk (tal og/eller bogstaver). Traditionelt er spornummer 1 det spor der ligger nærmest stationssikringsanlægget (typisk stationsbygningen) og på større stationer vil de øvrige spor være nummereret i grupper. I trafikalt sammenhæng benyttes kun de spornumre hvor der holder tog, svarende til perronspornumrene.

I AM-sammenhæng benyttes, af samme grund som BTR-numrene, at de skal kunne benævnes unikt, den tekniske betegnelse for sporene (H, V, E eller x.hsp på fri bane og en alpha-numerisk betegnelse på stationer).

Kilometrering

Ved brug af BTR-nummer og spornummer har man lokaliseret et område der går fra sporets ene ende til den anden, hvilket kan være alt fra få meter til mange kilometer. Det vil derfor som oftest være nødvendigt at angive en kilometrering hvori aktivet befinder sig.

Kilometreringen er altid kontinuerlig indenfor en hovedstrækning, men starter ikke nødvendigvis i 0,000. På Sjælland udgår de fleste kilometreringer fra Københavns Hovedbanegård, mens den i Jylland bliver sat til 0 flere steder.

Derudover er jernbanen opbygget som et netværk, hvilket betyder at man kan nå frem til samme punkt ad flere forskellige veje som ikke er lige lange. Der findes også situationer hvor de to spor på en dobbeltsporet strækning ikke ligger præcist parallelt med hinanden og der derfor ikke er lige langt fra A-B ad spor H og spor V. I alle disse situationer kan der indlægges en *fejlkilometer*, så man kan ikke altid tage for givet at der er 200 meter mellem km-tavle 0,2 og 0,4.

Derudover skal det bemærkes at *sporkilometreringen* og *kørestrømskilometreringen* ikke altid stemmer overens. F.eks. er der flere hundrede meters forskel i Fredericia.

Den kilometrering der benyttes i AM-sammenhæng er den kilometrering som fremgår af kilometertavlerne og relativt hertil (sporkilometreringen).

Positionering

En unik teknisk placering i AM-systemerne består derfor af:

- BTR-nummer
- Spornummer
- Kilometrering (evt. som fra og til kilometrering)

Hvorned "BTR 012014, spor H, km 16,789", ét sted og kun ét sted: 4,263 km fra Glostrup I-signal i det nordlige spor mellem Glostrup og Høje Taastrup.

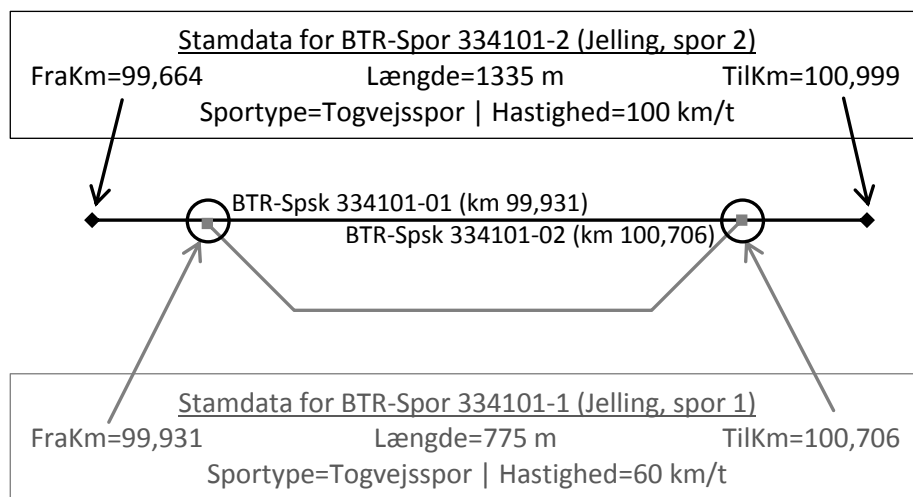
Data i BTR-struktur

Data der er repræsenteret i BTR-strukturen består af ovennævnte stamdata omkring positioneringen og derudover alle de parametre der ønskes tilknyttet til dataet. F.eks. kan et spor tilknyttes data for sportype og hastighed eller data for linjeføring kan tilknyttes oplysninger om kurveradius og overhøjde.

Lineære assets

Denne repræsentation af data hvor aktivet der beskrives er defineret af dets længde og værdier kaldes for lineære assets. I BTR-strukturen er alle spor defineret som havende værdier for strækningsnummer, spornummer og kilometrering fra/til og et spor bliver dermed til en lige linje af en vis længde hvorpå objekter kan placeres ud fra en kilometrering der ligger indenfor sporets start og slutpunkt.

Figur 374 – Lineære assets på Jelling station



Figur 375 – Tabulært data for lineære assets på Figur 374

Stamdata for spor					
BTR	Spor	FraKm	TilKm	Type	Hastighed
334101	1	99,931	100,706	Togvejsspor	60
334101	2	99,664	100,999	Togvejsspor	100

Stamdata for sporskifter				
BTR	Spsk	Km	Type	Afv. Gren
334101	1	99,931	UIC60-R500-1:12	Højre
334101	2	100,706	UIC60-R500-1:12	Venstre

Såfremt der ønskes en præcis geografisk fremstilling af sporene; hvor de er placeret i landskabet, med hvilke koordinater osv. er det nødvendigt at koble stamdata-informationen med geografiske informationer i et GIS-system. Den lineære fremstilling benyttes i de øvrige AM-systemer.

16.3. SAP PM

Introduktion

SAP er Banedanmarks såkaldte Enterprise Ressource Management-system, som bliver benyttet dels til ressource og økonomistyring og dels til opbevaring af stamdata for aktiver der skal vedligeholdes.

SAP er udviklet af en meget stor tysk softwarevirksomhed med samme navn, med hovedkvarter i Walldorf. Virksomheden producerer primært ERP-systemer og tilhørende løsninger. Produkterne har mange navne men et af de mest kendte er SAP R/3, som i dag kaldes SAP ERP. SAP blev grundlagt i 1972 under navnet Systemanalyse und Programmentwicklung (SAP) af fem tidligere IBM-medarbejdere. Senere ændrede virksomheden navn til Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung og har siden 2005 haft det officielle navn SAP AG.

SAP indeholder funktionalitet indenfor økonomi, logistik og HR (personalestyring), hvilket betragtes som kernefunktionalitet i langt de fleste virksomheder. Totalt er der mere end 30 hovedområder, som hver har et større eller mindre antal delområder. En række af disse er globale og en række af disse er nationale, altså tilpasset de enkelte landes love og regler. Brugere har forskellige måder at tilgå systemet på. De to primære er SAP GUI, der er en særlig tung klient som installeres lokalt, og SAP-portalen som tilgås via en Internet Browser. Desuden er der et tæt samarbejde med Microsoft så data også kan bearbejdes i Excel, Word og Outlook.

SAP indeholder en lang række forskellige moduler, f.eks.:

- Salg og distribution (SAP SD)
- Materialestyring (SAP MM)
- Kvalitetsstyring (SAP QM)
- Personaleadministration (SAP HR)
- Vedligehold og service (SAP PM)

I forbindelse med AM for Spor er det sidstnævnte der er mest relevant. Det stamdata der opbevares i SAP PM er karakteriseret ved at det vedrører aktiver der kan vedligeholdes. Det er altså fysiske elementer som skinner, befæstelser, sikringsanlæg, signaler, sporskifter, overkørsler, baliser osv. som på en eller anden måde skal vedligeholdes. Stamdata som vedrører infrastrukturen, men som ikke kan vedligeholdes direkte, såsom infrastrukturmodellen, kurveregister, længdeprofilregister mv. findes i andre AM-systemer. Stamdata-systemet er opbygget på baggrund af BTR-strukturen, som er omtalt i afsnit 16.2 på side 309.

I SAP terminologien kan stamdata opdeles i:

- Tekniske pladser og equipment
- Arbejdspladser, interne og eksterne
- Materiel (skinnearbejd og køretøjer og biler)
- VH-planer og arbejdsplaner
- Ydelser (både intern og ekstern)
- Customizerings tabeller (SM30 samt særlig z t-koder)

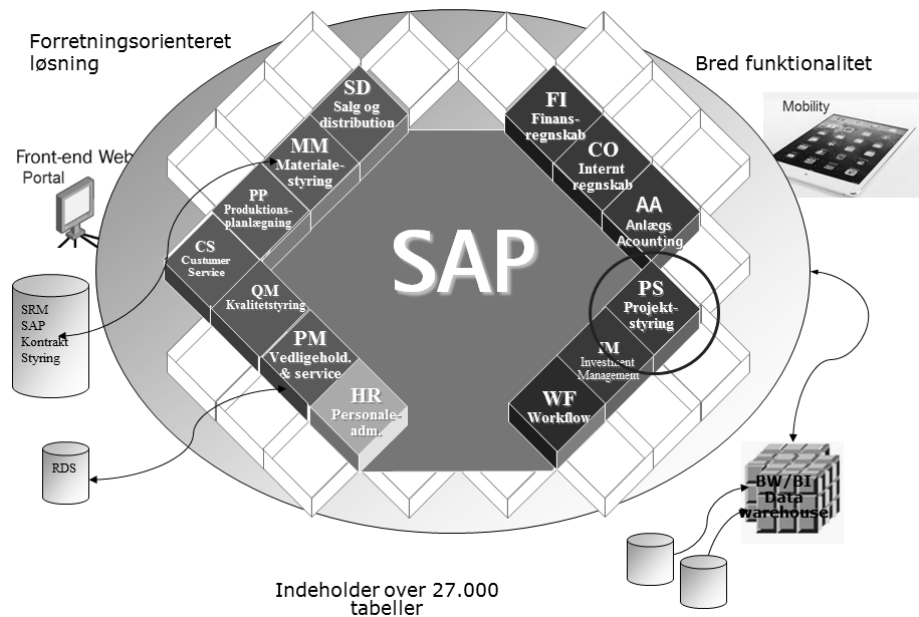
Derudover findes der i SAP PM andre styringsobjekter:

- VH-meddelelser
- VH-ordrer
- Tilbagemeldinger
- Materiel
- Business Intelligence (BI)

Som alle bruges i forskellig sammenhæng til:

- Oprettelse af VH-meddelelser, VH-ordre samt afregning
- Rapportering
- Tidsregistrering
- Kørebog
- Indkøb
- Fornyelsesplanen
- Mobil
- Portal
- Overførsel af data til/fra GIS, RDS, GPS Tracking, ENK, AMS, IRIS-SYS m.m.

Figur 376 – SAP systemoverblik



Stamdata for spor i SAP

Stamdata for spor er opbygget i et BTR-hierarki, hvor der vælges først et specifikt BTR-nummer i hierarkiet og derefter den tekniske plads der ønskes detaljer om. Nedenunder den tekniske plads findes forskellige equipments der hører til sporet. Under hver teknisk plads eller equipments kan findes yderligere detaljer f.eks. i form af klassificerings-oplysninger.

Figur 377 – SAP hierarki

Tekn. plads strukturpræsentation: Strukturliste

Teknisk plads: BD Gyldig fra: 05.08.2016

Betegnelsen: Banedanmark total

Banedanmark total	
BD	Banedanmark total
01	Kn-Ng: København H - Nyborg
02	Rg-Rf: Ringsted - Rødby Færge
03	Nf-Ge: Nykøbing F - Gedser
04	Ro-Næ: Roskilde - Næstved
05	Ro-Kb: Roskilde - Kalundborg
07	Ler-Kk.G: Lersøen - Østerport
09	Hi-Sq: Hillerød - Snekkersten
10	Kn-Hg: København H - Helsingør
101	Kn: København H
102	Kn-Hl: København - Hellerup
103	Hl: Hellerup
104	Hl-Sq: Hellerup - Snekkersten
104010	Hl-Kl: Hellerup - Klampenborg
104013	Kl: Klampenborg
10136036	Stationssikringsanlæg: Klampenborg F
104013-BRO 13138	Kl: Bro 13138
104013-BRO 13140	Kl: Bro 13140
104013-BRO 13144	Kl: Bro 13144
104013-BRO 13146	Kl: Bro 13146
104013-BYGNINGER	Kl: Bygninger
104013-IT	Kl: IT
104013-K LEDNINGSANLAEG	Kl: Klampenborg
104013-OMGIVELSER	Kl: Omgivelser
104013-SPOR 02.03.1	Kl: Spor 02.03.1
104013-SPOR 03.02.1	Kl: Spor 03.02.1
104013-SPOR 1	Kl: Spor 1
10000385	Underballast: (Sportype):4
10005334	Ballast (Sportype): 4
10042905	Skinne (Sportype) H 4
10042906	Skinne (Sportype) V 4
10070781	Sveller: (Sportype):4
10180506	Isolerklæbestød: H
10184117	Isolerklæbestød: V
10229605	Smøreapparat Km:13,500
10343623	Befestigelse
104013-SPOR 2	Kl: Spor 2
104013-SPOR 3	Kl: Spor 3
104013-SPOR 4	Kl: Spor 4
104013-SPOR AM_1A	Kl: SPOR AM_1a
104013-SPSK 01	Kl: Sporskifte 01
104013-SPSK 02	Kl: Sporskifte 02
104013-SPSK 03	Kl: Sporskifte 03
104013-SPSK 04	Kl: Sporskifte 04
104013-SPSK 05A	Kl: Sporskifte 05a
104013-SPSK 05B	Kl: Sporskifte 05b
104013-SPSK 06A	Kl: Sporskifte 06a
104013-SPSK 06B	Kl: Sporskifte 06b
104013-SPSK S1	Kl: Sporskifte S1
104013-STAEKSTROEM	Kl: Stærkstrøm
104014	Kl-Så: Klampenborg - Skodsborg

BTR-hierarki (indikeret med en klammer over de første tre niveauer)

Teknisk Plads (indikeret med en pil på 104013-SPOR 1)

Equipments (indikeret med en klammer over de tekniske specifikationer)

Figur 378 – Klassificering af teknisk plads

Vis teknisk plads: Stamdata

Klasseoversigt Målepunkter/tællere Dataoprindelse..

Teknisk plads: 104013-SPOR 1 Type: R Spornummer

Betegnelsen: Kl: Spor 1

Status: OPRT

Generelt Placering Organisation Struktur **Klassificering** Dokumenter

Klassificering

Fra kilometer	13,058 Km
Til kilometer	13,482 Km
Spornummer	1
Hastighed i spor	
Anvendelse spor	
Sportype	Togvejsspor

16.4. GIS

Introduktion

En stor del af AM-systemerne bruger en simplificeret model af infrastrukturen, hvor et spor modelleres som en ret linje af en bestemt længde. I mange sammenhænge er det dog nødvendigt at kende dets præcise geografiske placering, form og lignende.

Til fremstilling af geografiske kort og analyse af geografisk data benyttes stort set altid såkaldte GIS-værktøjer (geografisk informationssystem). GIS er en bredt udbredt standard og benyttes i alle brancher og virksomheder hvor der er behov for at behandle data med en geografisk relation f.eks. indenfor ingeniørvidenskab, planlægning, styring, transport/logistik, forsikring og telekommunikation.

Data for aktiver i GIS bliver lagret både med oplysninger om aktiverne (stamdata) og kodet sammen med en geografisk placering. GIS-systemet indeholder egne data, men samarbejder også i stor grad med SAP PM, således at det stamdata der er placeret i SAP kan repræsenteres geografisk.

Banedanmark har en forholdsvis lang tradition for at tænke geografiske data i sammenhæng med IT. Fra 1987 blev der således internt i Banedanmark (dengang DSB) etableret en digital kortproduktion baseret på fotogrammetri. Omkring år 2000 blev det besluttet at gå i gang med et egentligt GIS projekt.

Det første GIS projekt, som gik under navnet Oversigtskortprojektet, gik ud på landsdækkende at registrere Banedanmarks tilsynsobjekter som f.eks. signaler, overkørsler, sporskifter mv. samt adgangsveje fra offentlig vej til banen. Hovedformålet var at lette genfindning af disse i marken i forbindelse med vedligeholdelse og fejlretning. Som baggrundskort blev det besluttet at anvende Top10DK fra Kort- & Matrikelstyrelsen i kombination med Banedanmarks egne digitale kort. Sidstnævnte var desuden også hovedkilden til tilsynsobjekternes geografiske placering.

Projektet startede på en MapInfo platform, men blev i den indledende fase flyttet til ArcGIS. Baggrunden for dette skift var råd fra en ekstern rådgiver, der var bestilt til at sammenligne og vurdere forskellige GIS-systemer set i relation til Banedanmarks forventede fremtidige behov.

Input bestod primært af data udtrukket fra Banedanmarks digitale kort, suppleret med attributdata hentet i eksisterende databaser, lister og registre. Herudover var det, i et vist omfang, nødvendigt manuelt at placere objekterne i ArcMap ud fra tilgængelige oplysninger om de pågældende objekters stationering, i form af banestrækning, kilometerangivelse og sideafstand fra spormidten.

Parallelt med dette projekt, blev det besluttet at gøre de registrerede data alment tilgængelige for en bredere kreds af medarbejdere i Banedanmark i form af en webapplikation, BaneGIS.

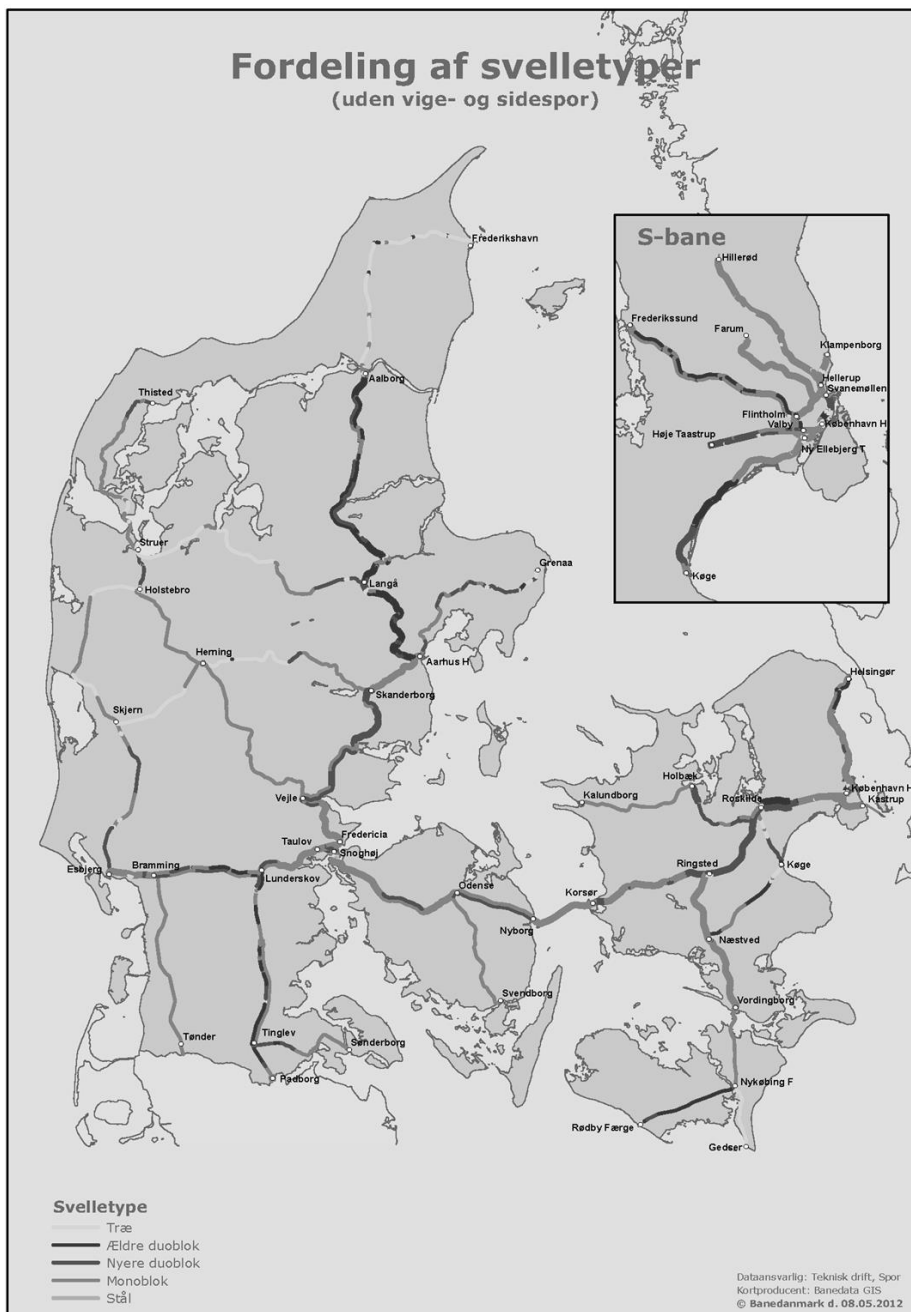
Oversigtskort

En anden mulighed som GIS giver er, at data i korrekt struktureret format (BTR-strukturen), let kan omsættes til en geografisk placering og farvelægges efter kategorier, tal-værdier eller andet.

Eksempel

Der findes et datasæt over svellertyper i Danmark på 15.000 rækker og der ønskes et overblik over hvor i landet der er flest to-bloksveller. Udelukkende ud fra data er det en besværlig opgave, men ved at omsætte det til et kort med farvekoder for forskellige svellertyper, som det ses på Figur 380, fås umiddelbart et indtryk af at de er koncentreret i Østjylland.

Figur 380 – Oversigtskort over svellertyper



Oversigtskort kan bestilles ved GIS-gruppen ved levering af korrekt formateret data og beskrivelse af hvilke farver, overskrifter mv. der ønskes.

16.5. IRISSYS

Introduktion

IRISSYS er et system der er specielt udviklet til at håndtere lineære asset data (specielt måledata) for jernbaner. Som beskrevet i afsnit 14.5.1 på side 280 er måledata fra de landsdækkende målinger ret omfattende, og det er essentielt med en metode til at omsætte data til diagrammer eller aggregeret data som kan overskues. IRISSYS er decideret udviklet til at kunne begge dele gennem dets tre primære funktionaliteter:

- Diagrammer
- Rapporter og data-eksport
- Funktioner

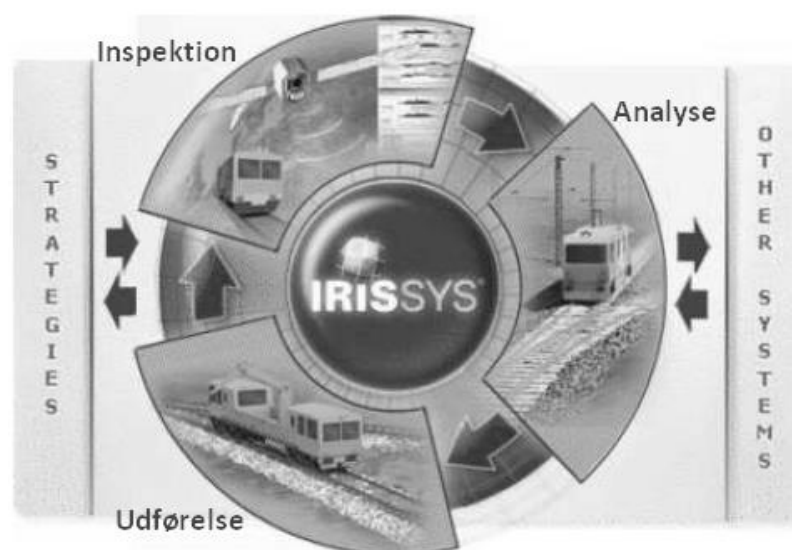
Udover måledata indeholder IRISSYS også stamdata for de aktiver som er nødvendige i forhold til de analyser der foretages i IRISSYS. Nogle af stamdataene ligger kun i IRISSYS, f.eks. oplysninger om sporjusteringer og skinneslibninger foretaget gennem tiden, mens størstedelen overføres fra andre AM-systemer herunder GIS (se afsnit 16.4 på side 316), SAP PM (se afsnit 16.3 på side 313) og AM-registrene Kurveregister og Sporlev (se afsnit 16.7 på side 326).

Ved bogens udgivelse er vedligeholdelsesprocesserne for målevognskørsel, ultralydsfejl, klasse 4 fejl, skinneslibning og sporjustering – der har det til fælles at deres grundlæggende behov er eller kommer fra målevognskørsler – styret i IRISSYS indtil det punkt hvor de bliver til udførselsordrer, som så overføres til SAP PM, hvorfra data i nogle tilfælde kommer tilbage til IRISSYS når ordren er udført.

Med dette indhold understøtter IRISSYS alle tre vedligeholdelsesfaser som kører i ring gennem et aktivs livscyklus: Inspektion, analyse, udførelse. Hvis der f.eks. tages udgangspunkt i sporjustering, vil cyklussen være: *Inspektion* af sporets beliggenhed, *analyse* af måledata for at finde behov, *udførelse* af sporjustering, *inspektion* af sporets beliggenhed efter udførelse, *analyse* af udførselskvaliteten, *udførelse* af evt. rework, *inspektion* af sporets beliggenhed osv.

Figur 381 – Vedligeholdelsesfaser

Kilde:
Erdmann Software



Data i IRISSYS Data i IRISSYS ændres konstant, dels som følge af at der løbende kommer nyt måledata og dels som følge af at det øvrige data opdateres og udvides afhængig af behov. For at give læseren et indblik i hvad systemet bruges til, beskrives i det følgende det data systemet indeholder pr. medio 2016, men med det forbehold at det ikke nødvendigvis er retvisende udover at blive brugt som eksempel.

Datastruktur Alt data (vedr. infrastrukturen) som findes i IRISSYS er knyttet op på BTR-strukturen, der er omtalt i afsnit 16.2 på side 309, hvilket betyder at alt data kan kombineres på kryds og tværs da de har den samme reference.

Måledata Måledata stammer fra tre primære kilder:

- De af Banenorm BN1-38 foreskrevne belastede målinger af hoved- og togvejsspor med målevogn (f.eks. UFM120) jf. afsnit 14.5.1 på side 280
- De af Banenorm BN1-38 foreskrevne ubelastede målinger af sidespor f.eks. med KRAB jf. afsnit 14.5.2 på side 286
- Ultralyds- og eddy current målinger af skinner (f.eks. UST02) jf. afsnit 6.10 på side 115

Fælles for alle disse typer måledata er, at de er opbygget som lineære assets med positionsoplysninger og en lang række parametre for hver af dem, som beskrevet i de respektive afsnit.

Stamdata Stamdata i IRISSYS kommer fra forskellige kilder og udbygges løbende som følge af ændrede behov fra brugerne. Ved bogens udgivelse findes følgende stamdata.

Parameter	Kilde	Opdateringsfrekvens
Historik over udført sporjustering	IRISSYS: TM2	Efter hver kampagne
Historik over udført skinnelibning	IRISSYS: RGM	Efter hver kampagne
Stationer, trinbrætter & tekniske stationer	Strækingsregister	Ad-hoc
Sporskifter og spor	SAP Teknisk Plads	Ugentligt
Sportyper, støjskærme, neutralsektioner, akseltællere, baliser, linjeledere, signaler, isolerklæbestød, overkørsler, overgange, skinneudtræk, smørepotter, beskyttelsesskinner, sporstoppere & broer	SAP Equipments	Ugentligt
Plangeometri & længdeprofil	Kurveregister	Ugentligt
Skinner, sveller & ballast	Sporlev	Ugentligt
TIB hastighed, dæmninger, afgravninger & køremandsbroer	GIS	Ugentligt

Andet data Yderligere data som brugerne af en eller anden grund ønsker i IRISSYS kan importeres såfremt det fremsendes i BTR-struktur.

Eksempel *Der ønskes gennemført en analyse af om der er sammenhæng mellem sporets beliggenhed og afvandingsanlæggenes tilstand. Til det formål fremskaffes data fra grøfteinspektioner i BTR-struktur med oplysninger om grøfters placering langs en strækning og deres vurderede tilstand. Efter import til IRISSYS kan det samkøres med data for sporets fejludviklingshastighed og der kan laves en regressionsanalyse der viser om der kan påvises en sammenhæng (det kunne der ikke).*

Systemoverblik På baggrund af ovenstående beskrivelse kan det udledes at IRISSYS er et komplekst system med mange forskellige typer data og interfaces til andre AM-systemer. Dette er forsøgt illustreret på Figur 382.

Mængden af sammenkørt data giver store muligheder for at udføre avancerede analyser.

Der er en del andre lande der også benytter IRISSYS, herunder Holland, Storbritannien, Norge, Tyskland og Frankrig. Derudover findes software som i grundprincippet kan det samme, herunder RamSys der bruges i Italien og Bentley Optram der benyttes i Sverige.

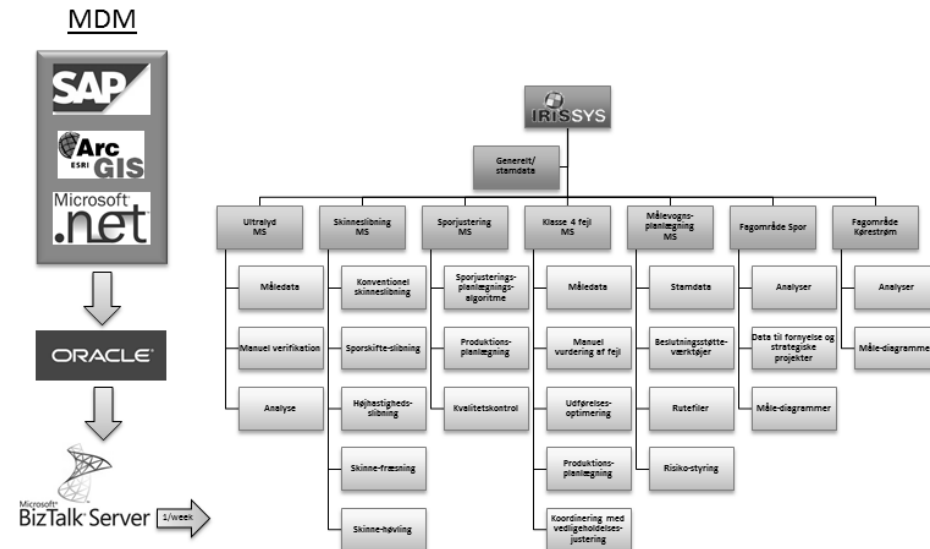
Figur 382 – Systemoverblik for IRISSYS

MS = Management System
MDM = Master Data Management

SAP: Se afsnit 16.3 på side 299
GIS: Se afsnit 16.4 på side 300
.NET: Se afsnit 16.7 på side 305

BizTalk: Middleware der bruges til at overføre data mellem forskelligt software

Oracle: Database-software hvor input samles inden overførsel til IRISSYS



Diagrammer

Diagrammer i IRISSYS kan fremstilles for alle typer data der har reference til infrastrukturen, og kan tilpasses stort set præcist det ønske som en bruger har til visualisering af data. Dertil kommer at diagrammer for forskellige typer data kan kombineres i én visning, da de alle har samme reference, som typisk er kilometreringsen på et eller flere bestemte spor.

Diagrammerne kan repræsenteres som bl.a. (alle med/uden symboler og/eller tekst):

- Streg-diagrammer
- Areal-diagrammer evt. med referenceværdi
- Difference-areal-diagrammer
- Kontinuerede diagrammer
- Søjle-diagrammer
- Overflade-diagrammer

X-aksen vil altid være en længde-repræsentation af sporet, som oftest i form af kilometreringsen, men også andre længdeenheder eller procenter af sporet af muligt.

Y-aksen for diagrammerne kan indstilles til at passe med den enhed som det pågældende data har. Højde- og sidebeliggenhed vil typisk være millimeter, mens vridning er millimeter pr. meter og historikken for udført sporjustering er et dato-interval.

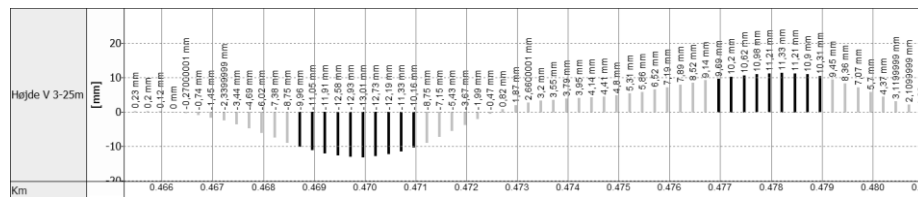
Data kan farves enten med en konstant farve eller ved hjælp af grænseværdier, som kan defineres vha. såkaldte Boolean-operatører (og, eller, ikke, større end, mindre end, lig med osv.).

Der kan eventuelt tilføjes symboler eller tekst til dataet i diagrammet for at tydeliggøre enkelte datapunkter.

Eksempel

Der haves et datasæt for højdebeliggenhed for venstre skinnestreg, som ønskes visualiseret med søjler der viser de enkelte målepunkter og som fremhæver klasse 3 fejl eller større med en anden farve end det øvrige data. Endvidere ønskes værdien af hver enkelt målepunkt angivet.

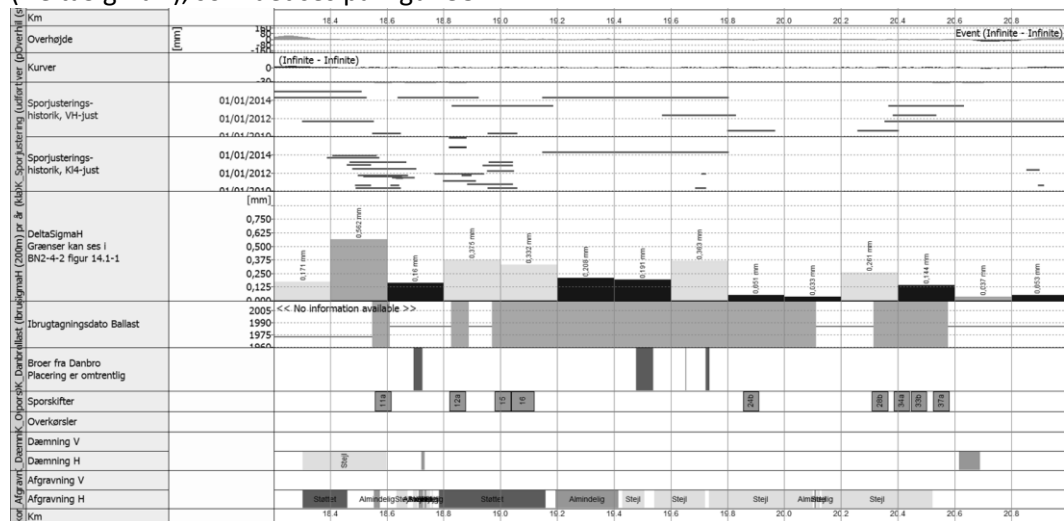
Figur 383 – Tilpasset diagram af højdebeliggenhed D1 for venstre skinne



Visningsgrupper

Eftersom hvert enkelt diagram har den samme reference (sporets udstrækning) kan de kombineres til en samlet visningsgruppe. Et eksempel på en fast visningsgruppe, er en sammensætning af de måleparametre som skal fremgå af et målevognsdiagram, som det ses på Figur 347 på side 285 eller en visningsgruppe til analyse af fejludviklingshastighed, hvor der indgår både sporbeliggenheds- og kørestrømsmåledata, stamdata fra forskellige fag og resultatet af en (af IRISSYS beregnet) matematisk model for højdebeliggenhedens fejludviklingshastighed (DeltaSigmaH), som det ses på Figur 384.

Figur 384 – Delta-SigmaH-analysediagram



Rapporter og data-eksport

Den grafiske visning, som diagrammerne giver, er særdeles velegnet til at få et overblik over en begrænset mængde data, men hvis det f.eks. ønskes at finde alle steder i hele landet hvor højdebeliggenheden er i klasse 3 eller større, vil det være en omstændig proces at gennemgå diagrammerne én kilometer ad gangen og skrive ned et andet sted hvor kriteriet er opfyldt. I det tilfælde vil det være mere hensigtsmæssigt at få genereret en liste over lokationer hvor kriteriet er opfyldt.

En sådan liste kan genereres i IRISSYS på to måder: Rapporter eller data-eksport.

Data-eksport er en direkte kopi af det rå data der ligger i IRISYS' databaser. Dette er meget nemt, men ofte ikke hensigtsmæssigt, da rå-data i mange tilfælde ikke er den information der ønskes (og ofte er det også lagret som vektoriseret data, som kan være svært at fortolke i et regneark). Hvis der tages udgangspunkt i diagrammet på Figur 383 på side 322, ses det at hver bølge indeholder adskillige målepunkter der hver især er større end klasse 3 (farvet sort) og en rå-data-eksport vil derfor give en lang liste (omkringliggende værdier er medtaget i gråt for reference):

Figur 385 – Data-eksport af højdebeliggenhed

BTR	Spor	Dato	Km	Værdi
011000	6	18-05-2016	0,46822	-7,38
011000	6	18-05-2016	0,46847	-8,75
011000	6	18-05-2016	0,46872	-9,96
011000	6	18-05-2016	0,46897	-11,05
011000	6	18-05-2016	0,46922	-11,91
011000	6	18-05-2016	0,46947	-12,58
011000	6	18-05-2016	0,46972	-12,93
011000	6	18-05-2016	0,46997	-13,01
011000	6	18-05-2016	0,47022	-12,73
011000	6	18-05-2016	0,47047	-12,19
011000	6	18-05-2016	0,47072	-11,33
011000	6	18-05-2016	0,47097	-10,16
011000	6	18-05-2016	0,47122	-8,75
011000	6	18-05-2016	0,47147	-7,15
011000	6	18-05-2016	0,47172	-5,43

Der viser ni overskridelser af klasse 3, men der er kun én klasse 3 fejl, da de alle er sammenhængende indenfor den samme bølge. Resultatet som der oftest ønskes er derfor at der er en klasse 3 fejl placeret i 011000-6 km 0,46997 med fejlstørrelse 13,01 mm målt d. 18-05-2016, da det er den største af ovenstående – dette er ikke rå-data, men et aggregeret resultat, som kræver en efterbehandling af rå-data før det kan vises.

Til dét formål anvender IRISYS rapporter, som er data der genereres i listeform og evt. formateret til en bestemt papirstørrelse (f.eks. A4) eller til et bestemt fil-format (f.eks. Excel), og dermed er beregnet til eksport eller videregivelse af data.

Rasterisering

I funktionen der genererer rapporten kan der indlægges forskellige mere eller mindre avancerede beregninger. Én af de vigtigste af disse for måledata, er såkaldt rasterisering, hvor der beregnes forskellige matematiske og statistiske værdier for et antal datapunkter indenfor en defineret afstand (denne funktion kan også benyttes for diagrammer).

Afstanden er valgfri, mens de mulige værdier der kan beregnes er fast programmeret, men udvalget dækker de fleste behov. Det er f.eks. muligt at vælge:

- Gennemsnit
- Fraktil, valgfri P-værdi
- Højeste/laveste værdi
- Numerisk (absolut) højeste/laveste værdi
- Antal
- Standardafvigelse
- Varians
- Total værdi
- Kvadratsum

Eksempel

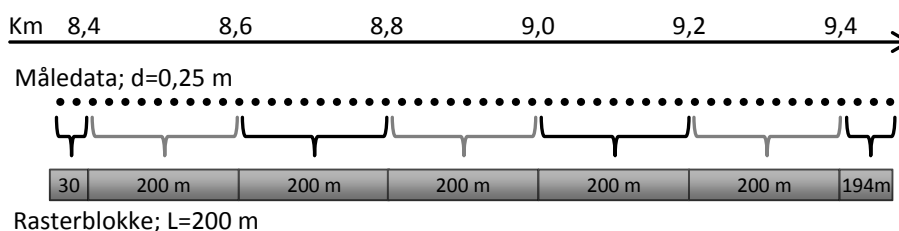
Der haves et datasæt for BTR-Spor 012010-H (km 8,370-10,594) højdebeliggenhed målt med en samplings-afstand på 0,25 meter, hvoraf det ønskes at finde standardafvigelserne pr. 200 meter, svarende til krav i BN1-38.

I dette tilfælde er rasteriserings-længden 200 meter, hvor der i hver indgår 800 måleværdier. Standardafvigelsen beregnes vha. formlen i afsnit 14.3.2 på side 271.

Da sporet ikke starter/slutter i noget der går op i 200 meter, er det nødvendigt at definere hvordan 200-meter sektionerne skal indeles samt hvad der skal ske med det "overskydende" spor.

Normalt ønskes en inddeling der går op i kilometeringen, således at den første hele blok er km 8,4-8,6, derefter 8,6-8,8 osv. Det efterlader 8,370-8,400 og 10,400-10,594 som ikke passer ind i definitionen, men standardafvigelsen kan stadig beregnes (eller det kan f.eks. defineres at der ikke ønskes udført beregning på blokke kortere end 150 meter). Denne proces er illustreret på Figur 386 og resultatet i form af en rapport er vist på Figur 387.

Figur 386 – Rasterisering af standardafvigelser



Figur 387 – Rapport med standardafvigelser

banedanmark		Sigma H and Sigma P (on 200 m)					IRISSYS	
BTR	Track	Date	From Km	To Km	Sigma H	Sigma P		
012010	H	18-05-2016	8.370	8.400	0,271	0,501		
012010	H	18-05-2016	8.400	8.600	0,443	0,367		
012010	H	18-05-2016	8.600	8.800	0,737	0,603		
012010	H	18-05-2016	8.800	9.000	1,980	0,582		
012010	H	18-05-2016	9.000	9.200	0,321	0,334		
012010	H	18-05-2016	9.200	9.400	0,428	0,279		
012010	H	18-05-2016	9.400	9.600	0,641	0,577		
012010	H	18-05-2016	9.600	9.800	0,756	0,451		
012010	H	18-05-2016	9.800	10.000	0,435	0,280		
012010	H	18-05-2016	10.000	10.200	0,319	0,313		
012010	H	18-05-2016	10.200	10.400	0,372	0,327		
012010	H	18-05-2016	10.400	10.594	0,775	0,439		

Funktioner

Både diagrammer og rapporter er grundlæggende funktioner med det karakteriserende formål at skabe enten et diagram eller en rapport – og det er dem som de fleste brugere vil stifte bekendskab med.

Det er imidlertid også muligt at skabe funktioner som ikke producerer noget synligt resultat, men som i stedet beregner/analyserer/skaber data internt i systemet, åbner en intern data-editor eller lignende. Denne funktionalitet bruges især af avancerede brugere til analyse og styring af processer, og er f.eks. den bærende del af mange af management systemerne som der er indbygget i IRISSYS.

16.6. ProArc

Indledning

ProArc er Banedanmarks elektroniske dokumenthåndteringssystem til tekniske tegninger, normer, standarder, billeder og forpligtelser. Det er udviklet af firmaet Software Innovation og benyttes af mange virksomheder både nationalt og internationalt.

ProArc håndterer hele dokumentets livscyklus, fra design til overlevering, og støtter kerneprocesserne inden for produktion og vedligeholdelse af en udbygning. Streng revisionskontrol sikrer at projektdeltagerne altid får seneste version af et dokument, og arkivet har altid kontrol på bygningsdokumentation. ProArc giver en effektiv styring af dokumentflow og de tilhørende arbejdsopgaver, og medarbejderne kan nemt og hurtigt finde relevante dokumenter, når de skal bruge dem. ProArc er specielt egnet til tekniske miljøer, som stiller store krav til håndtering af omfattende mængder teknisk dokumentation.

ProArc kan tilgås både via en Web-klient via Banedanmarks intranet eller som en lokal klient med et program der installeres på brugerens computer. Førstnævnte giver en hurtig adgang til at finde dokumenter lagret i ProArc, mens sidstnævnte giver brugeren mere avancerede funktioner f.eks. oprettelse og ændring af dokumentprofiler, filhåndtering, workflow, rejsetaskefunktion mv.

De typiske brugere af ProArc i Banedanmark er involveret i anlægs- og fornyelsesopgaver, vedligeholdelsesopgaver eller tilsyn. Ydermere er en typisk bruger projektleder, projekteringsleder, byggeleder, fagspecialist, rådgiver eller entreprenør.

I forbindelse med Sporteknik er en typisk brug af ProArc fremsøgning af teknisk dokumentation f.eks. i form af normaltegninger (se afsnit 2.2 på side 13).

Figur 388 – ProArcWeb-visning af bladnummer 8370

The screenshot displays the ProArc web interface for document management. The main content area shows the following details for document 8370:

- Doc. no:** 8370
- Repository:** TEKNISKE_DOKUMENTER
- *Doc. type:** SYSTEMDOKUMENTATION
- *Prof. gr.:** SPOR
- *Document no.:** 8370
- *Title:** SPORSKIFTE UIC60-R2500 1:26,5 H PÅ BETONSVELLER OG 3 SVELLEDREV OVERSIGTSPLAN
- Doc. type:** SPORSKIFTE TRUKTIONER (BLÅ)
- Esp. type (art):** UIC 60
- Revision date:** 5/5/2015
- Status:** GÆLDENDE
- Project no.:** (empty)
- Scale:** 1:75
- Placed in (E):** (empty)
- Reg. date:** 1/1/2010

The interface also includes a sidebar with navigation options like 'Home', 'New', 'Search', and 'Repository List', and a top navigation bar with 'Site Actions', 'Browse', and 'Page'.

16.7. AM Register

Til stamdata som ikke passer ind i de øvrige AM-systemer, har Banedanmark IT egenudviklet forskellige registerapplikationer. Indenfor er sporteknik de vigtigste:

- AM Kurveregister
- AM Sporlev
- AM Baneregister (sporskiftekort, se afsnit 10.11)

AM Kurveregister

Kurveregisteret indeholder stamdata for sporets tracé (se afsnit 13). Programmet er delt op i to sektioner for hhv. linjeføring og længdeprofil, hvorunder der er forskellige visninger og eksportfunktioner.

Figur 389 – AM Kurveregister

Stkafs	Strækingsnavn	Spornr	Tavle01	Overgangs...	Tavle1	Radius	Overhøjde	Kurvslængde	Tavle2	Overgangs...	Tavle02	Bemærkning	Beregnings...	Beregner K...	Strækning	Afsnit	
014034	Roskilde - Vby Sjøland H		34,150	130	34,280	-2500	70	1130	35,410	130	35,540				01-07-1985	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland H		38,760	120	38,880	-3000	60	480	39,360	130	39,490				01-07-1985	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland H		39,935	30	39,965	-12000	15	30	39,995	30	40,025				01-09-1989	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland H		40,480	130	40,610	2400	70	230	40,840	0	40,840				01-09-1991	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland H		40,840	0	40,840	2530	70	1045	41,885	30	41,915				01-09-1991	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland V		34,150	130	34,280	-2500	70	1130	35,410	130	35,540				01-09-1989	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland V		38,760	120	38,880	-3000	60	455	39,335	180	39,515				01-09-1989	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland V		39,935	30	39,965	-12000	15	30	39,995	30	40,025				01-09-1989	014	034
014034	Roskilde - Vby Sjøland V		40,480	130	40,610	2404	70	1186	41,796	30	41,826				01-09-1989	014	034
014043	Vby Sjøland	2	41,885	30	41,915	2900	60	50	41,965	80	42,045	okl2=rampe			05-12-2014	014	043
014043	Vby Sjøland	2	41,965	80	42,045	2900	25	110	42,155	80	42,235	okl1+2=ra...			18-12-2006	014	043
014043	Vby Sjøland	2	42,155	80	42,235	2900	60	145	42,380	100	42,480	okl1=rampe			18-12-2006	014	043
014043	Vby Sjøland	2	42,380	100	42,480	12000	15	183	42,663	30	42,663				01-09-1989	014	043
014043	Vby Sjøland	2	42,900	50	42,950	-5000	35	40	42,990	50	43,040				01-09-1991	014	043

AM Sporlev

Sporlev-applikationen indeholder stamdata for skinner, sveller, ballast og underballast, herunder typer, ibrugtagningsdatoer, fabrikanter, stål kvalitet og fabriktionsår.

Figur 390 – AM Sporlev

Stkafs	Navn	Spornummer	Fra Km	Til Km	Længde	Skinnestreg	Skin Skinnetype	Skin Ibrugtstand	Skin Staal kvalitet	Skin Fabrikat	Skin Fab Aar	Skin Ibrugd
014044	Vby Sjøland - Borup	V	46,600	48,802	2202	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1981
014049	Borup	1	48,802	49,072	270	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1981
014049	Borup	1	49,132	50,100	968	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1981
014049	Borup	1	50,140	50,194	54	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1981
014049	Borup	1	50,254	50,550	296	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1981
014052	Borup - Kiværkeby	V	50,550	50,600	50	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1981
014052	Borup - Kiværkeby	V	50,600	53,000	2400	Bege	UC60	Ny	900	DO		1981 01-07-1984
014052	Borup - Kiværkeby	V	53,000	55,913	2913	Bege	UC60	Ny	900	DO		1981 01-07-1984
014057	Kiværkeby	1	55,913	57,700	1787	Bege	UC60	Ny	900	DO		1981 01-07-1984
014057	Kiværkeby	1	57,700	57,781	81	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1982
014058	Kiværkeby - Ringsted	V	57,781	61,145	3364	Bege	UC60	Ny	700	DO		1982 01-07-1982
076012	Lerslev - Svaneåen	E	11,957	12,404	447	Verstre	DSB45	Ny	900	DO		1991 01-08-1991
076013	Svaneåen	7	12,404	12,500	96	Verstre	DSB45	Ny	900	DO		1991 01-08-1991
104025	Rungsted Kyst	2	25,500	25,605	105	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1982
104025	Rungsted Kyst	2	25,733	25,800	67	Bege	UC60	Ny	700	DO		1981 01-07-1982
104026	Rungsted Kyst	2	25,800	26,187	387	Verstre	IRCW	Ny	700	DO		1981 01-07-1987

17. Figurliste

Figur 1 – Elementer i en jernbane	9
Figur 2 – Eksempel på side fra Sporregler	16
Figur 3 – Bladnumre for sporskifter på træsveller.....	18
Figur 4 – Bladnumre for sporskifter på betonsveller	19
Figur 5 – Bladnumre for skinneprofiler.....	19
Figur 6 – Bladnumre for overbygninger (svelle) beton 60E2	19
Figur 7 – Bladnumre for overbygninger (svelle) beton 60E2/45E2.....	19
Figur 8 – Bladnumre for overbygninger (svelle) træ DSB60	20
Figur 9 – Bladnumre for overbygninger (svelle) træ 60E2	20
Figur 10 – Bladnumre for overbygninger (svelle) træ 45E2.....	20
Figur 11 – Eksempel på normaltegning, blad 7701, UIC60 skinne.....	20
Figur 12 – Tværsnit af bane	28
Figur 13 – Elementer i overbygningen og spændingsfordeling gennem lagene (ikke i skala)	29
Figur 14 – Fastclip type FC på S99 svelle.....	30
Figur 15 – Principtegning for tværprofil med afvanding på begge sider	31
Figur 16 – Principtegning for tværprofil med symboler (se BN1-6 afsnit 5 for detaljer)	31
Figur 17 – Illustration af sænket ballastlag mellem sveller og skinner	32
Figur 18 – Overbygningsbetegnelser	34
Figur 19 – Overbygning A.....	35
Figur 20 – Overbygning DSB45 Bt	36
Figur 21 – Overbygning DSB45 C	37
Figur 22 – Overbygning DSB45 Cr	37
Figur 23 – Overbygning UIC60 Cf.....	38
Figur 24 – Overbygning UIC60 Cfb	38
Figur 25 – Overbygning UIC60 Dt.....	39
Figur 26 – Overbygning DSB45 Db	40
Figur 27 – Overbygning UIC60 Dbn.....	40
Figur 28 – Overbygning UIC60 Dm.....	40
Figur 29 – Overbygning UIC60 Dmp.....	41
Figur 30 – Overbygning UIC60 Dme	42
Figur 31 – S16 svelle	42
Figur 32 – Betegnelser for skulder og clips, type FE	43
Figur 33 – Betegnelser for skulder og clips, type FC	43
Figur 34 – Overbygning UIC60 Dsp	43
Figur 35 – Oversigt 45E2 og 60E2 overbygnings-typer	44
Figur 36 – Tværsnit af ballastfrit spor i Tyskland, type BTD.....	45
Figur 37 – Ballastfrit spor, type Stedef	46
Figur 38 – Ballastfrit spor, Vossloh	47
Figur 39 – Ballastfrit spor under bro B i Fredericia	48
Figur 40 – Overbygning UIC60 Ddp.....	48
Figur 41 – Placering af beskyttelsesskinner jf. blad 7144	49
Figur 42 – Ind- og udvendig indspøringskonstruktion	50
Figur 43 – Ballasten som et gitterværk	52
Figur 44 – Tværprofil af enkeltsporet bane	53
Figur 45 – Definition på "faldet" der også benævnes anlægget.....	53
Figur 46 – Forhøjet ballastskulder, h	54
Figur 47 – "Los Angeles prøven"	55
Figur 48 – Princip for ballastrenser	60
Figur 49 – Ballastrenser	60
Figur 50 – Udsnit af materialevogn MFS-100	61
Figur 51 – Princip for rensning (størrelse af sierne varierer fra det der normalt benyttes ved BDK)	61
Figur 52 – Arbejdsprincip for ballastsanering	62
Figur 53 – Ballastsaneringsmaskine	62

Figur 54 – Kæde til opsamling af underballast	62
Figur 55 – Transport af ny underballast frem til arbejdsområdet fra trukne materialevogne	63
Figur 56 – Ilægning af ny underballast.....	63
Figur 57 – Indbygget sporjustering til arbejdsjustering (se også afsnit 14.6.2 på side 291)	63
Figur 58 – Borerig.....	64
Figur 59 – Borehoved halvvejs nede med karteringsspyd	65
Figur 60 – Karteringsspyd og resulterende boreprofil	66
Figur 61 – Laggrænsen mellem skærver og sandfyld er her vurderet til 0,82 m fra SO	66
Figur 62 – Borecylinder med prøve.....	67
Figur 63 – Forskellige karteringsspyd og borecylindre	67
Figur 64 – Placering af GPR-antenner	68
Figur 65 – Radargram fra GPR-undersøgelse	68
Figur 66 – Lagtykkelser fra GPR-undersøgelse.....	69
Figur 67 – Finstofindhold fra GPR-undersøgelse	69
Figur 68 – Fugtindeks fra GPR-undersøgelse	69
Figur 69 – Målene på en træsvelle af bøgetræ.....	73
Figur 70 – Bor som bruges til boring i sveller.....	74
Figur 71 – Trugsvelle.....	75
Figur 72 – Sveller som er blevet udskiftet pga. vred	76
Figur 73 – S-klemme	77
Figur 74 – Røpingklemme	77
Figur 75 – S-klemme og Røpingklemme i svelleenden hvor det har givet små revner som følge af islagning	77
Figur 76 – Bandage omkring sveller.....	78
Figur 77 – Bolt igennem sveller.....	78
Figur 78 – Træhulpløkker med anbringelsesapparat.....	80
Figur 79 – Spiral og den særlige skrue til isætning af spiraler	80
Figur 80 – Svellefræsemaskine	81
Figur 81 – Sporstrammer	81
Figur 82 – To-bloksveller.....	82
Figur 83 – Tværjernets udformning	82
Figur 84 – To-bloksveller udtaget af sporombygningstog i 2010.....	83
Figur 85 – Skinnehældning 1:20 kontra 1:40	83
Figur 86 – S89 monobloksveller	84
Figur 87 – En sporskiftesveller i beton	85
Figur 88 – Revnede S89-sveller	87
Figur 89 – Kabeltrugsveller lagt mellem S99-sveller	88
Figur 90 – USP monteret på sporskiftesveller	89
Figur 91 – Skinne 60E1/60E2	92
Figur 92 – Skintyper	93
Figur 93 – Rilleskinne, type RI 46.....	94
Figur 94 – Tungeprofil (til sporskifter), ZU1-60.....	94
Figur 95 – Tvangskinneprofil (til sporskifter), Vo1-60.....	94
Figur 96 – Fuldskinne til fremstilling af krydsninger i sporskifter	95
Figur 97 – Skinnesegler	96
Figur 98 – Valsemærke på skinne	96
Figur 99 – Br.æ.-skinne med kraftigt sideslid, lagt i så sliddet vender udad	97
Figur 100 – Skinnebrud omkring thermitsvejsning	98
Figur 101 – Skinnebrud gennem svejsning	99
Figur 102 – Eksempel på tegninger i BN1-107.....	100
Figur 103 – Skinnebrudsrapport	101
Figur 104 – Uddrag af UIC 712 klassificering	101
Figur 105 – Princip for skinnepletter	103
Figur 106 – Skinneplet (squat)	103
Figur 107 – Skinnepletter (squats) med afskalning.....	103
Figur 108 – Lodret tværgående revne i thermitsvejsning.....	104
Figur 109 – Princip for head checks	105

Figur 110 – Kørekantsrevner (head checks)	105
Figur 111 – Kørekantsrevner (head checks) med afskalning	105
Figur 112 – Skabelon til UIC60	106
Figur 113 – Måling af skinneslid	107
Figur 114 – Miniprof analyse-software.....	107
Figur 115 – Afstandsjern ved knækket to-bloksveller	108
Figur 116 – Bølger på kørefladen.....	109
Figur 117 – Mobil brandstudsvejsemaskine	113
Figur 118 – Overgangsskinne mellem 60E2-45E2 på Københavns Hovedbanegård i forbindelse med perrontunnel ...	114
Figur 119 – Måleområde for hhv. hvirvelstrøms- og ultralydsmåling	115
Figur 120 – Skyggevirkning ved ultralydsmåling.....	115
Figur 121 – Ultralyds- og hvirvelstrømsmåletog, Eurailscout UST02.....	116
Figur 122 – Ultralyds-måleinstrument monteret på målevogn med slanger til påføring af kontaktmiddel (vand)	116
Figur 123 – Manuelt ultralyds-måleudstyr samt ultralydshoved og detalje af den del der har kontakt med skinnen ..	117
Figur 124 – Forskellige slibesten til roterende slibning samt højhastighedsslibning.....	120
Figur 125 – Slibetog, Speno RPS-32, med 32 roterende slibesten.....	121
Figur 126 – Roterende slibetog i drift	121
Figur 127 – Sporskifte-slibesten (mf+th) sammenlignet med strækningsslibesten (tv)	121
Figur 128 – Slibemærker fra hhv. højhastighedsslibning (tv) og konventionel slibning (th)	122
Figur 129 – Fræsehoved	123
Figur 130 – SkinnEFRæser med to fræsehjul og et slibehjul (til hver skinnestreg) i drift	123
Figur 131 – SkinnEHøvl.....	124
Figur 132 – Oversigt over brugte overbygningstyper på hoved- og togvejsspor medio 2016 fordelt på sportype [km]	126
Figur 133 – Dele til type A.....	127
Figur 134 – Dele til type B.....	127
Figur 135 – Dele til type C.....	128
Figur 136 – Dele til type D.....	129
Figur 137 – Uddrag af BDKs bestemmelse #59 for fjedrende klemlader (Cil plader) til overbygning Dbn, Dbr og Dbs	130
Figur 138 – Overbygning DSB37 A	131
Figur 139 – Skinnespiger (tv) og underlagsplade (th)	131
Figur 140 – DSB37 A spor i Taastrup, oktober 2016	131
Figur 141 – Overbygning DSB37 B	132
Figur 142 – IV B skrue (tv) og IV underlagsplade (th)	133
Figur 143 – IV B Laske (tv) og IV B Bolt + spændering (th).....	133
Figur 144 – V B underlagsplade (tv) og V laskebolt (th).....	133
Figur 145 – Overbygning DSB45 C (VC).....	134
Figur 146 – V C skrue (tv) og V C underlagsplade (th)	134
Figur 147 – V C klemlade (tv) og V C bolt + spændering (th)	135
Figur 148 – Laskebolt (tv) og V C laske (th).....	135
Figur 149 – Overbygning DSB45 Bt (tv) og Overbygning UIC60 Bt (th).....	136
Figur 150 – Skrue overbygning DSB45 Bt (V Bt) (tv) og skrue overbygning DSB60 Bt (VI Bt)/UIC60 Bt (VII Bt) (th)	136
Figur 151 – Laske DSB45 Bt (tv) og laske DSB60 Bt (th).....	136
Figur 152 – Laske UIC60 Bt (tv) og laskebolt + dobbelt spændering (th).....	137
Figur 153 – Overbygning DSB45 Cr	138
Figur 154 – Ribbeunderlagsplade	138
Figur 155 – Typer af ribbeunderlagsplader.....	139
Figur 156 – SS skrue	139
Figur 157 – Klemlade DSB45 Cr (R1) (tv) og klemlade UIC60 Cr (R6) (th).....	139
Figur 158 – Klemladebolt R 75 (tv) og dobbelt spændering (th)	139
Figur 159 – Overbygning DSB45 Cf	140
Figur 160 – Klemladebolt R55 (tv) og fjederklemme Fk2 og Fk1 (th)	140
Figur 161 – Overbygning DSB45 Dt.....	141
Figur 162 – Mellemlægsplade (gummi)	141
Figur 163 – DSB45 fj. klemlade (tv) og UIC60 fj. klemlade (th).....	141
Figur 164 – 1-2 kontakt UIC60 skinne.....	142
Figur 165 – Lang og kort støtteplade (tv) og D-skruen (th).....	142

Figur 166 – Placering DSB45 (tv) og Placering UIC60 (th)	143
Figur 167 – Overbygning UIC60 Db	144
Figur 168 – RS svelle (T-profil) (tv) og SL svelle (L-profil) (th)	144
Figur 169 – Klemplade Db (DSB45 og UIC60).....	145
Figur 170 – Nylonbøsning	145
Figur 171 – B2 bolt (RS svelle) (tv) og B3 bolt (SL-svelle) (th)	146
Figur 172 – Klemplade Dbg	146
Figur 173 – Overbygning UIC60 Dbr	146
Figur 174 – Nylonklemplade Dbs (tv) og Cil plader kort/lang (th)	147
Figur 175 – Overbygning UIC60 Dbn.....	148
Figur 176 – EVA plast til Dbn.....	148
Figur 177 – B12 bolt.....	148
Figur 178 – Klemplader for DSB45 (tv), DSB60 (mf) og UIC60 (th)	149
Figur 179 – Cil plader	149
Figur 180 – Overbygning UIC60 Dm	150
Figur 181 – Mellemlæg til EVA plast (MLP UIC60)	150
Figur 182 – Vinkelføringsplade for 45E2 (tv) og 60E2 (th)	151
Figur 183 – Fk3l (45E2) (tv) og Fk4 (60E2) (th).....	151
Figur 184 – SS-2 skruen.....	151
Figur 185 – Overbygning Dmp	152
Figur 186 – Mellemlægsplade.....	152
Figur 187 – Støbejernskulder (tv) og fastclip (th)	152
Figur 188 – Rippeunderlagsplade 658 for tungeparti i sporskifte DSB45 Cr.....	153
Figur 189 – Rippeunderlagsplade 656-1 for tungeparti i sporskifte DSB45 Cr	154
Figur 190 – Rippeunderlagsplade 758 for tungeparti i sporskifte UIC60 Cr	154
Figur 191 – Rippeunderlagsplade 756-1 for tungeparti i sporskifte UIC60 Cr	154
Figur 192 – Klempladebolt.....	154
Figur 193 – Tungestøtte	155
Figur 194 – Angstlaske for V/VII Cr	155
Figur 195 – Spændeplade	156
Figur 196 – Underlagsplade for tvangskinne	157
Figur 197 – Mellemklodser	157
Figur 198 – Mellemklodser for tvangskinneprofilet	157
Figur 199 – Klemplader type R.....	158
Figur 200 – Glidestole med fjederbøjler	159
Figur 201 – Tvangskinne UIC33.....	160
Figur 202 – Eksempler på underlagsplader for en skinneskrydsning	160
Figur 203 – Overbygning UIC60 Cfb	161
Figur 204 – Glidestol Cfb.....	162
Figur 205 – Svelleskruen SS4	162
Figur 206 – Mellemlægsplader til Cfb overbygning	162
Figur 207 – Dobbeltsvellestød	166
Figur 208 – Vandreklemme.....	168
Figur 209 – Skinnestød.....	169
Figur 210 – LS-spor	172
Figur 211 – Solkurve	173
Figur 212 – Skinnebrud	174
Figur 213 – Spændingsfordeling i et langskinnespor	175
Figur 214 – Ændringer i kræfter pr. grad Celcius	176
Figur 215 – Spændingsændring ved åndningszone	176
Figur 216 – Sporramme	177
Figur 217 – Vigtige mål i ballastprofilet	179
Figur 218 – Eksempel: Overgang fra LS-spor UIC60 Db til lasket spor DSB45 Dt.....	182
Figur 219 – Langskinnespor med skinneudtræk på bro (Vestbroen).....	183
Figur 220 – Blokafsnit	184
Figur 221 – Isolerklæbestød	185

Figur 222 – Rette isolerklæbestød på SP90-sveller	185
Figur 223 – Etablering af skrå isolerklæbestød	186
Figur 224 – Præfabrikerede skrå isolerklæbestød	186
Figur 225 – Akseltæller	186
Figur 226 – Sporskiftets hoveddele	188
Figur 227 – Definition af hældning	189
Figur 228 – Sporskifte med kort kurve	189
Figur 229 – Sporskifte med lang kurve	190
Figur 230 – Hovedmål mv. for sporskifte DSB45 R190 1:7,5	190
Figur 231 – Sporskifte 1:9 & 1:7,5	192
Figur 232 – Sporskæring	194
Figur 233 – Forsat sporskifte	194
Figur 234 – Krydsningssporskifte	195
Figur 235 – Halvt krydsningssporskifte	195
Figur 236 – Transversal	195
Figur 237 – Diamantkrydsning	195
Figur 238 – Halve tungepartier	196
Figur 239 – Tungeparti med drejetap	197
Figur 240 – Tungeparti med fjedrende tunger på tungeplader	197
Figur 241 – Detaljer ved tungeparti med fjedrende skinnetunger	198
Figur 242 – Detaljer ved tungeparti med <i>fjedrende tunger</i> på glide stole	199
Figur 243 – Udpresset hæl	199
Figur 244 – Overskærende kørekantsforløb	199
Figur 245 – Tangerende kørekantsforløb	200
Figur 246 – Krydsningsparti	202
Figur 247 – Snit i skinnekrydsning	203
Figur 248 – Hjertestykblok-krydsning	203
Figur 249 – Hjerteblok-krydsning	203
Figur 250 – Hærdet skinnekrydsning	203
Figur 251 – Manganstål-krydsning UIC60 1:7,5	204
Figur 252 – Manganstål-krydsning med svejsbare ben	204
Figur 253 – Tvangskinneprofil af almindeligt skinneprofil	205
Figur 254 – Højt tvangskinneprofil	205
Figur 255 – Tvangskinneprofil UIC33	205
Figur 256 – Dobbeltkrydsninger	205
Figur 257 – Sporskifteelement for i-krumt sporskifte	207
Figur 258 – I-krummet-sporskifte	208
Figur 259 – U-krummet sporskifte	208
Figur 260 – Sporskifteelement for u-krumt sporskifte	209
Figur 261 – Minimumsradier i stamsporet for krumme sporskifter på betonsveller	210
Figur 262 – Skema til beregning af krumning af tungeparti	210
Figur 263 – Længder af mellem skinner i krumme sporskifter	211
Figur 264 – Drev med pallås fra før 1960	212
Figur 265 – Drev med rombelås fra før 1960	213
Figur 266 – Opskærligt drev type 1957	214
Figur 267 – Uopskærligt drev type DSB 1979 med indbygget aflåsning	214
Figur 268 – Uopskærligt drev type DSB 1994 med udvendig aflåsning	215
Figur 269 – Svelle-drev	215
Figur 270 – Snitbillede af vingeskiner og bevægelig hjertespid	217
Figur 271 – Bevægelig hjertespid	218
Figur 272 – Et enkelt sporskifte består af et sporskifte kort E	219
Figur 273 – Et forsat sporskifte består af to sporskifte kort F1 og F2	219
Figur 274 – Et krydsnings-sporskifte består af fire sporskifte kort K1, K2, K3 og K4	220
Figur 275 – En sporskæring består af to sporskifte kort S1 og S2	221
Figur 276 – Sporskifte kortets forside med stamdata og kontrolmål	221
Figur 277 – Sporskifte kortets bagside med måleskitse og evt. bemærkninger	222

Figur 278 – SUM trin 1: Vogne placeres under sporrammen	223
Figur 279 – SUM trin 2: Sporrammen køres væk	223
Figur 280 – SUM trin 3: Sporrammen løftes af vognene, så den kan trækkes ud for at blive brugt igen	224
Figur 281 – SUM trin 4: Den øverste del af SUM-udstyret køres til næste løft (f.eks. ilægning af ny sporramme)	224
Figur 282 – Skinneudtræk	226
Figur 283 – Princip i skinneudtræk	227
Figur 284 – Princip i skinneudtræk	229
Figur 285 – Friktions-sporstopper	234
Figur 286 – Høj bevægelig sporstopper med sandbunke	234
Figur 287 – Stopklods	234
Figur 288 – Høj fast sporstopper	235
Figur 289 – Sporets tracé	238
Figur 290 – Linjeføring	239
Figur 291 – Længdeprofil	240
Figur 292 – Påvirkning ved kørsel i kurve	241
Figur 293 – Definition på overhøjde	242
Figur 294 – Overhøjdeunderskud	243
Figur 295 – Overhøjdeoverskud	243
Figur 296 – IC3 i kurve med både overhøjde og	244
Figur 297 – Tvangsskinne i inderstrengen	246
Figur 298 – Negativ overhøjde	247
Figur 299 – Overgangskurve	248
Figur 300 – Ensvendte kurver	249
Figur 301 – Modvendte kurver	249
Figur 302 – Overhøjderampe mellem ret spor	250
Figur 303 – Overgangskurve og retlinet overhøjderampe mellem to ensvendte kurver	251
Figur 304 – Transversal	252
Figur 305 – Transversal i kurve og slangekurve i U-krumt sporskifte	252
Figur 306 – Sporvidde	253
Figur 307 – Minimums- og maksimumsmål for sporvidde og hjulpar	255
Figur 308 – S1002 hjulprofil	256
Figur 309 – Kontaktbånd på 60E2-skinne	256
Figur 310 – Hjul/skinne kontakt	256
Figur 311 – To-akslet vogn i en kurve med lille radius	257
Figur 312 – To-akslet vogn i kurve med relativ stor radius	258
Figur 313 – 4. generations S-tog i kurve. Akslerne stiller sig radiært	258
Figur 314 – Absolut beliggenhed, i form af længde- og kurveprofil, opmålt af landmålere	263
Figur 315 – Tracétable	264
Figur 316 – Referencepunkter på køreledningsmaster	264
Figur 317 – Referencemærke placeret på køreledningsmast	264
Figur 318 – Fejltyper for sporets relative beliggenhed	265
Figur 319 – Fejlklasser	266
Figur 320 – Koordinatsystem	266
Figur 321 – Spormekanik	267
Figur 322 – Frihedsgrader og ligevægtssystem	268
Figur 323 – Benævnelser for en bølge	268
Figur 324 – Bølger i bølger	268
Figur 325 – Målevognsdiagram for højderetning D1 og D2	269
Figur 326 – Kortbølgede højdefejl i klasse 4 i overgangszonen mellem strækningsspor og overkørsel	270
Figur 327 – Langbølgede højdefejl	270
Figur 328 – Sidebeliggenhedsfejll umiddelbart før tvangsskinne	270
Figur 329 – Overhøjde i forhold til kurvens drejning	272
Figur 330 – Forskel på måling af vridning og overhøjdens ujævnhed	272
Figur 331 – Grafisk analyse af projekteret og målt overhøjde	273
Figur 332 – Vridning	274
Figur 333 – Vridningsfejll i isolerklæbestød i venstre skinnestreg	274

Figur 334 – Sporvidde	275
Figur 335 – Snæver sporvidde forårsaget af dårligt laskestød	275
Figur 336 – Bred sporvidde pga. befæstelsen har skubbet sig i svellen	276
Figur 337 – Snæver sporvidde pga. ”skæg” (udpresset skinnehoved)	276
Figur 338 – Placering af GPS-koordinater	277
Figur 339 – Sammenligning af absolut landmåler-måling og relativ målevognsmåling	278
Figur 340 – Målevogn UFM120 fra Eurailscout som Banedanmark har indlejet i en længere årrække	280
Figur 341 – Sporskifte-målevogn trukket af en trolje	280
Figur 342 – Pilhøjde	281
Figur 343 – Overføringsfunktion for en målevogn.....	282
Figur 344 – Princippet for måling af sporvidde med OGMS	283
Figur 345 – Princippet for måling af skinneprofil med HSP og fremviser fra IRISSYS	283
Figur 346 – Målevognsdiagram fra maskinen (normalt i A3-størrelse)	285
Figur 347 – Målevognsdiagram, efterbehandlet med IRISSYS (se afsnit 16.5 på side 319).....	285
Figur 348 – KRAB måleinstrument, sammenfoldet	286
Figur 349 – KRAB måleinstrument, klar til måling	287
Figur 350 – KRAB måleinstrument, i brug.....	287
Figur 351 – KRAB måleinstrument, betjening.....	287
Figur 352 – KRAB målediagram.....	288
Figur 353 –Instrument til ubelastet måling monteret på MY-lokomotiv.....	288
Figur 354 – Højdebeliggenhed før og efter sporjustering	289
Figur 355 – Indstiksplader til befæstelse på S89 sveller	290
Figur 356 – ”Edderkop” monteret på rendegraver til mindre sporjusteringsopgaver	291
Figur 357 – Spor umiddelbart efter ballastrensning	292
Figur 358 – God kontra dårlig initialkvalitet	293
Figur 359 – Universal-justerings-maskine.....	294
Figur 360 – Detalje af stoppeaggregat & løfteaggregat.....	294
Figur 361 – Strækningsjusterings-maskine med satellit	295
Figur 362 – Universal-justeringsmaskine	296
Figur 363 – Princip for 3-punkts-metoden.....	296
Figur 364 – Princip for 3-punkts-metoden, fortsat	297
Figur 365 – Ballast-supplerings-tog	298
Figur 366 – Ballastfordeler.....	298
Figur 367 – DSM.....	299
Figur 368 – Profiler omkring vognkasse.....	303
Figur 369 – Koordinatsystem for fritrumsprofiler	303
Figur 370 – Overhøjdekorrektion af fritrumsprofil	304
Figur 371 – Kurvetillæg til fritrumsprofil	304
Figur 372 – Signal der er indenfor UT-begrænsningslinje, men udenfor fritrumsprofil	305
Figur 373 – Frisporsmærke i sporskifte.....	306
Figur 374 – Lineære assets på Jelling station.....	312
Figur 375 – Tabulært data for lineære assets på Figur 374	312
Figur 376 – SAP systemoverblik.....	314
Figur 377 – SAP hierarki.....	315
Figur 378 – Klassificering af teknisk plads.....	315
Figur 379 – Knudepunktsmodellen i GIS med spor, sporskifter, sporstoppere og baggrundskort.....	317
Figur 380 – Oversigtskort over svelletyper	318
Figur 381 – Vedligeholdelsesfaser	319
Figur 382 – Systemoverblik for IRISSYS.....	321
Figur 383 – Tilpasset diagram af højdebeliggenhed D1 for venstre skinne	322
Figur 384 – DeltaSigmaH-analysediagram	322
Figur 385 – Data-eksport af højdebeliggenhed	323
Figur 386 – Rasterisering af standardafvigelse	324
Figur 387 – Rapport med standardafvigelse	324
Figur 388 – ProArcWeb-visning af bladnummer 8370.....	325
Figur 389 – AM Kurveregister	326

Figur 390 – AM Sporlev..... 326

18. Stikordsregister

3

3-punktsmetoden; 296

A

Absolut beliggenhed; 14; 239; 240; 262; 263
 Adskilt befæstelse; 34; 36; 138
 Afbalanceret overhøjde; 242
 Afsnitsnummer; 309
 Afstandsjern; 108
 Akseltæller; 186
 AM Kurveregister; 326
 AM Sporlev; 326
 Amplitude; 265; 268; 269; 281; 297
 Angstlaske; 155; 198
 ArcGIS; 316
 Asset management; 308

B

Bagharp; 60
 Ballast pick-up; 32
 Ballastfordeler; 293; 298
 Ballastfrit spor; 45; 46; 290
 Ballastrensning; 59; 292
 Ballastskulder; 53; 54
 Ballastsupplering; 297
 Ballasttykkelse; 48; 89
 BaneGIS; 316; 317
 Banenorm; 13; 14; 24; 31; 93; 97; 180; 219; 232; 263; 265; 277; 304; 305; 306; 320
 Banenummer; 309
 Befæstelsesdele; 29; 125; 126; 127; 153; 159; 161
 Belastet måling; 279; 280
 Beskyttelsesskinner; 49; 50; 320
 Betonsvelle; 19; 33; 39; 40; 47; 48; 72; 75; 83; 85; 86; 87; 144; 148; 161; 179; 195; 198; 199; 206; 209; 210; 252; 253
 Bevægelig hjertespid; 216; 217
 BN1-107; 14; 97; 98; 100; 106; 107; 116
 BN1-14; 14; 219; 222
 BN1-154; 14; 306
 BN1-160; 14; 302
 BN1-166; 302; 304
 BN1-177; 14
 BN1-18; 302; 305
 BN1-38; 14; 24; 31; 180; 254; 259; 265; 269; 271; 273; 274; 279; 280; 289; 320; 324
 BN1-59; 302
 BN1-6; 14; 31; 52; 53; 59; 289

BN1-66; 14; 172; 175; 178
 BN1-95; 14; 232
 BN2-1; 14
 BN2-15; 14; 219
 BN2-19; 14; 52; 55; 57; 58
 BN2-202; 14; 93; 95
 BN2-4; 14; 52; 55; 58
 BN2-47; 14; 109; 118
 BN2-93; 14; 239; 240; 263
 BN2-94; 263; 264; 277
 Bred sporvidde; 276
 Brugelige ældre skinner; 97
 Bt; 20; 35; 36; 44; 81; 126; 136; 137; 163; 167; 177
 Btl; 20; 35; 44
 BTR; 309; 310; 311; 312; 313; 314; 317; 318; 320; 323; 324
 Bæreevne; 28; 52; 92
 Bøjningsmoment; 280
 Bølgelængde; 109; 259; 268; 269; 282

C

Centreringsseffekt; 257
 Centrifugalkraft; 241; 242; 248; 272
 Cf; 20; 36; 37; 38; 44; 74; 126; 138; 140; 159; 161; 163; 206
 Cfb; 19; 37; 38; 44; 161; 162; 206
 Cfz; 20; 37; 44
 Cil-plade; 147
 Cirkelbue; 239; 240; 248; 249
 Cr; 20; 36; 37; 44; 74; 126; 138; 139; 140; 153; 154; 155; 158; 159; 163; 177; 179; 182; 206
 Crz; 20; 37; 44

D

Db; 19; 34; 39; 40; 44; 126; 144; 145; 147; 148; 150; 164; 179; 182; 248
 Dbb; 44; 46
 Dbg; 19; 34; 39; 44; 144; 145; 146; 147; 164; 179
 Dbn; 19; 33; 39; 40; 44; 126; 130; 148; 150; 164; 179
 Dbr; 19; 39; 44; 130; 144; 145; 146; 147; 179
 Dbs; 19; 39; 44; 130; 144; 145; 147; 179
 Diamantkrydsning; 193; 195
 Dm; 19; 40; 44; 126; 150; 164; 179
 Dme; 19; 30; 41; 42; 44; 163
 Dmp; 19; 30; 41; 42; 44; 84; 126; 152; 164; 179

Dobbeltelastisk befæstelse; 33; 38; 43; 126; 141; 148; 179
 Dobbeltkrydsning; 193; 194; 204
 Dræn; 54
 D-skrue; 142
 Dt; 20; 38; 39; 44; 126; 141; 145; 163; 164; 179; 182; 239
 Dtz; 20; 38; 44; 143
 DVR90; 263; 264; 278
 Dynamisk Stabiliseringsmaskine; 299

E

Ekspansionsbolt; 151
 EN13146; 22
 EN13231; 22
 EN13232; 22
 EN13450; 22
 EN13674; 22; 110; 283
 EN13803; 22
 EN13848; 22; 266; 268; 280; 281; 284; 286
 EN14587; 22
 EN14730; 22
 EN15273; 302
 EN15302; 22; 259
 EN15689; 22
 Enkeltkrydsning; 193; 194
 Enkeltsporskifte; 188
 EN-standard; 22; 23; 24
 Ensvendte kurver; 249

F

Fast afmærkning; 14; 239; 240; 263; 291; 296
 Fast befæstelse; 45; 46; 48; 289; 290
 Fastclip; 30; 34; 41; 83; 126; 128; 152
 FC clip; 41
 FE clip; 41
 Fejlgrupper (ultralyd); 117
 Fejlklasser (sporbeliggenhed); 265
 Filter (målevogn); 281
 Finstofindhold; 59
 Fjederbøjle; 150; 206
 Fjederklemme; 36; 37; 38; 40; 138; 150; 159
 Fjedrebøjle; 151
 Fjedreklemme; 41; 140
 Flange; 257; 258
 Forsat sporskifte; 193; 194
 Frihedsgrader; 267
 Friktionssporstopper; 233
 Frispormærke; 306

Fritrumsprofil; 13; 301; 302; 303;
304; 305
Fuldskinneprofil; 202; 203

G

Gennemskydningsmodstand;
30; 179
GIS; 308; 312; 313; 316; 317; 318;
319; 320; 321
Gitterværk; 52
Glide stol; 153; 154; 159; 161;
162; 179; 196; 197; 198; 199
Grænseværdier; 262; 275; 285;
288; 321
Grøft; 53; 54; 114

H

Hageplade; 35; 36
Halvt krydsningssporskifte; 193;
195
Halvt tungeparti; 196
Hastighedsinterval; 262
High-Speed Profiler; 283
Hjertespid; 188; 202; 203; 217;
218; 246
Hjul/skinneforhold; 255
Hjulflange; 255
Hjulprofil; 83; 118; 256; 259
Hovedstrækningsnummer; 309
Hunting; 118; 259
Hvirvelstrømsmåling; 98; 115
Hældningsforhold; 189; 191
Højderetning; 265; 267; 284
Højdeslid; 97; 107; 169
Højhastighedsslibning; 118; 122

I

I-krum; 246; 247
Indgreb i langskinnesor; 181
Indløbsvinkel; 200
Indpasser; 97; 184
Indsporingkonstruktion; 49; 50
Inertibaseret målesystem; 281
Infrastrukturmodel; 309
Initialkvalitet; 265
IRISSYS; 273; 283; 285; 308; 313;
319; 320; 321; 322; 323; 324
Isolerklæbestød; 169; 172; 184;
185; 186; 267; 274; 320

J

Justeringsmaskine; 293; 294;
295; 296
Justeringsmaskinen; 294

K

Kabeltrugsvælle; 88

Klasse 4 fejl; 278; 284; 293; 319
Klemkraft; 30
Klemplade; 36; 37; 38; 39; 126;
127; 128; 129; 130; 138; 139;
140; 141; 142; 145; 146; 148;
149; 150; 153; 154; 158; 163;
164
Klempladebolt; 36; 139; 140;
144; 154; 156
Klæbestød; 172; 204
Knodepunktmodellen; 317
Kontaktbånd; 255; 256
Kontaktflade; 256
Kontrolmål (sporskifte); 222
Kontrolstænger; 212
Korkgummimellemlæg; 47
Korrektionsfaktor; 285
Kp2000; 263; 264; 277; 278
KRAB; 286; 287; 288; 320
Krydsningssporskifte; 193; 194;
195
Krængetog; 245
Kvalitetsklasser; 32; 56; 262; 265;
274
Kørekantsrevner (head
checks); 102; 104; 105
Køreskinne; 49; 50
Kørnerprik; 98

L

Lagtykkelser; 31
Langskinneregler 1978; 172
Langskinnesor; 31; 39; 98; 136;
141; 155; 169; 172; 174; 175;
177; 178; 179; 180; 181; 226;
239; 248; 267
Laske; 98; 155; 166; 169; 184;
204
Lasket spor; 98; 155; 166; 167;
172; 174; 182; 226; 267
Ledeskinne; 50
Lineære assets; 312
Linjeføring; 238; 239; 262; 264;
273; 277; 278; 296; 312; 326
Los Angeles prøve; 55
Længdeprofil; 59; 238; 240; 262;
263; 264; 273; 277; 278; 304;
320; 326
Længdeændring; 167; 168;
175; 176; 211; 226

M

Maksimal stigning; 240
Manganstålkrydsning; 202; 204
Manganstålkrydsning med
svejsbare ben; 202
Mellemlods; 156; 157; 159; 202;
203; 205
Mellemlæg; 38; 40; 41; 45; 150;
204; 206; 290

Mellemlægsplade; 126; 162
Mellemskinne; 197; 201
Mellemstang; 144; 145
Metaltræthed; 98
MFS-100; 60; 61
Miniprof; 107
Modvendte kurver; 249; 250
Monobloksvælle; 35; 38; 40; 82;
83; 152; 179; 256
Målebase; 265; 274
Måledata; 273; 284; 319; 320;
323
Målediagram; 288
Måleteknik; 268; 269; 281; 283
Målevogn; 116; 269; 275; 278;
279; 280; 282; 284; 285; 320
Målevogn, kalibrering; 284
Målevognskørsel; 259; 319

N

Neutraltemperaturområdet;
174; 178; 180
Normalbestemmelser; 17; 243;
244
Normkompleks; 14
Nyanlæg; 17; 93; 95; 136; 166;
214; 265

O

Opskærlige drev; 212; 213
Optical Gauge Measurement
System; 283
Overbygning; 17; 19; 20; 28; 29;
31; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41;
42; 43; 48; 74; 89; 126; 131;
132; 134; 136; 138; 140; 141;
143; 144; 146; 147; 148; 150;
152; 159; 161; 163; 164; 169;
206; 253; 256
Overbygningstype; 17; 33; 34;
35; 79; 81; 126; 127; 131; 135;
140; 163; 167; 169; 177; 182;
191; 248
Overføringsfunktion; 281; 282
Overgangskurve; 238; 239; 248;
249; 250; 251; 264; 273; 297
Overgangsskinne; 182
Overhøjde; 104; 238; 241; 242;
243; 244; 246; 247; 248; 250;
264; 265; 272; 273; 274; 284;
289; 304; 312
Overhøjdens ujævnhed; 272
Overhøjdeoverskud; 243
Overhøjderampe; 250
Overhøjdeunderskud; 104; 243;
244; 245; 246; 247; 248; 250

P

Pandrol VIPA; 48

Perrontunnel; 143
 Pilhøjdebaseret målesystem;
 281
 Planum; 28; 52; 53; 58; 59; 267
 ProArc; 17; 308; 325

R

R200; 95; 96
 R260; 95; 96; 104
 R350HT; 95; 96; 104; 203
 R75 bolt; 156
 R90 bolt; 154
 Rammestivhed; 36; 138; 175;
 177; 179
 Rasterisering; 323; 324
 Referencelinje; 268; 269; 277;
 278; 302
 Referencepunkt; 264
 Referencesystem; 262; 277
 Relativ beliggenhed; 259; 262;
 265; 267; 268; 271; 277; 278;
 279; 281; 284; 285; 289
 Relativ sporbeliggenhed; 31
 Ribbeunderlagsplade; 37; 47;
 138; 139; 140; 153; 156; 159;
 162; 198
 Rifler og bølger; 14; 89; 109; 118
 Rilleskinne; 93
 Rilleskinnesporskifte; 191
 RS (svelle); 19; 82; 144; 145; 146;
 148; 164; 275
 Rullende materiel; 22; 24; 28;
 30; 31; 32; 185; 191; 232; 235;
 274; 279; 280; 286; 299; 302;
 304; 305; 306
 Røpingklemme; 77
 Råjordsplanum; 28

S

S16 (svelle); 19; 30; 34; 41; 42;
 83; 126; 163; 275
 S75 (svelle); 19; 82; 148; 164
 S89 (svelle); 19; 41; 72; 82; 83;
 84; 85; 87; 150; 164; 290
 S99 (svelle); 19; 30; 34; 41; 72;
 83; 88; 126; 164
 Sampling distance; 284
 SAP PM; 308; 313; 316; 319
 Sideforskydning; 82
 Sideretning; 265; 267; 284
 Sideskinne; 188; 196; 198; 200;
 202; 205; 227
 Sideslid; 97; 107; 119
 Sinuskørsel; 118; 259
 Skinnebefæstelse; 30
 Skinnebrud; 98; 100; 102; 103;
 117; 173; 174; 180
 Skinnefejl; 95; 98; 101; 102; 115;
 116; 118; 123; 124
 Skinnefod; 36

Skinnefræsning; 118; 123
 Skinnehoved; 35; 102; 103; 104;
 106; 107; 118; 119; 122; 123;
 227; 255; 256; 283
 Skinnehældning; 40; 74; 83;
 256; 259; 280; 283
 Skinnehøvling; 118
 Skinnekrop; 95; 98; 102; 155;
 157; 174; 283
 Skinneoverkant; 102; 107; 266;
 267; 275; 283; 303
 Skinnepletter; 95; 103; 123
 Skinnepolitik; 14; 97
 Skinneprofil; 19; 33; 41; 93; 118;
 119; 124; 155; 169; 175; 182;
 188; 191; 196; 197; 198; 203;
 205; 244; 259; 283
 Skinneslibning; 14; 35; 83; 93;
 104; 109; 118; 119; 283; 319;
 320
 Skinneslid; 106; 283
 Skinnestød; 169
 Skinnetunge; 198
 Skinnetyper; 93
 Skinneudtræk; 29; 47; 48; 175;
 183; 193; 225; 226; 227; 229;
 320
 Skinnevandring; 30; 168
 S-klemme; 76
 Skærveballast; 55; 178
 SL (svelle); 19; 82; 144; 145; 146;
 148; 164; 275
 Slibetog; 119; 121; 123
 Slibning, akustisk; 122
 Slibning, præventiv; 118; 122
 Smuldprocent; 55
 Snæver sporvidde; 124; 275;
 276
 Solkurve; 52; 53; 98; 173; 174;
 178; 182; 269; 299
 SO-plan; 267; 303; 304
 SP90 (svelle); 19; 85; 209
 Spiger; 35; 177
 Spiral (træsvelle); 80
 Sporaftand; 14; 192; 232; 252;
 301; 306
 Sporbeliggenhed; 14; 178; 239;
 242; 262; 263; 265; 267; 272;
 275; 277; 279; 280; 281; 284;
 285; 319; 320
 Sporforskydning; 182
 Sporjustering; 43; 50; 53; 59; 63;
 89; 118; 215; 262; 265; 273;
 285; 289; 290; 291; 292; 294;
 319; 320; 321
 Sporkasse; 53; 62; 88
 Sporkvalitet; 59; 89; 271
 Spormekanik; 267
 Spornummer; 311
 Sporombygning; 82; 118; 166;
 181
 Sporregler; 13; 15; 16; 17; 79;
 167; 178; 179; 182; 238; 239;

240; 243; 245; 248; 249; 250;
 251; 252; 254
 Sporskifte; 14; 17; 18; 19; 29; 36;
 47; 75; 85; 89; 118; 121; 126;
 129; 138; 155; 158; 159; 162;
 172; 179; 187; 188; 189; 191;
 192; 194; 195; 197; 198; 199;
 200; 204; 206; 207; 208; 209;
 210; 211; 213; 214; 216; 217;
 219; 220; 221; 222; 223; 227;
 238; 242; 246; 247; 252; 255;
 257; 294; 295; 299; 306; 312;
 316; 317; 320
 Sporskiftedrev; 212
 Sporskiftkort; 219
 Sporskæring; 193; 194
 Sporstopper; 232; 233; 234; 235;
 317; 320
 Sporudvekslingsmateriel (SUM);
 223
 Sporvidelse; 200; 227; 254
 Sporvidde; 22; 30; 46; 72; 76; 79;
 81; 82; 108; 118; 124; 200;
 222; 227; 253; 254; 255; 257;
 259; 265; 275; 280; 282; 283;
 284; 289
 Spændeplade; 155; 157
 Spændering; 133; 135; 137; 139;
 153; 154; 156; 159; 161
 Spændingsfordeling; 29
 Spændingsfri; 180
 Spændingsfri temperatur; 180
 Spændingsudligning; 14; 41;
 98; 172; 178; 180; 181
 Spændingsudligningstemperat
 ur; 174
 SS skrue; 139
 SS-2 skrue; 151; 164
 SS4 skrue; 162
 Stabilgrus; 58
 Stabilitet; 53; 299
 Stamspor; 188; 200; 222; 247;
 306
 Standardafvigelse; 271; 323;
 324
 Stødspillerum; 167; 174; 267
 Stødspor; 165
 Støj; 45; 46; 118; 122; 185
 Stålsvelle; 43
 Ståltipe; 95
 Svelleafstand; 166
 Svelleskrue; 35; 36; 40; 73; 84;
 126
 Svellesål; 89

T

T-bolt; 155; 157; 159; 160
 Teknisk meddelelse; 12; 13
 TEN-T; 12; 24; 254
 TH-bolt; 160
 TIB; 309; 320

Tobloksvælle; 38; 39; 40; 46; 82; 253
Transversal; 193; 195; 252
Tredelt sporskifte; 194
Trækapparat; 180
Træsvælle; 18; 38; 48; 72; 73; 76; 79; 97; 119; 136; 141; 179; 206; 253
TSI; 12; 24; 93; 254; 259; 273; 306
Tungeparti; 153; 154; 159; 161; 188; 194; 196; 197; 198; 199; 201; 207; 210; 211; 222; 226
Tungeprofil; 196; 197; 198
Tungestøtte; 154; 155; 196
Tvangskinne; 156; 157; 159; 161; 202; 205; 206; 217; 246; 247; 270
Tvangskinneprofil; 156; 157; 202
Tvangskinneprofil UIC33; 205
Tværprofil; 14; 28; 31; 52; 53; 283; 289; 297
Tværstang; 48; 82

U

Udmattelsesfej; 118
Udpresset hæl; 198; 199
UIC; 12; 23; 24; 33; 89; 101; 130
UIC 712; 101
U-krum; 208; 217; 246; 247
Ultralydskontrol; 97; 98
Ultralydsmåling; 115
Underballast; 14; 28; 52; 55; 58; 59; 62; 63; 326
Underbygning; 28; 31; 178; 183
Underlagsplade; 35; 36; 79; 81; 126; 131; 133; 134; 153; 154; 156; 159; 160; 196; 206; 209
Undtagelsesbestemmelser; 17; 243; 244
Uopskærlige drev; 212; 214
USP; 89
UT-begrænsningslinje; 305
UTM/ETRS89; 263

V

Valsemærke; 93; 95; 96

Vignoleskinne; 92
Vingeskinne; 188; 202; 203; 217
Vinkelføringsplade; 40; 126; 150
Vridning; 30; 265; 272; 274; 280; 284; 289; 293; 321
Vridningsmodstand; 30; 179

X

xyz-koordinater; 262; 264

Æ

Æbleskivebolt; 36
Ækvivalent konicitet; 22; 24; 118; 259

Ø

Ønskelige bestemmelser; 17

Å

Åndningszone; 175

Hvad er et jernbanespor?

Hvorfor ligger den ene skinne højere end den anden i kurver?

Hvor meget plads skal der være rundt om sporet for at togene ikke støder ind i noget?

Er en sporstopper en maskine eller et objekt?

HVILKE DELE ER DER I ET SPORSKIFTE?

Hvordan dimensioneres et jernbanespor til at modstå påvirkningen fra togene der kører på det?

Hvor stor må en fejl være for, at den udgør en sikkerhedsrisiko?

HVOR FINDER JEG REGLERNE FOR ... ?

Spørgsmålene indenfor emnet sporteknik er mange. Et jernbanespor er i høj grad mere komplekst end et par stålstænger, nogle bredder og en masse sten.

Sporet og dets komponenter er opbygget og sammensat gennem erfaringer fra siden de første jernbaner blev bygget og på kompleks teori om fysikken i samspillet mellem sporet, det der kører på det og omgivelserne. Helt grundlæggende skal sporet tjene som kørebane for det rullende materiel. Det skal have tilstrækkelig bæreevne til at kunne tåle belastningen fra togene, som skal sikres en så rolig og sikker kørsel som mulig og det skal derfor dimensioneres sådan, at de indgående dele virker sammen på bedste måde og sammen danner en enhed, der bærer togene og overfører belastningen til jorden nedenunder.

Sporteknik er en grundbog der beskriver danske jernbanespors opbygning, komponenter og funktion, indenfor følgende emner:

- Tekniske regler
- Opbygning af sporet
- Ballast
- Sveller
- Skinner
- Befæstelsesdele
- Lasket spor/stødspor
- Langskinnespor
- Sporskifter
- Skinneudtræk
- Sporstoppere
- Tracé og hjul/skinneforhold
- Sporets beliggenhed
- Fritrumsprofiler
- Asset management