



Jernbaneverket



Slik fungerer jernbanen

Innhold

Introduksjon	1
Dette er Jernbaneverket	2
Samspillet kjøreveg og materiell	8
Strømforsyning	14
Signalanlegg	24
Teleanlegg	34
Ordforklaring	40

Dette informasjonsheftet er basert på «Slik fungerer jernbanen. Samspill mellom spor, banestrømforsyning, signal- og sikringsanlegg, teleanlegg og rullende materiell», utgitt i 1993 av NSB Gardermobanen AS og daværende NSB Banedivisjonen med bistand fra AS Civitas.

Utgiver: Jernbaneverket,
Hovedkontoret,
informasjonsavdelingen

Revisjonen: AS Infraplan ved siv.ing.
Jens Olaf Haddeland

Design: King Design AS

Foto: Anders Håkonsen og
Rune Fossum m.fl.

Illustrasjoner: Hans Haugen

Trykk: Offset Forum AS
Svanemerket papir

Oktober 1999

Introduksjon

Framføring av tog kan i utgangspunktet virke som en relativt enkel sak. Skinnene styrer hvor toget kan gå. Toget drives enten med diesel eller elektrisk strøm. Øker trafikken, kan vel togene gå tettere, eller vi kan koble på flere vogner? Og skal det kjøres fortere, hvorfor ikke bare få tak i sterkere lokomotiver?

Så enkelt er det nok ikke. Framføring av tog er et puslespill som er langt mer komplisert enn det kan synes i utgangspunktet.

Ulykker med tog kan få alvorlige konsekvenser. Derfor stilles det spesielt store krav til sikkerhet – noe som gjør at ulykker med tog sjelden skjer. Styling ved hjelp av øyekontakt alene er ikke tilstrekkelig.

Fordi hoveddelen av Norges jernbanelinje er enkeltsporet, må det tas mange spesiell hensyn. Møte mellom tog skjer på stasjoner med kryssingsspor eller på kortere eller lengre kryssingsstrekninger.

Nærmest Oslo, hvor jernbanen er dobbeltsporet, har togene forskjellig stoppmønster og motorytelse. Raske tog med få stopp forsinkes av forangående lokaltog med mange stopp.

I Norge står vi nå foran en storstilt satsing på jernbanen. Utbygging av Østfoldbanen og Vestfoldbanen gir sammen med utbygging av Gardermobanen de første togstrekningene i Norge hvor togene kan gå i 200 km/time.

Det er lett å forstå at når togenes fart skal økes til 200 km/time eller mer, kreves en rettere trasé og togmateriell med større trekraft. I tillegg stilles andre krav blant annet til strømforsyningen og signalanlegg enn ved dagens framføringshastighet.

Dette informasjonsheftet gir en forklaring på hvordan jernbanesystemet fungerer. Hovedvekten legges på en innføring i jernbanens elektrotekniske anlegg.

- **Elektrotekniske anlegg** er en fellesbetegnelse på jernbanens strømforsyning, signalanlegg og teleanlegg.
- **Strømforsyning** gir energi til togenes framdrift.
- **Signalanlegg** gir trafiksikker togframføring og en optimal utnyttelse av sporenes kapasitet.
- **Teleanlegg** gir nødvendig kommunikasjon til togframføring og publikum.

Jernbanelinjen

Jernbanelinjen er statens fagorgan for jernbanelinjevirkning, som planlegger, videreutvikler og driver det offentlige jernbanelinjenettet. Jernbanelinjen stiller jernbanelinjenettet tilgjengelig for aktuelle operatører, hvorav NSB BA er den dominerende.

Utvikling og drift av det offentlige jernbanelinjenettet er derfor en samfunnsoppgave, som utvikling og drift av annen samfunnsmessig infrastruktur.

SLIK FUNGERER JERNBANEN



Better Jernbaneverket



Jernbaneverket driver og utvikler banenettet

Jernbaneverkets fundament

Jernbaneverket skal

- være statens fagorgan for jernbanevirksomhet
- forvalte og utvikle det offentlige jernbanenettet
- utøve trafikkstyring
- være fordelingsorgan for det nasjonale jernbanenettet
- være sportilgangsmyndighet for det offentlige jernbanenettet
- forvalte nasjonalt regelverk for jernbane, herunder teknisk regelverk og trafiksikkerhetsregelverk
- sikre ivaretagelse av samfunnsinteressene knyttet til jernbanevirksomheten

Jernbaneverkets produkt er

- et jernbanenett som tilfredsstillende samfunnets og markedets krav til sikkerhet, tilgjengelighet, hastighet, aksellast, togtetthet, lasteprofil, komfort/opplevelse, miljø og publikumsinformasjon.
- jernbanestasjoner/terminaler, herunder publikumsarealer, adkomster, parkeringsplasser og øvrige offentlige fasiliteter som er nødvendige for brukere av togtjenester.
- ruteplaner og enkeltruter, i form av tildelte ruteleier på jernbanenettet.
- trafikkstyring, i form av operativ togledelse av trafikken på jernbanenettet.
- nasjonale normer som setter krav til eiere av jernbanenett og tog med hensyn til:
 - teknisk utforming av jernbanenett og rullende materiell
 - trafikkering og trafiksikkerhet
 - kompetanse for nøkkelpersonell.
- statlige utredninger og planer innen jernbanesektoren, herunder bidrag til samfunnsutvikling innen jernbanesektoren som helhet, og på tvers av jernbanesektoren og øvrige sektorer.

Jernbaneverkets interesser

- Staten som eier, representert ved Storting, regjering og departement.
- Brukere av jernbanenettet (operatører).
- Opinion, herunder trafikkutøvernes kunder og potensielle reisende med jernbane.
- Myndigheter, herunder offentlige tilsynsorganer m.v.
- Ansatte i Jernbaneverket.

Det er lagt til grunn følgende suksesskriterier for å lykkes overfor våre interesser:

- Sikkerhet
- Pålitelighet
- Miljøvennlighet
- Styring og kontroll
- Samarbeid og engasjement
- Utvikling

Jernbaneverkets organisasjon

Jernbanedirektøren er Jernbaneverkets øverste leder.

Hovedkontoret, som består av en myndighetsdel og en støttedel, ivaretar overordnet koordinering av Jernbaneverkets samlede virksomhet, og legger som myndighetsorgan premissene for det statlige jernbanenettet, samt trafikk og aktiviteter knyttet til dette.

De fire regionene og Utbygging står i eiers sted hva angår forvaltningen og utbyggingen av det offentlige jernbanenettet.

Forretningsenhetene, som selger varer og tjenester både til Jernbaneverket og til eksterne, er:

- *Baneservice*, som er Jernbaneverkets entreprenørenhet.
- *Bane Partner*, som er Jernbaneverkets rådgivende ingeniørenhet.
- Bane Energi*, som er Jernbaneverkets energiverk.
- Bane Tele*, som er Jernbaneverkets televerk.

Norsk Jernbanemuseum ivaretar historisk dokumentasjon og formidling av jernbanehistorien i Norge.



Jernbanen som samfunnselement

Det offentlige jernbanenettet er en viktig del av samfunnets infrastruktur for transport og samferdsel. Utvikling og drift av det offentlige jernbanenettet er derfor en samfunnsoppgave som må sees i sammenheng med utvikling og drift av annen samfunnsmessig infrastruktur.

Det må sikres satsing på jernbane der dette er riktig for samfunnet som helhet, dvs. at det ikke satses på jernbane der det for samfunnet er riktig å velge andre transportløsninger. Ny jernbaneinfrastruktur skal i samspill med annen infrastruktur påvirke hvor og hvordan utviklingen i samfunnet skjer.

Det er viktig at politiske beslutningstagere får et objektivt og faglig godt fundert beslutningsgrunnlag for sine prioriteringer og vedtak. På denne bakgrunn blir samfunnsøkonomisk nytteverdi beregnet for alle tiltak i jernbanenettet. Sammenligningen av samfunnsøkonomisk nytte i forhold til kostnad er et faglig viktig grunnlag for beslutninger på tvers av samfunnets ulike sektorer.

For å sikre at samfunnet får mest mulig nytte av midlene benyttet til jernbane, legger Jernbaneverket følgende prioriteringer til grunn:

- Drift av eksisterende anlegg
- Vedlikehold/fornyelse av eksisterende anlegg
- Fullføring av igangværende investeringsprosjekter
- Investeringer for bedre driftsforhold i eksisterende anlegg
- Oppstart av nye utbyggingsprosjekter

Jernbaneverket legger til grunn at de enkelte investeringsprosjektene skal gjennomføres i et optimalt tempo. Svingninger i tempo for igangsatte prosjekter, særlig perioder med stans i gjennomføringen, medfører store ekstrakostnader. Det er viktig at igangsatte tiltak gjennomføres i riktig tempo, og at fullføring av igangværende prosjekter prioriteres før oppstart av nye.



Jernbanenettet i Norge

Jernbanenettet i Norge er første generasjons jernbanenett. Traséene er hovedsaklig lagt for 100-150 år siden. Det er få strekninger hvor moderne rullende materiell kan utnytte sitt hastighetspotensial.

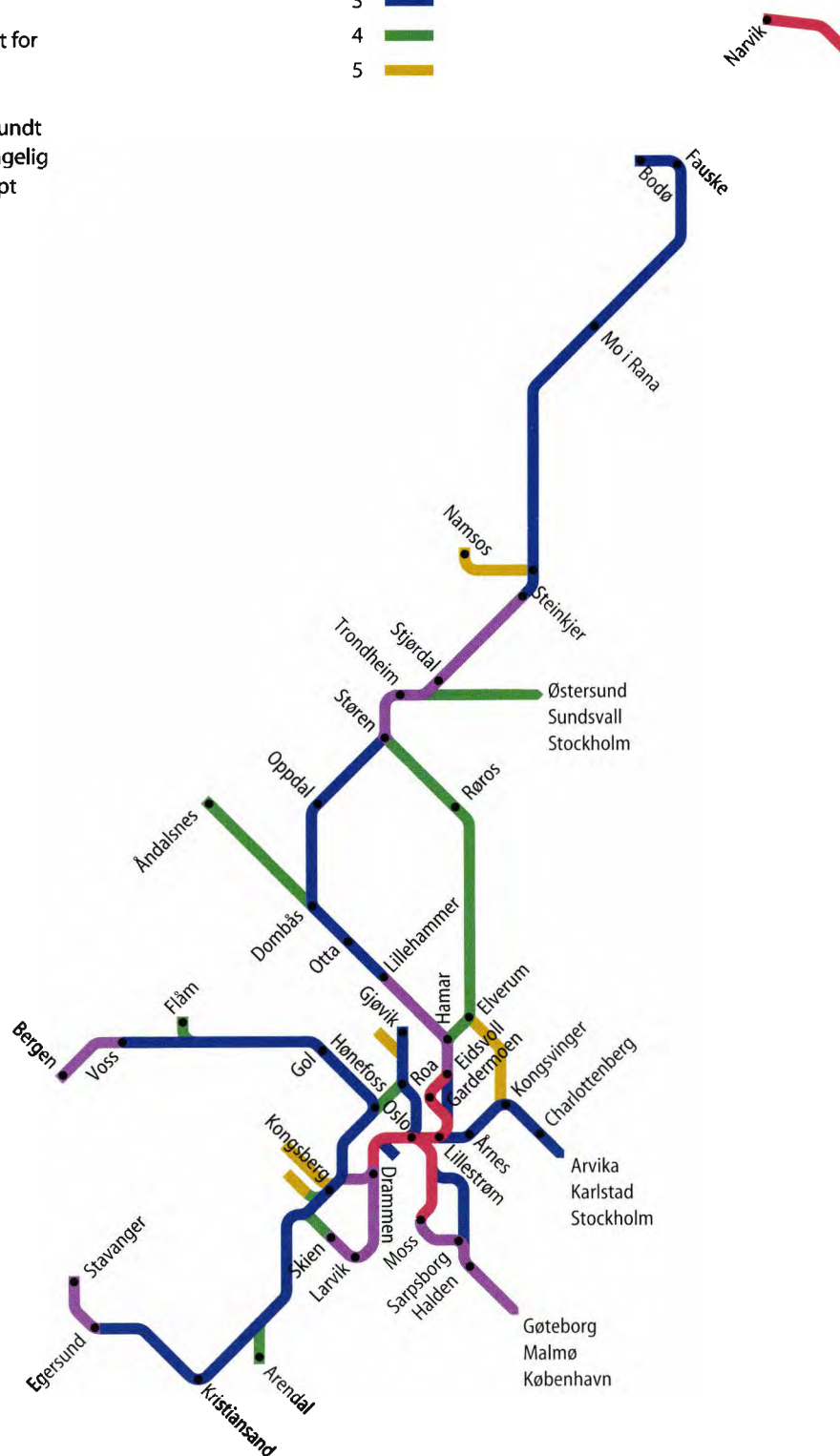
Mange steder har jernbanenettet for liten kapasitet til å produsere det optimale togtilbudet som markedet etterspør. Bortsett fra flaskehalsen rundt Oslo, er det imidlertid fortsatt tilgjengelig kapasitet som kan utnyttes til nyskapt eller overført trafikk.

Banenettet klassifiseres i fem prioriteter, hovedsaklig basert på:

- dagens bruk av banenettet
- forventet trafikkutvikling
- samfunnsmessig nytte

Baneprioritet

- 1 █
- 2 █
- 3 █
- 4 █
- 5 █

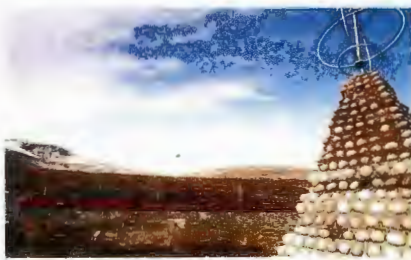




Bergensbanen



Dovrebanen



Nordlandsbanen



Sørlandsbanen



Raumabanen



Ofofbanen

Nøkkeltall for strekninger av det offentlige jernbanenetet

	Antall km bane	Km bane V > 100 km/h	Km bane V > 150 km/h	Km dobb. spor	X-spor > 600m	Antall tunneler	Antall broer
Nordlandsbanen	729	203	0	0	24	156	361
■ Sørlandsbanen (Drammen-Stavanger)	545	131	13	0	16	190	495
■ Dovrebanen (Eidsvoll-Trondheim)	485	186	0	0	36	39	384
Rørosbanen (Hamar-Støren)	383	113	0	0	7	6	291
■ Bergensbanen (Hønefoss-Bergen)	372	96	9	0	16	154	187
■ Østfoldbanen vestre linje	170	91	22	57	9	16	190
■ Vestfoldbanen	149	40	4	0	0	16	117
■ Gjøvikbanen	124	0	0	3	2	7	102
■ Kongsvingerbanen	115	74	0	0	7	0	49
Raumabanen	114	56	0	0	1	6	100
Solørbanen	94	0	0	0	0	0	31
■ Østfoldbanen østre linje	80	0	0	0	1	2	42
■ Bratsbergbanen (u/Nordagutu-Hj.bø)	74	4	0	0	0	29	69
Meråkerbanen (Hell-Storlien)	71	0	0	0	0	1	64
■ Hovedbanen (Oslo S-Eidsvoll)	68	44	0	21	6	2	62
■ Randsfjordbanen (Hokksund-Hønefoss)	54	19	0	0	0	0	27
Namsoslinjen	51	0	0	0	0	5	22
Valdresbanen (Eina-Dokka)	47	0	0	0	0	0	11
Numedalsbanen (Kongsberg-Rollag)	46	0	0	0	0	4	18
■ Drammenbanen (Oslo S-Drammen)	42	30	0	41	-	11	58
■ Ofofbanen	42	0	0	0	1	20	6
■ Arendalsbanen	37	0	0	0	0	3	16
■ Roa - Hønefosslinjen	32	0	0	0	0	3	25
■ Gardermobanen (Gardermoen-Eidsvoll)	17	17	16	13	-	2	12
■ Flåmsbanen	20	0	0	0	0	21	2
■ Spikkestadlinjen	14	4	0	0	0	0	12
■ Gardermobanen (Oslo S-Gardermoen) (eies av NSB Gardermobanen AS)	51	31	31	51	-	0	1
Sum	4026	1139	95	186	126	693	2754

- elektrifisert jernbane-strekning
- ikke elektrifisert jernbane-strekning

I tillegg til strekningene i tabellen over, omfatter det offentlige jernbanenetet bl.a. strekningene:

- Stavne - Leangen
- Alnabru - Grefsen
- Alnabru - Loenga

S L I K F U N G E R J E R N B A N E N



Såmpillet kjøreveg og n



Framføring av tog – hva kreves?

Kjørevegen – mer enn skinner

Fundamentet for jernbanens spor er underbygningen

- **Underbygningen** består av massen som jernbanesporet – sviller og skinner – ligger på. På mange av de gamle banestrekningene er banenettet bygget med for smale fyllinger i forhold til de kravene moderne togtrafikk stiller.
- **Overbygningen** består av ballast/pukk, sviller, skinner og sporveksler. Tidligere var svillene av impregneret tremateriale, etter hvert er disse blitt skiftet ut med betongsviller.
- **Stasjonene** er en del av jernbanens kjøreveg. Her utveksles informasjonen som gir sikker togframføring. På enkeltsporede baner er det som regel kryssingsspor på stasjonene.
- På **godsterminalene** lastes og losses godstogene. Gods mottas, sorteres, videreformidles og kan lagres. Moderne godsterminaler har kortere terminaltid for gods enn eldre terminaler, og dermed forkortes også framføringstiden.

Elektrotekniske anlegg

I jernbanens kjøreveg inngår også de elektrotekniske anlegg

- **Strømforsyning** gir lokomotivene krafttilførsel på de banestrekningene der det er elektrisk drift. Strømmen kommer til lokomotivet via kontaktledningsanlegget, går gjennom lokomotivenes strømvaktaker og gjøres om til trekraft. På linjer som ikke er elektrifisert, benyttes dieseldrevet togmateriell.
- **Signalanlegg** sørger for en trafiksikker togframføring og at linjenes kapasitet utnyttes best mulig. Teknikken muliggjør at togtrafikken også kan fjernstyres gjennom fjernstyring av signalanleggene.
- **Teleanlegg** gir nødvendig samband for togframføringen, og sørger for at de tekniske anlegg fungerer som de skal.

Materiell – mange ulike typer

Lokomotiv med vogner eller motorvognsett

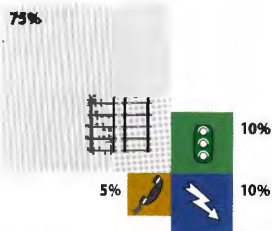
Godsvogner og personvogner trekkes enten med elektrisk eller dieseldrevne lokomotiver.

Også *motorvognene*, hvor trekraften i et motorvognsett ligger, kan både være elektrisk- eller dieseldrevet.

Både moderne lokomotiver og motorvogner har egne dataanlegg ombord, og alle nødvendige anlegg for samband og sikringssystem.

I tillegg finnes skiftelokomotiver og skinnetraktorer som brukes til å sette sammen og dele tog.

Kjørevegens fire hovedelementer



Grov fordeling av utbyggingskostnader

Strømforsyningsanlegg

Fører kontaktledningsspenning til lokomotivets strømvaktaker. Står for om lag 10 prosent av utbyggingskostnadene.

Signalanlegg

Sikrer trygg, rask og punktlig togframføring. Står for om lag 10 prosent av utbyggingskostnadene.

Underbygning

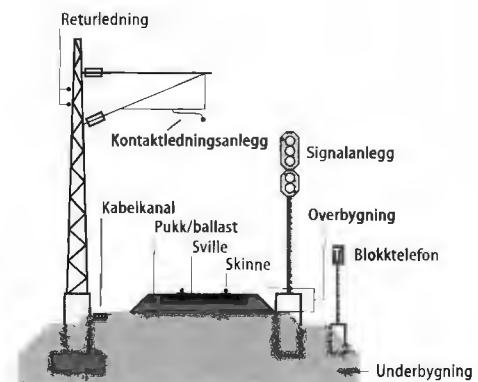
Sikrer at sporet ligger stabilt. Står for om lag 50% av utbyggingskostnadene.

Teleanlegg

Sikrer nødvendig samband.

Overbygning

Sikrer at krav til aksellast, komfort, sikkerhet og hastighet ivaretas i togframføringen.



Hva skal til for at tog kan kjøres i 200 km/time?

Høyeste tillatte hastighet på banenettet i Norge i dag varierer fra 60 km/time til normalt 130 km/time. På noen strekninger tillates 160 km/time, på noen få 210 km/time. Bare 35 prosent av banenettets totale lengde tåler mer enn 100 km/time.

Nye jernbaneparseller bygges nå normalt for en fart på 200 km/time. Gardermobanen er den første hele jernbanestrekning som trafikkeres med tog med 210 km/time. Dobbeltsporet Ski-Moss får en standard som på lange strekninger tillater hastigheter på 200 km/time. Både Østfoldbanen og Vestfoldbanen planlegges med sikte på at togene kan gå i 200 km/time på mesteparten av banestrekningene.

Hva skal så til av forbedringer for at togene i Norge skal kunne trafikkeres med en fart på 200 km/time?

Bedre trasé

For å ivareta passasjerenes komfort i kurvene, trenger konvensjonelt togmateriell en kurveradius på 1 800-2 400 meter for å kjøre i 200 km/time. Et tog som krenger i svingene kan trafikkeres i 200 km/time med en kurveradius ned mot 1 200-1 400 meter.

Tyngre tog krever kraftigere skinner. Når farten er stor, kreves det at skinnene ligger svært stabilt mot underlaget. Kravene til sporets underbygning og

overbygning blir derfor vesentlig strengere enn på dagens nett. Dette muliggjør også bruk av tyngre godstog.

For å ivareta sikkerhet og krav til punktlighet, tillates ikke planoverganger på høyhastighetsbaner. Skal jernbanen bruke høyhastighetstog på enkeltsporede strekninger, er det nødvendig med lange dobbeltsporseksjoner – på rett sted i forhold til rutetabellen – dersom togene ikke skal tape tid fordi de må stoppe for å vente på kryssende tog.

Forbedret strømforsyning

Raske tog bruker mer energi enn dagens mer langsomme tog. Dette krever både økt energiproduksjon og økt energi-overføringskapasitet fram til lokomotivene/motorvognene. For å få god strømoverføring fra kontaktledningsanlegget til materiellets strømtakere, stilles det i 200 km/time også store mekaniske krav til kontaktledningsanlegget – større enn hva de fleste av dagens jernbanestrekninger kan oppfylle.

Endret signalanlegg

Når togenes hastighet skal overstige 130-160 km/time, kreves endret signalanlegg. Større fart krever eksempelvis en annen signalplassering enn dagens system, og et annet system for å sikre sporveksler. I tillegg kreves det sikker overføring av hastighetsinformasjon til lokfører, utover den informasjonen som gis av optiske signaler.

Moderne materiell

200 km/time nødvendiggjør betydelig bedre ytelser på togenes trekkraftenhet enn andre tog gir.

Et dieseltog vil kreve så tung trekkraftenhet at det i vårt kuperte land i praksis blir vanskelig å oppnå 200 km/time.

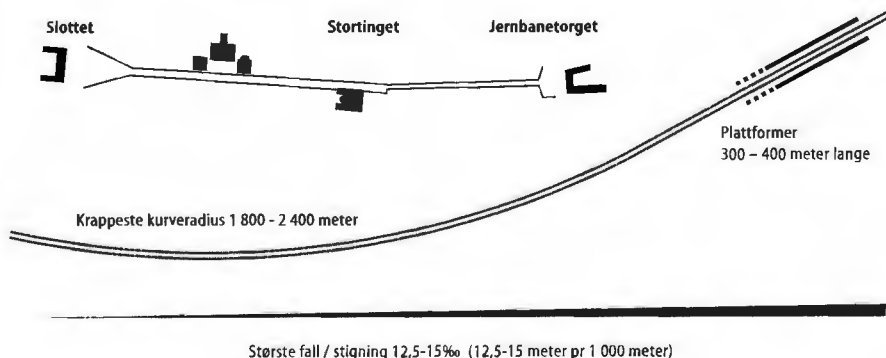
For å få en stabil krafttilførsel, kreves det en særlig finslipt teknologi når farten øker. Moderne datateknologi har gjort dette enklere å få til enn tidligere.

Når togenes hastighet overstiger 150-160 km/time i tunneler, opplever passasjerene ubehag i form av trykkendringer. Vognene må derfor trykktettes.

Moderne materiell som går i 200 km/time støyer i seg selv ikke mer enn øvrig materiell i lavere hastigheter.

Krav til trasé for 200 km/time.

Kartet av Karl Johans gate fra Jernbanetorget til Slottet illustrerer dimensjonene.



Mulig plassering av driftsveg. Driftsveg legges fortrinnsvis annet sted enn på formasjonsplan



Trasébredde ca. 15 meter

Jernbanens trasé og stasjoner

Korte rettstrekninger og overgangskurver

Mer enn halvparten av dagens jernbanenett består av rettstrekninger eller kurver med større radius enn 2 400 meter. Denne halvparten er dessverre fordelt på mange korte strekninger med mellomliggende kurverike partier, slik at høyhastighetstog får liten glede av rettlinjen.

Jernbane i horisontalkurver legges normalt med overhøyde – eller tverrfall som det heter på vegspråket. Ytre skinne er da løftet i forhold til indre. Overhøyden bygges opp i overgangskurvene.

De korte overgangskurvene gjør at vi i Norge i dag ikke kan utnytte krengetogenes egenskaper fullt ut. Krengeingen opparbeides gjennom overgangskurven. Krengetog med aktiv krengeing trenger et par sekunder på å innstille seg på krengeing etter at overgangskurvene begynner. I Sverige, der krengetog benyttes, er overgangskurvene lengre.

Godstogene dimensjonerer også

Stigningene kan begrense godstogenes størrelse. Både av hensyn til godstog og høyhastighetstog anbefales internasjonalt at stigningene ikke er brattere enn 12,5-

15 promille (12,5-15 meter pr. kilometer) ved nybygging. Ofte vil det bli så dyrt å oppnå en så slak stigning at brattere vertikalkurvatur må aksepteres.

På nybygde deler av nettet etterstrebes gjerne tilrettelegging for opp til 25 tonn aksellast. Det planeres gjerne for 7 meters bredde på enkeltspor og 12 meter for dobbeltspor i dag, mot tidligere 6 meter for enkeltspor og 11 meter for dobbeltspor.

Antall spor bestemmer kapasiteten

Kapasiteten en strekning har, avhenger både av antall spor, signalsystemet, materiellet og togtilbudet som gis. Blandes langsomme og raske tog, reduseres kapasiteten.

Enkeltspor med kryssingsspor, som er det vanlige i Norge, har en kapasitet på 2-7 tog pr. time til sammen i begge retninger, avhengig blant annet av kryssingssporenes lengde og sikringsmåte, og avstanden mellom dem.

Dobbeltspor kan på korte strekninger (eksempelvis Oslostunnelen) både ha en teoretisk og praktisk kapasitet på 40 tog pr. time (1 tog pr. 3 minutt hver vei, forutsatt at alle tog kjører like fort). Normalt er ikke praktisk kapasitet mer enn 20-24 tog pr. time. Dette er togtettheten på dagens dobbeltspor Oslo-Ski, Oslo-Asker og Oslo-Lillestrøm i høyest belastede timer.

Fire spor kan gi en praktisk kapasitet som nærmer seg den teoretiske kapasiteten. Praktisk kapasitet vil være fra 60-80 tog pr. time til sammen i begge retninger. Jo mer like kjøremønstre det er på de to dobbeltsporene, jo høyere er den praktiske kapasiteten.

Persontrafikk: stasjonene en del av kjørevegen

Jernbaneverket har egne retningslinjer for hvordan ulike nivåer av stasjoner eller terminaler skal utformes.

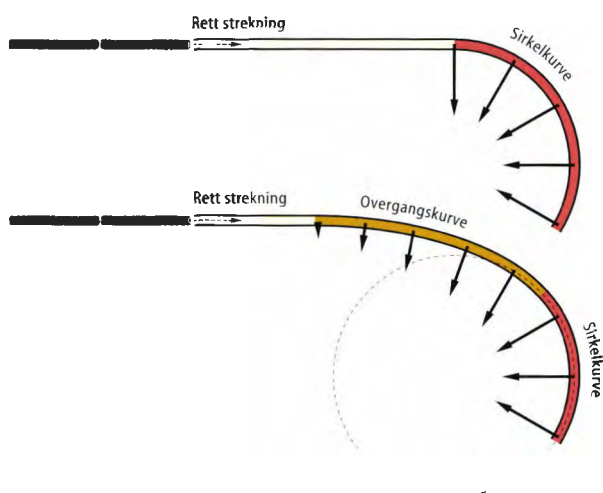
Holdeplasser er den enkleste form for «stasjoner».

Serviceivået på en *stasjon* avhenger av mange forhold. Mens små stasjoner kan være ubetjente med leskur eller plattformhus, har store stasjoner gjerne mange fasiliteter, slik som betjent billettsalg, venterom, kiosk eller butikk, innfartsparkeringsplasser mm.

Ved etablering av nye banestrekninger tilstrebes plattformlengder på 250 og 350 meter for hhv. nærtrafikkplattformer og fjerntrafikkplattformer.

Godstrafikk: terminaler

Containerbaserte terminaler for godstransport trenger lastegater til tog med lengder opp imot 650 meter og ofte store arealer til lagring og omlasting av containere til bil.



Uten overgangskurve: Sirkelbevegelsens sidekrefter virker momentant på toget i det øyeblikk toget entrer kurven.

Med overgangskurve: Overgangskurvens krumning og bevegelsens sidekrefter tiltar gradvis. Krengetogets krengeingssystem får tid til å reagere, og ytterskinnens høyde bygger seg opp til sirkelkurvens riktige overhøyde.

Overgangskurver: gir nødvendig «myk» overgang fra rettstrekning til sirkelkurve. Mange overgangskurver i Norge er for korte til at krengetogets fortrinn kan utnyttes fullt ut.

Estetisk tilpassing: Stiv kurvatur sammen med kravene til støyskjerming, gjør det vanskelig å unngå store skjæringer og fyllinger både når nye jernbanestrekninger og vegparseller skal bygges. Det er derfor en stor utfordring å finne fram til løsninger som er estetisk akseptable.

Ønsket om å få nye strekninger i tunnel dukker som regel opp straks en ny trasé er aktuell. Slike løsninger kan ofte fordyre prosjektet betydelig.

Materiell – mange hensyn å ivareta

Fordel med elektrisk drift

I forhold til dieseldrevne tog har elektriske tog høyere toppfart, er sterkere, akse lerer bedre, er rimeligere i drift og vedlikehold og mer miljøvennlige enn dieseltog. På alle de mer trafikkerte strekningene oppveier fordelene ved å bruke elektriske tog ulempene ved å måtte etablere og vedlikeholde et strømforsyningsanlegg.

Skal et diesellokomotiv kunne trafikere i 200 km/time eller mer, vil størrelsen på motoren begynne å nærme seg en større skipsmotor.

To typer diesellokomotiver

Dieseltog har normalt *dieselegitisk drift*. Dieselmotoren driver en generator, som omformer dieselkraften til elektrisk energi. Dermed fungerer diesellokomotivet i prinsippet som et elektrisk lokomotiv.

Dieseltog kan også ha *dieselhydraulisk drift* med hydraulisk kraftoverføring for framdrift av toget. Det fungerer da i prinsippet som en stor dieselbil med hydraulisk girkasse. Noen av NSBs største skiftelokomotiv er et slike kjøretøy.

Elektriske lokomotiver: transformatoren – tung enhet

Den elektriske energien kommer inn i lokomotivet via strømavtakeren. Normal-spennning er 15 kV, frekvensen er 16 2/3 Hz.

For å få den spenningen lokomotivets motorer krever, må spenningen *transformeres* til et lavere nivå (fra 15 000- til 600 volt). Dette gjøres i en transformator. Transformatoren, som har en tung stålkjerne, er den største og tyngste enheten i et elektrisk lokomotiv. Stålkjernen omslutes av trafo-olje, en spesialolje som ikke leder strøm.

Strømmen *reguleres* deretter slik at det til en hver tid blir riktig spenning til framdriftsmotoren. Tidligere skjedde dette elektromekanisk, i dag helst elektronisk via kraftelektronikk.

Bremseenergien utnyttes

Moderne materiell utnytter bremseenergien ved at den omformes til elektrisk energi. 10-20 prosent av tilført energi kan da tilbakeføres til strømmettet.

Kreftene – både vertikalt og horisontalt – mellom hjul og skinne har innvirkning både på trekraften, bremsing og sporpåkjenninger. Slurer hjulene, går energi tapt.

Motorene skal kombinere mange egenskaper

Når en bil skal aksellerere raskt, legges det inn et lavere gir. Minst mulig av bensinenergien skal gå tapt. Toppfarten oppnås med høyt gir, som har lavere akselerasjonsegenskaper og mindre trekraft.

Et lokomotiv skal, på samme måte som en bil, kombinere ulike trekraftegenskaper. For godstogene er det for eksempel spesielt viktig med stor trekraft.

Lokomotivet skal gjerne:

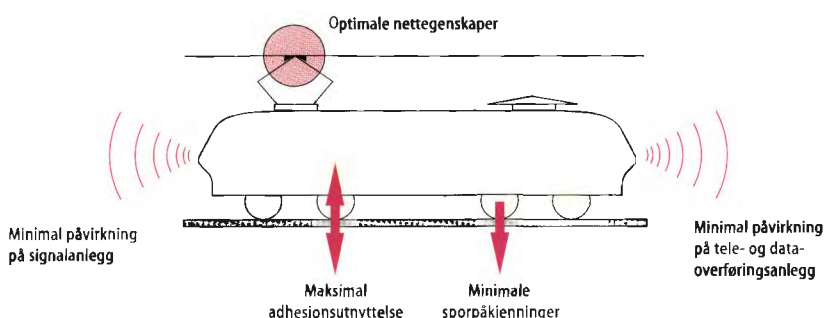
- Ha god akselerasjon
- Ha god trekraft
- Ha høy toppfart
- Være økonomiske både i innkjøp, vedlikehold og utnyttelse av energien

For å kombinere alle egenskaper det er ønskelig at et lokomotiv skal ha, stilles spesielle krav til spenningen og spenningsreguleringen til framdriftsmotoren. Mens et tyristorstyrt lokomotiv eksempelvis bare utnytter 80 prosent av tilført effekt, kan et asynkronlokomotiv, som er mer komplisert, utnytte 100 prosent av effekten. Etter hvert som datasystemene som styrer krafttilførselen av asynkronmotorene er forbedret, overtar asynkronmotoren mer og mer.

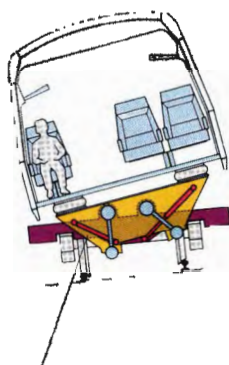
Nyere lokomotiver: billigere vedlikehold

Nyere lokomotiver er bygd for enklere vedlikehold enn gamle. Det er færre bevegelige deler som trenger tilsyn. Lokomotivene kan derfor gå lengre mellom hver vedlikeholdspause, og vedlikeholdsarbeidet går raskere.

Sentrale egenskaper moderne lokomotiv må ha



Krengetog: Kan lettere holde farten oppe i kurvene



Aktiv krengeing: Hydraulisk innretning som skråstiller vognkassen i kurvene

Motorvognsett

Et motorvognsett består som regel av en styrevogn, med enten flere motorvogner eller en motorvogn pluss mellomvogner. I alle vognene er det plasser for passasjerer. To, tre eventuelt også flere motorvognsett kan kobles sammen, og styres fra forreste motorvogn eller styrevognene.

Et motorvognsett kan vende uten at motorvognen flyttes fra en ende av toget til den andre, og styringen kan skje fra begge ender.

Motorvogner har det meste av det tekniske utstyret i lukkede enheter under vognulvet. Det som ikke får plass der, står i skap inne i vognen.

På motorvognsett som skal kjøre i høye hastigheter, blir den tekniske utrustingen så omfattende at det blir lite rom for passasjerplasser. «Motorvognen» blir derfor mer å sammenlikne med et lokomotiv.

Det svenske X2000 har eksempelvis lokomotiv i den ene enden og styrevogn i den andre, mens det tyske ICE har et lokomotiv i hver ende.

Trykketting

Tog med høy hastighet gir trykkbølger i luften. Ved kjøring gjennom tunneler vil det derfor oppstå svært ubehagelige trykksjokk i kupeene – passasjerene får «dotter i ørene». Derfor bygges høyhastighetstog som skal trafikere tunneler med trykkabiner på lignende måte som fly har.



Vanlig motorvognsett



Høyhastighetstog

Vanlig motorvognsett og togsett for høyhastighet: Et vanlig motorvognsett har motoren under gulvnivået der passasjerene sitter. Et moderne høyhastighetstog kan se ut som et motorvognsett, men i virkeligheten har det en lok-enhet i den ene eller begge endene.

Krengeing

Krengetogteknologien gjør det mulig å holde høyere hastighet i kurvene.

Kurvene er normalt dossert for at reisen skal bli så behagelig som mulig. Men overhøyden som ytre skinne kan gis, bør av praktiske grunner ikke overstige 150 mm. Skal det kjøres svært fort, må den manglende dosseringen kompenseres ved at vognene krenger mer enn sporet. Derved holdes komforten oppe.

Krengetog må være utformet slik at sporb belastningen ikke blir for stor, og de må ha dempere som bremsesidekreftenes virkninger både horisontalt og vertikalt. Det kreves også at akslene har tilstrekkelig bevegelsesfrihet i alle retninger, slik at hjulene beveger seg riktig i forhold til sporet.

Det finnes to måter å styre vognens krengeing på.

Ved *aktiv krengeing* stilles vognen i ønsket skråstilling i kurven ved hjelp av hydrauliske sylindere. Dette systemet

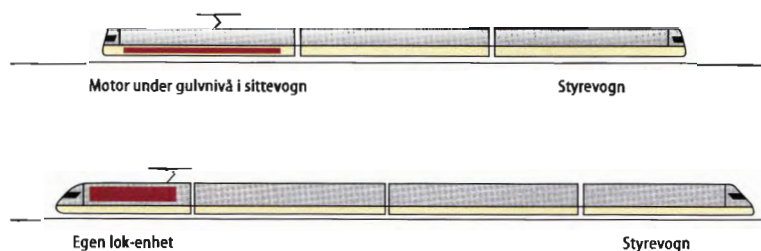
krever et detekterings- og styringssystem som forteller hvor mye vognkassen skal krenge avhengig av hastighet og kurveradius.

Ved *passiv krengeing* er vognkassen opphengt som en pendel, slik at den svinger ut når sentrifugalkraften blir stor nok. Dette systemet krever ingen annen styring enn påvirkningen av sentrifugalkraften.

Mange komponenter skal virke sammen

Sporets standard, materiellets ytelser og ikke minst kvaliteten på de elektrotekniske anleggene, er med på å bestemme både togtilbudets standard i vid forstand og kostnadene for å opprettholde tilbudet. Tilbudets kvalitet bestemmes i stor grad av det svakeste leddets kvalitet. Toget kan ikke gå i 160-200 km/time dersom ikke alle elementene er dimensjonert for en slik fart.

Togenes punktlighet er særlig avhengig av kvaliteten på de elektrotekniske anleggene.



SLIK FUNGERER JERNBANEN



Strømforsyning



Fra kraftverk til lokomotivets motor

Fordelingsnett for strøm

Bane Energi er Jernbaneverkets eget energiverk, og er organisert som en egen forretningsenhet.

Strømmen i Norge produseres i kraftstasjoner og transporteres derfra via et sentralnett, eiet av Statnett. Her er spenningen, som kan sammenlignes med vanntrykket i et rør, høy (fra 132-420 kV), og bare 1-2 prosent av effekten mistes.

Strømmen fordeler seg videre til et regionalnett (45-132 kV), stort sett eiet av fylkene, til distribusjonsnettet, stort sett eiet av et energiverk. Her er spenningen ennå lavere og effekttapet opp mot 15 prosent. Jernbanen får sin strøm ut fra regionalnettet.

Vekselstrøm med riktig spenning

Når strømmen går over til en ny type fordelingsnett, endres spenningen ved hjelp av en transformator. I jernbanens matestasjoner reduseres spenningen til det nivået den skal ha på Jernbaneverkets kontaktledningsnett, som er fordelingsnettet for jernbanens kontaktledningsspenning. Neste spenningsregulering skjer i lokomotivets transformator.

Strøm på anbud.

Kommunale/interkommunale eller private energiverk selger strømmen til ulike brukere, deriblant Jernbaneverket. Etter at El- sektoren ble omorganisert i 1991, er «strømmonopolet» brutt, og strøm kan kjøpes fra det energiverket som gir det beste tilbudet.

Jernbaneverket har siden 1992 kjøpt kjørestrom etter anbudsprinsippet.

Returstrøm

Strømmen må gå i lukket krets, slik at den kommer tilbake der den kommer fra. Når effekten av strømmen er tatt ut i lokomotivets motor, går strømmen derfor tilbake til omformerstasjonen som returstrøm. Returstrømmen er uten spenning i forhold til jord, og skal gå i jernbanskinnene eller i egne returledninger.

Vekselstrøm

Det er mulig å benytte både likestrøm og vekselstrøm til framføring av tog.

Dersom lokomotivene skulle drives med likestrøm, ville det vært nødvendig med betydelig større ledningstverrsnitt i kontaktledningene. Ved kortslutning ville skadene ved anlegget kunne bli store. Særlig når togene skal opp i en hastighet på 200 km/time, er det enklest og mest økonomisk med vekselstrøm.

Matestasjonene: jernbanens kraftforsyning

37 matestasjoner

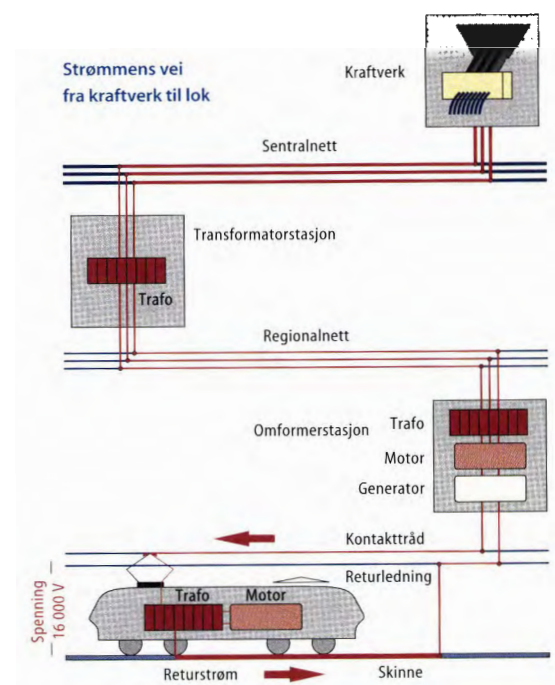
Matestasjoner er Jernbaneverkets fellesbetegnelse på omformer- transformator og kraftstasjoner som leverer, eller mater, elektrisk energi til Jernbaneverkets kontaktledningsnett.

Størrelsen og antallet av matestasjoner er med på å dimensjonere hvor mange, hvor raske og tunge tog som kan gå på de ulike jernbanestrekningene. Jernbaneverket har i alt 37 matestasjoner.

Omformerstasjoner

Den alt overveiende delen av de 37 matestasjonene er omformerstasjoner. En omformerstasjon er en komplisert og kostbar innretning. Eldre omformere består av motor og generator. I dag bygges statiske omformere. Prisen ligger i størrelsesorden 150 millioner kroner (1999).

To nye omformerstasjoner ble bygd i forbindelse med Gardermobanen.





Jernbaneverket Omformerstasjon

Denne utgaven står parkert i fjell, men er mobil og kan flyttes på jernbanenettet som en jernbanevogn

Omformerstasjonene fungerer både som en transformator og omformer. De omformer vekselstrøm med 50 perioder (Hz) til vekselstrøm med 16 2/3 perioder (Hz). Transformatorer omformer spenningen til 15 kV spenning.

Da jernbanen ble elektrifisert, var det hensiktsmessig å bruke vekselstrøm med 16 2/3 perioder. Dersom kontaktledningsnettet skulle bli bygget ut fra grunnen av i dag, kunne det vært aktuelt å frakte strøm med 50 Hz (perioder), slik som tilfellet er på det danske, finske og deler av det spanske og franske jernbanenettet. Da ville omformerstasjonene ikke være nødvendige.

Omformerdelen er den dyreste delen av omformerstasjonene. Med 50 Hz vekselstrøm kunne Jernbaneverket klart seg med rene transformatorstasjoner.

Når vekselstrømmen har 16 2/3 Hz – perioder –, slik som på jernbanens strømnett, slår den seg av og på mellom 16 og 17 ganger i sekundet. Strømmen fra det offentlige strømnettet, som er på 50 perioder (Hz), slår seg på samme måte av – og på – 50 ganger i sekundet.

Transportable

Omlag 2/3 av omformerstasjonene er transportable og består av omformervogn-, apparat- og transformatorvogn. Disse står normalt i fjell og kan trekkes inn til verksted via jernbanenettet for hovedrevisjon og eventuell reparasjon.

At omformerstasjonene er transportable, er en fordel både ved et eventuelt maskinhavari, og dersom det skulle bli behov for styrket strømforsyning på spesielle deler av nettet.

Fjernstyring

Jernbaneverkets matestasjoner og brytere i kontaktledningsanlegget fjernstyres fra flere fjernstyringssentraler: på Oslo S for Østfoldbanen, Gjøvikbanen, Kongsvingerbanen, Hovedbanen, Gardermobanen og Drammenbanen til Asker, på Asker for Vestfoldbanen samt Drammenbanen vest for Asker, i Kristiansand for Sørlandsbanen, i Dale for Bergensbanen, i Fron for Dovrebanen og i Narvik for Ofotbanen.

Brytere og reléer kan slå strømmen raskt av

Fra omformer-/transformatorstasjonene går strømmen ut til kontaktledningsnettet. For å beskytte dette nettet mot overbelastning og nedbrenning, må strømmen kunne kobles ut uhyre raskt dersom noe galt skjer – i løpet av 1/16 sekund/en periode.

Dette «spenningsvernet» ordnes via overvåkningsreléer og brytere som kobler ut strømmen når feil oppstår.

Strømmens framføring kan sammenlignes med vann som går gjennom vannrør.

Spenning (U), som måles i volt (V) kan sammenlignes med vanntrykket i røret.

Strømstyrke (I), som måles i ampère (A) kan sammenlignes med vannmengden som renner gjennom røret.

Impedansen (R), eller den elektriske motstand måles i ohm og kan sammenlignes med innvendig diameter i røret.

Når vanntrykket er lite (spenningen liten), og vannrøret er tynt, diameteren liten (impedansen, den elektriske motstanden stor), blir vannmengden liten (strømstyrken lav).

Sammenhengen mellom strømmens spenning (U), motstand (R) og strømstyrke (I) framgår av en matematisk formel, $U = R \times I$. Spenningen er lik strømstyrken multiplisert med motstanden/impedansen.

Kontaktledningsnett

Strømmens veg fra matestasjon til lokomotiv

Kontaktledningsanlegg

er betegnelsen for alle de komponenter strømforsyningen for elektrisk banedrift består av, deriblant ledninger, master, brytere og anlegg for å sikre at returstrømmen går der den skal.

Mastesystem bærer ledningene

Langs enkeltspor eller dobbeltspor ved slakke kurver – radius større enn 700 meter – og på stasjoner, henger kontaktledningene på utliggere festet på master. På dobbeltspor ved krappe kurver og på større stasjoner, bør kontaktledningene henge på åk, dvs. forsterkede fagverkskonstruksjoner som er festet til en mast på hver side av sporene. Mastene er av tre, stål eller betong. Kontaktledningen består av kontakttråd og bæreline. Bærelinen bærer kontakttråden via vertikale hengertråder og har som ekstraoppgave å forsterke de elektriske overføringsegenskapene i anlegget.

Kontakttråd leder strømmen

Kontakttråden, som er ledningen lokomotivets strømvakter glir mot, er en massiv tråd av elektrolyttkopper som er litt over én centimeter tykk. Kontakttråden holdes oppe av hengertråder, som igjen er festet til en bæreline.

Kontakttråden må ha stabil høyde fra skinnene

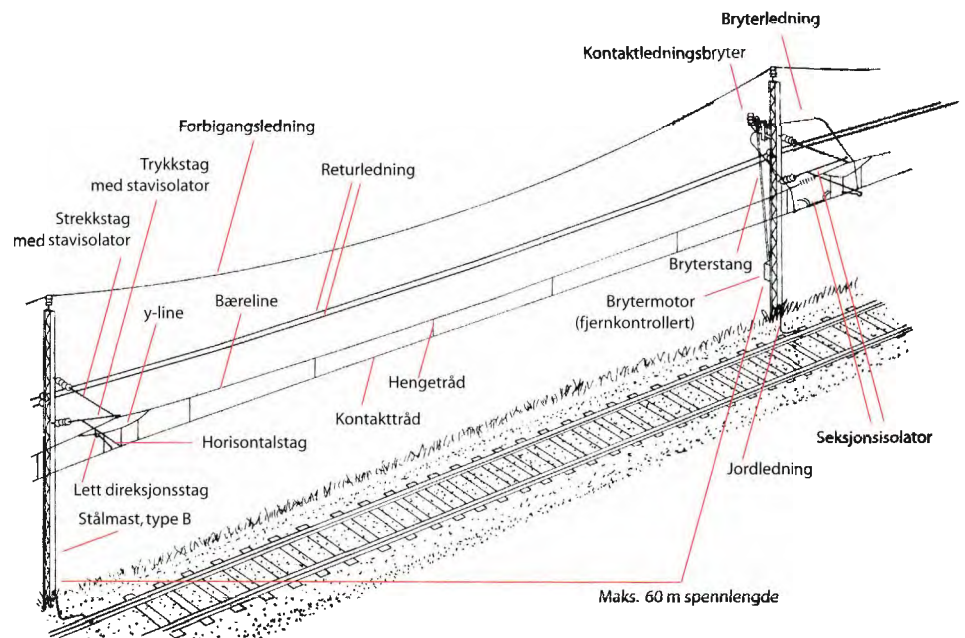
Ved temperaturvariasjoner utvides kontakttråden eller trekker seg sammen. Normalt ville ledningen da endre «heng», og synke eller heve seg mellom mastene.

Siden strømvtakingen ikke tåler at kontaktledningen raskt endrer beliggenhet i horisontal- eller vertikalretningen, er kontaktledningene vektavspent. Ledningene er fastspent i en ende eller midt på, og har et vekt/trinsesystem i begge ender som gjør at strekket i ledningen til en hver tid er tilnærmet konstant. Der kontaktledningen er festet til utliggerne, kan den beveges i horisontalretningen. På denne måten vil ledningen holde seg like stram enten det er varmt eller kaldt i luften. Kravene til kontaktledningens stabilitet øker når togenes fart øker. Da må det henges på tyngre vekter, som

igjen kan kreve sterkere og tykkere kontaktledninger. Dette er en av grunnene til at kontaktledningsanlegget må være nytt når det skal tilrettelegges for hastigheter på 160 km/time eller mer.

På det nye dobbeltsporet mellom Ski og Moss er kontaktledningsanlegget bygget for hastigheter opp mot 200 km/time.

Dimensjonering for 250 km/time krever enda større vektavspenning med om lag 10 prosent større kostnader enn et nytt 200 km/time-anlegg. En senere oppgradering av et 160-200 km/time-anlegg til 250 km/time-anlegg vil innebære betydelig større kostnader totalt sett.



Stabilt banelegeme

Dersom banelegemet ikke er stabilt, men hever eller senker seg ujamnt langs sporene, hjelper det ikke om kontaktledningsanlegget er som det skal. Særlig når farten blir stor, er det derfor spesielt viktig at skinnene ligger i ro og i stabil høyde.

Eldre anlegg:

Lavere høyde i tunnelene

Der kontaktledningene går gjennom tunneler, er høyden over skinnene ved eldre anlegg redusert noen steder helt ned til 4,85 meter fra normal høyde 5,60 meter. Høydeforskjellen er da tatt opp over en lengre strekning. Slike høydeendringer er lite gunstig ved høy hastighet. Nyanlegg for høyhastighet bygges derfor i dag slik at kontaktledningene har samme høyde i tunneler som på åpne strekninger.

Kontakttråd i sikksakk

For å unngå at strømvaktakeren slites bare på et sted, og for å få lengre avstand mellom mastene der banen har kurver, går kontaktledningene i sikksakk over sporene. På eldre linjer er utslaget normalt om lag 40 cm. til hver side fra sporets midtlinje. Ved nybygging i dag for tog med høyhastighet, benyttes 30 cm.

Kontaktledningens vekslingsfelt

Ved hver loddavspenning på kontaktledningene er det vekslingsfelt hvor to ledningsparter er elektrisk sammenkoblet, men overlapper hverandre mekanisk. Dette skjer hver 800 eller 1 600 meter.

Forbigangsledning

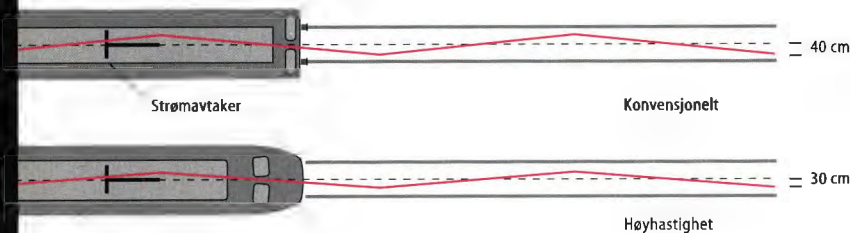
På mange av de større stasjonene er det forbigangsledninger som bringer elektrisk strøm forbi en stasjon. På denne måten er det mulig å koble ut strømmen i kontaktledningen på en stasjon for eksempel ved vedlikeholdsarbeider.

Fjernstyrte brytere og jording

På mastene er det montert fjernkontrollert brytermotor og brytere som muliggjør utkobling av spenningen mellom hvert seksjonsfelt. I alt 1 500 fjernkontrollerte brytere betjenes fra de bemannede elkraftsentralene.

Fra de bemannede elkraftsentralene kan feil på kontaktledningsanlegget lokaliseres relativt raskt.

Alle deler som kan føre strøm og inngår i kontaktledningsanlegget – og som ligger nærmere spor enn fem meter – er jordnet. Dette for å beskytte både liv og anlegg når det oppstår feil på kontaktledningsanlegget. Jording hindrer blant annet at anlegg brenner opp på grunn av feil som gjør at strømmen finner seg en annen vei enn forutsatt. Mastene er eksempelvis jordnet til skinnegangen.



Kontakttråden går i sikksakk

for at kullsløpestykket på strømvaktakeren skal slites jevnt

Kontaktledningssystemet med delene det består av på en vanlig fri linje



Kontakttråden

Tverrsnitt i naturlig størrelse



Kontaktledningsanlegget sammenkoblet i nett

Kontaktledningsanleggene er koblet sammen i et nettverk. Koblingen gjøres i egne koblingsanlegg. Dette gir en sterkere og mer stabil strømforsyning enn om hver enkelt banes anlegg skulle fungere som isolerte enheter.



Vekslingsfelt

Overgang fra en kontaktledning til den neste. Her er vist dobbeltfelt der hver kontaktledning er festet til et fastpunkt på midten og avspent med lodd i hver ende. Avstanden mellom vekslingsfeltene blir da ca. 1 600 meter. Det brukes også enkeltfelt med fastpunkt i den ene enden og lodd i den andre. Da blir avstanden mellom vekslingsfeltene omlag halvparten – 800 meter.



Loddavspenning

Kondensatorbatterier – «vitaminpiller»

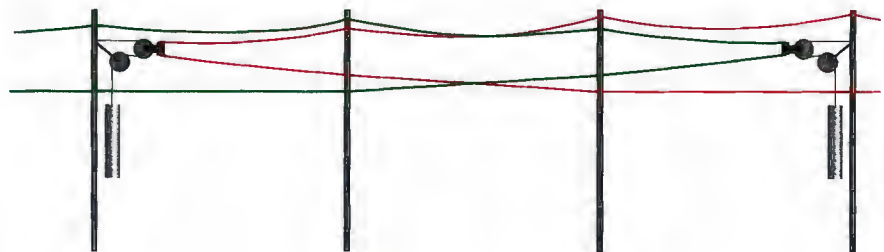
Omformerstasjonene er gjerne plassert med 30-100 km mellomrom.

Kondensatorbatterier plassert mellom omformerstasjonene bidrar til å redusere overføringstapene for den elektriske energien.

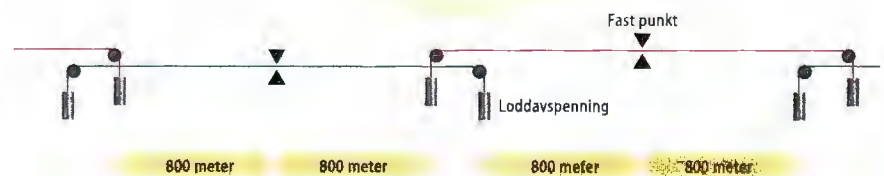
På noen strekninger er det nødvendig med forsterkningsledninger for å redusere effekttap.

Farlige høyspentledninger

Kontakttrådene fører strøm med høyspenning, og må som andre høyspentledninger ikke berøres.



Vekslingsfelt 40-60 meter



Returstrømmen må ledes sikker vei tilbake

Returstrøm i skinner eller egne ledninger

Etter at motoren har tatt ut effekt av strømmen, ledes returstrøm tilbake til omformerstasjonene gjennom togets hjul, enten til skinnene eller til egne returledninger. Fordelen med returstrøm i egne ledninger framfor i skinnene, er at strømmen da i mindre grad påvirker signal eller teleanlegg. Forbi stasjoner og på fler-sporstrekninger føres returstrømmen i egne ledninger vanligvis festet på kontaktledningsmastene. All returstrøm på Gardermobanen føres i returledninger.

Returstrøm må ikke brytes

Blir det brudd i returstrømmen oppstår en spenning. Går returstrømmen gjennom menneskekroppen, er den derfor farlig. Løse eller skadede ledninger og kabler eller skinnebruddsteder må derfor ikke berøres.

Ved brudd kan også returstrømmen for eksempel finne sin vei gjennom telefonutstyr eller signalanlegg som brenner opp. Brudd som gjør at returstrøm ikke kan følge forutsatt vei, må derfor raskt repareres av eksperter.

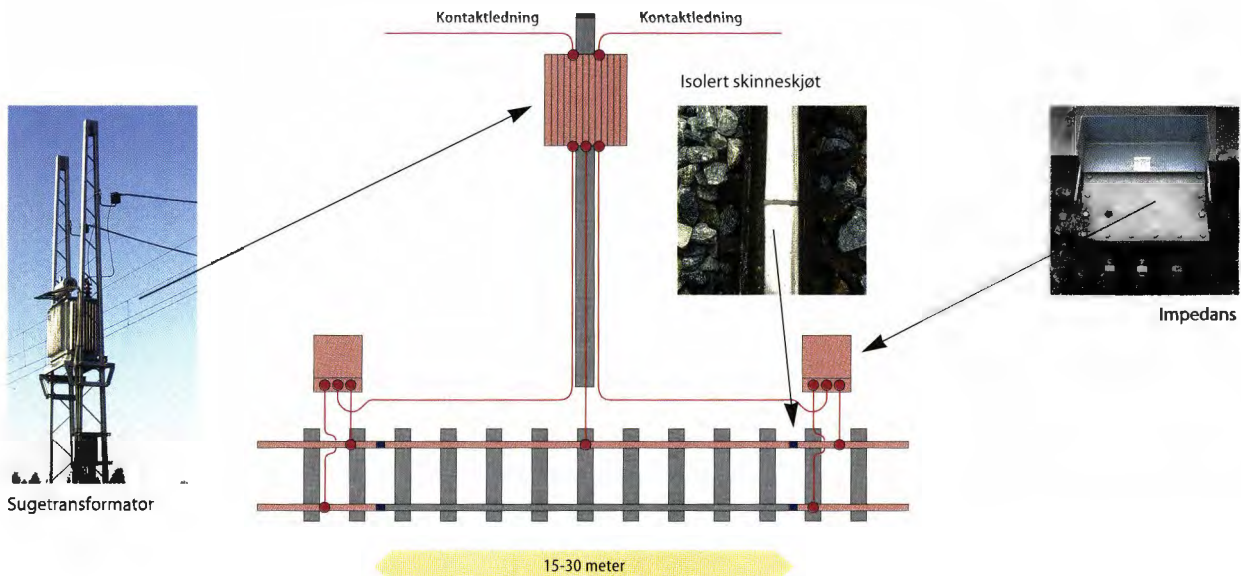
Forsering av skinneisolasjon

Med jevne mellomrom er det lagt inn isolasjon i skinnene. Hensikten er å hindre strøm fra signalanleggene å følge skinnene. Der hvor begge skinnene har både returstrøm og signalstrøm, må det legges innen motstand – impedanser – som bare slipper returstrømmen gjennom. Impedansene har kontakt med begge skinnene på begge sider av isolasjonen.

Sugetransformatorer

For å hindre at strømmen går andre veier enn i skinnene og returledningen, er det montert sugetransformatorer for hver fjerde kilometer.

Sugetrafo og impedanser





Kontaktledningsanlegget: stort behov for fornyelse

Gammelt

Kontaktledningsanlegget i Norge er stort sett bygget for hastigheter under 100 km/time, og er gjerne fra 20 til 60 år gammelt. Etter hvert er nettet forbedret og vedlikeholdt, gjerne «klattvis». Nettets alder gjør imidlertid at det er vanskelig både å øke farten og unngå at det oppstår feil.

Jernbaneverkets regelverk har egen bok om vedlikehold av KL-anlegg, som for alle andre fag.

Skader på kontaktledningsanlegget

En feil på kontakttråden kan gjøre at strømvaktakeren ødelegges, som igjen kan føre til at kontaktledningen blir revet ned. Da kan det ta tre til seks timer å reparere skaden slik at togene igjen kan gå. Det er derfor viktig å finne og utbedre slike feil så raskt som mulig.

Gamle kontaktledningsanlegg har naturlig nok flere skader og oftere drifts-stopp enn nye anlegg.

Jernbaneverket ønsker nå i større grad å satse på fornyelse/nybygging av kontaknanlegg. «Flikkingen» som er gjort de seneste årene, er ikke tilstrekkelig til å unngå hyppige driftsstopper.

Nytt kontaktledningsanlegg: 2 millioner kroner pr. kilometer (1999)

En hovedrevisjon av kontaktledningsanlegg koster 60-100 000 kroner pr. kilometer. Bygging av nytt kontaktledningsanlegg koster i størrelsesorden 2 millioner kroner pr. kilometer.

Vedlikehold på fire nivåer

Følgende fire rutiner gjelder for vedlikehold av kontaktledningsanleggene:

To ganger i året:

Målevognkjøringer kontrollerer at høyde, «sik-sak», krefter i strømvaktaker og kontakttråd er riktig

En gang i året:

Omfattende inspeksjon av kontaktledningsanlegget gjennomføres

En gang hvert annet år:

Full service-vedlikehold. Smøring av kontaktledningsdeler

Hvert tiende år:

Hovedrevisjon. Kontaknanlegget bringes så langt som mulig tilbake til den standarden det hadde da det var nytt.



Strømvaktaker: strenge krav

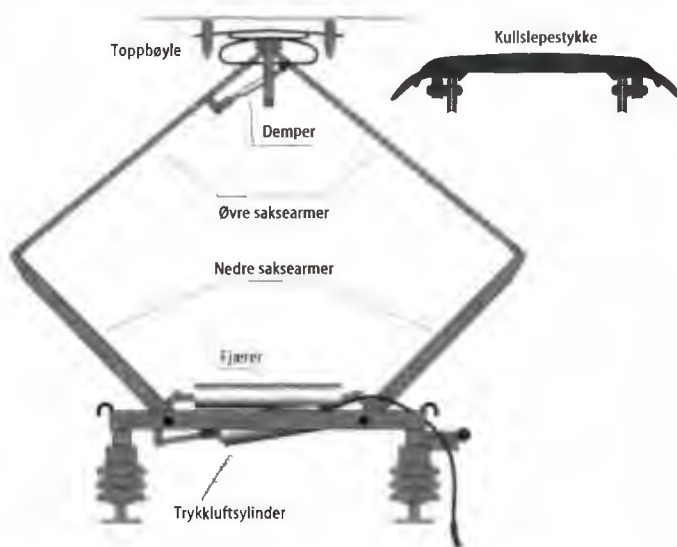
Strømvaktakeren fører strømmen fra kontakttråden til lokomotivet. Strømvaktakeren skal følge kontakttråden med jevnt trykk under alle forhold. Dette krever at strømvaktakeren har en avansert teknikk. Når togenes hastighet økes, skjerpes også kravene til strømvaktakeren.

Jevnt trykk sikres ved hjelp av en trykkluftsyylinder og et fjærsystem nærmest lokomotivet og en demper nærmest kontaktledningen. Den delen som berører kontaktledningen kalles kullsløpestykke. Når det er flere strømvaktakere på et tog, oppstår det svingninger i kontaktledningen etter den første strømvaktakeren, en svingning som igjen øker etter strømvaktaker nummer to. Mer enn tre strømvaktakere på et tog anbefales derfor ikke.

Strømforbruk øker med farten

Et elektrisk ekspress tog med åtte passasjervogner bruker strøm for i størrelsesorden fem kroner pr. kilometer. Et dieseltog bruker diesel for om lag tre ganger så mye.

Selv om et tog som går i 200 km/time forbruker vesentlig mer energi enn et tog som går i 100 km/time, tilbakelegges strekningene med en slik fart raskere, slik at totale driftsutgifter reduseres.



Strømvaktakeren er en teknisk avansert innretning

Lavspenningsanlegg

Lys, varme og signalanlegg

Jernbanen trenger også strøm til lys, oppvarming av bygninger mm.

Strømmen som forsyner signalanleggene leveres av lokale E-verk, med reservestrømsforsyning fra kontaktledningsanlegget, og evt. også reservestrømsaggregat ved viktige stasjoner og knutepunkter.

Togvarme

Normalt er det lokomotivet som forsyner vognene i et tog med strøm til lys, varme, ventilasjon etc. For å sikre oppvarming og annen nødvendig drift av parkerte vogner, er det ved enkelte stasjoner egne anlegg som forsyner vognene med elektrisitet. Spenningen er her 1000V. Maksimalt effektbehov pr. vogn er ca. 50 kW, om lag dobbelt så mye som en enebolig, og energiforbruket kan være betydelig.

Energikrevende sporveksler

Det er helt sentralt for sikkerheten at sporveksler fungerer etter hensikten. For å unngå snø og is må disse derfor varmes opp om vinteren.

Oppvarming av en liten sporveksel, som det er flere av på hver stasjon, krever like mye energi som en middels stor enebolig.





Signalanlegg



Det er – og skal være – trygt å kjøre tog

Signalanlegget overvåker togframføringen

Signalanlegg omfatter:

- Sikringsanlegg for stasjoner, strekninger (linjeblokk), og planoverganger (vegsikringsanlegg)
- Automatisk togkontroll (ATC)
- Fjernstyring av sikringsanlegg (CTC)

Signalanleggenes hensikt er å sikre en trygg togframføring. I tillegg sørger signalanleggene for at togene kommer fram så raskt og punktlig som mulig, og at jernbanesporenes kapasitet utnyttes maksimalt.

En ulykke med tog kan få alvorlige konsekvenser. Signalanleggene er derfor konstruert slik at hverken menneskelig svikt eller tekniske feil skal kunne føre til ulykker.

Feil gir rødt lys

Når det oppstår feil eller unormale hendelser på linja, vil dette registreres av sikringsanlegget, og berørte signaler settes automatisk i stopp – rødt lys. Sikringsanleggene gir grønt lys bare når alt fungerer som det skal. Ved den minste feil som kan tenkes å være av sikkerhetsmessig betydning, skal signalene vise rødt. På sikringsanleggene vil eksempelvis en defekt lyspære i et signal kunne føre til at toget ikke får klarsignal. Sikkerhetsrutinene kan dermed gi «unødvendige» forsinkelser.

Sikker togframføring

Egne trafiksikkerhetsbestemmelser om signaler og togframføring gir bl.a. regler om hvordan tog skal framføres på en sikker måte. Samtidig danner disse bestemmelsene bl.a. en del av grunnlaget for hvordan signalsystemer i Jernbaneverket skal prosjekteres og bygges. Teknisk utvikling av signalsystemene og revisjon av trafiksikkerhetsbestemmelsene går hånd i hånd.

Togene fjernovervåkes

Togene kjøres av en lokfører, som får informasjon fra signaler og skilt langs sporet. Rødt lys betyr stopp, akkurat som på vegnettet. Framføringen kan fjernovervåkes av en togleder, som til en hver tid har kontroll over hvor de ulike togene befinner seg.

På elektrifiserte strekninger kan togleder kan gripe inn ved å slå av kontaktledningsspenningen dersom farlige situasjoner skulle oppstå.

Høyhastighet

Dersom eksisterende baner skal trafikkeres med høyhastighet, kan det kreve fornyelse/ombygging av eldre sikringsanlegg, fordi det er tatt utgangspunkt i lavere hastigheter ved plassering av signalene.



Fjernstyring

Togleder fjernstyrer togtrafikken fra togledersentralen

Oppfølging via sjekkpunkter

Sporavsnitt og sporfelt

Alle jernbanens strekninger og spor er delt inn i sporavsnitt. Et sporavsnitt kan være:

- mellom stasjonene
- spor eller deler av spor på stasjonene
- sporveksler

Et sporavsnitt er den minste strekningen som et tog kan få tillatelse til å kjøre. Hvert av sporavsnittene har egen identitet, og kan lokaliseres ved navn og nummer. Hvert sporavsnitt har en mekanisme for å gi informasjon om hvor toget er. Et sporavsnitt kan bestå av ett eller flere sporfelt.

Et sporfelt gir informasjon om hvor toget er. På alle fjernstyrte strekninger er sporet delt inn i sporfelt. Hvert sporfelt har sin egen identitet og kan lokaliseres via navn/nummer. Sporfeltene har til oppgave å gi informasjon til sikringsanlegget om det i øyeblikket befinner seg et tog på en gitt strekning eller ikke.

På stasjonene er det sporfelt i og mellom alle sporveksler.

Sjekkpunkter passerer

Det vil være komplisert å holde rede på togenes eksakte posisjonen til en hver tid, noe som heller ikke er nødvendig. Derfor er det en strekningsvis overvåking av togene. Sikringssystemet registrerer når og hvor toget passerer en skinneskjøt mellom to bestemte sporfelt, en registrering som også formidles til togleder. Hele jernbanens signalsystem er bygd opp på at systemet vet hvilket sporavsnitt en toget enhet befinner seg på, og i hvilken retning toget beveger seg.

Linjeblokk og blokkstrekninger

Mellom stasjonene er sporfeltene satt sammen til en eller flere blokkstrekninger. Systemet som ivaretar sikker togframføring på en slik strekning, kalles linjeblokk, og innebærer at andre hovedsignaler for innkjøring til blokkstrekningen må lyse rødt. Kjører for eksempel toget ut på en enkelsporet strekning, sperres automatisk utkjøringssignalene – rødt lys – for tog i motsatt retning fra neste stasjon eller kryssingsspor.

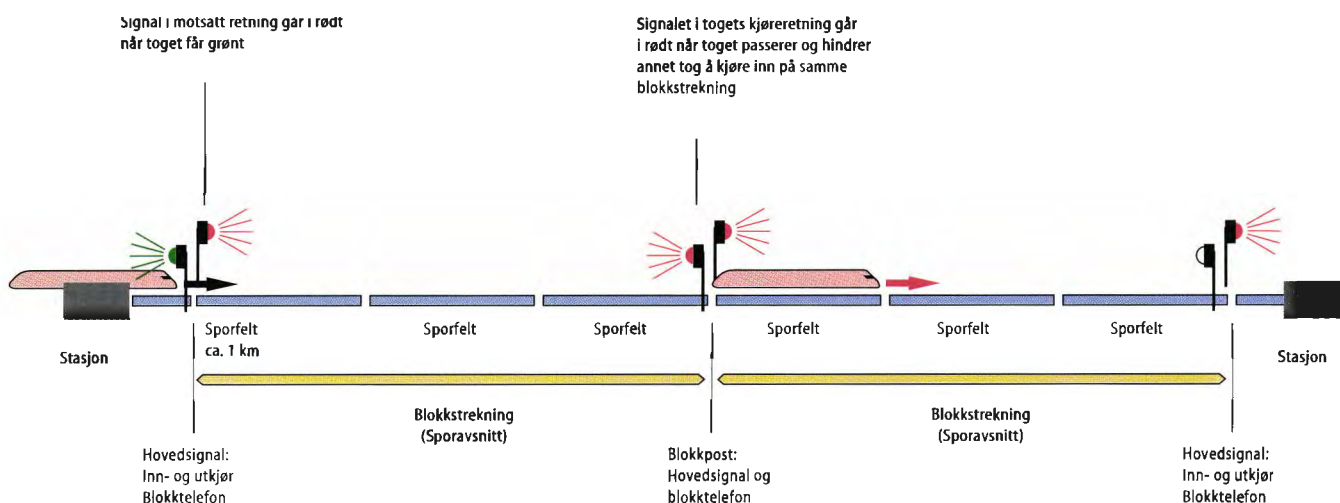
Betingelsene for at en linjeblokk kan gi tillatelse for å kjøre, er:

- Linjeblokk må ikke være stilt fra nabostasjon
- Alle sporfelt på strekningen må være frie
- Sporveksler på linjen må ligge riktig

Blokkposter øker kapasitet

Mellom stasjoner kan det være behov for at flere tog kan kjøre i samme retning samtidig. Mellom stasjonene kan det plasseres en eller flere blokkposter med hovedsignaler. Blokkposten forkorter dermed avstanden mellom signalene, og muliggjør kortere togfølgetid. Strekningene mellom to blokkposter kalles for en blokkstrekning. Jo kortere blokkstrekninger, dess større kan togettettheten være. Tiden et tog bruker på å kjøre over en blokkstrekning og blokkstrekningenes lengde – avgjør hvilken kapasitet en strekning får.

Sporfelt, linjeblokk og blokkpost



Stasjonenes sikringsanlegg

Mens linjestrekningene mellom stasjoner sikres med linjeblokk, styres stasjonsområdene av sikringsanlegg. Disse anleggene består av en rekke elementer. Noen av elementene er:

- De ulike typer signaler
- Sporfelt
- Sporsperrer og låse- og kontrollanordninger for sporveksler
- Omformere til sikringsanleggenes strømforsyning
- Reléhus med elektrotekniske installasjoner

Togekspeditør – Txp

På alle stasjoner som ikke er fjernstyrt, må det være en togekspeditør – Txp. Txp skal sørge for at sikkerhetsreglementet for togframføring på stasjonene følges. Etter hvert som flere og flere togstrekninger fjernstyres, reduseres antall Txp-personell.

Sporveksel ved skifte av spor

En sporveksel er en mekanisk innretning som tjener til at rullende materiell kan kjøre fra et spor over i et annet. Bevegelige skinnertunger sørger for at tog enten kan forsette rett fram ved sporvekselen eller bevege seg over til et nytt spor.

Når et tog skal passere, skal en sporveksel være låst. Det er utarbeidet et eget kontrollsystem for å sikre riktig låsing.

Ved høyere hastigheter stilles det strengere krav til låsing av sporveksler.

Forsignal gir informasjon om påfølgende signal

Blokkpost-, innkjør- og utkjørsignal kalles hovedsignaler. Hovedsignaler har nesten alltid et forsignal, som kan være montert enten på foregående hovedsignalmast eller frittstående. Forsignalet varsler om hva etterfølgende hovedsignal viser, slik at en eventuell stopp kan forberedes av lokfører.



Blokktelefon

Ved hovedsignal er det som regel en telefon med et eget nummer. Denne kalles blokktelefon. Når røret på blokktelefonen tas av, ringes det automatisk til togleder. Togleder registrerer hvilket blokktelefonnummer det ringes fra, og ringer tilbake. Togleder har dermed fått en kontroll på posisjonen det ringes fra. Blokktelefonsystemet innebærer at lokfører når han har stoppet toget for rødt lys, må gå ut av toget for å ringe.

Togradioen (se side 38), supplerer blokktelefonen.



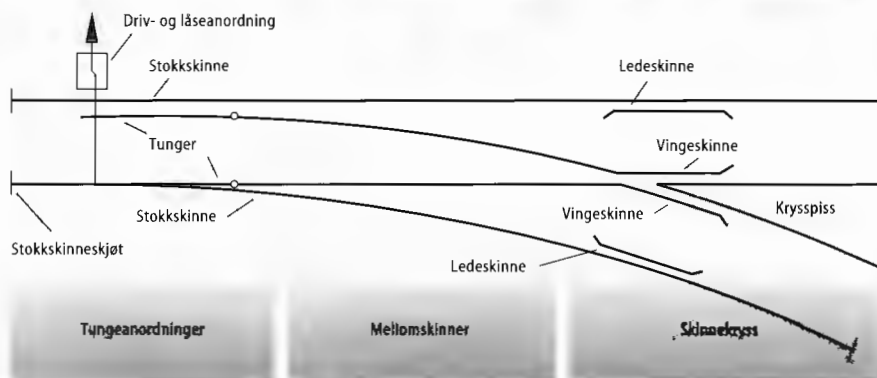
Oppvarming:
Varmekabler



Enkel sporveksel



Drivmaskin



Ulike typer signaler

Jernbaneverket har mange ulike signaltyper. I tillegg til hoved- og forsignaler finnes det også signaler som regulerer lokale togbevegelser på stasjonene:

- Høyt skiftesignal – som angir når skifting av spor på stasjonen er tillatt.
- Dvergsignal – kan ha samme funksjon som skiftesignal, men brukes også for avgrensede lokale togbevegelser.

En annen gruppe viktige signaler er faste signaler, som varsler om statiske forhold i infrastrukturen, slik som hastighetsbegrensninger, planoverganger etc.

Vegsignaler

Jernbaneverket har plankrysninger med veg både på og mellom stasjoner. Når toget passerer et bestemt punkt før planovergangen, aktiviseres vegsikringsanlegget. Kryssende vegtrafikk får rødt lys, og bommen senkes.

Plasseringen av deteksjonspunktet er dimensjonert etter de hurtigste togene.

Er det store hastighetsforskjeller på togene, kan det bli lenge å vente ved vegkrysningene når de langsomste togene skal passere.

Teknologi

Dagens sikringsanlegg er for det meste basert på reléteknikk, dvs. et elektrisk system med brytere og ledninger. PLS-teknikk (Progammerbare Logiske Systemer), elektronikk og datateknikk vil og har gradvis erstattet signalsystemene basert på reléteknikk.

Det første helelektroniske sikringsanlegg ble satt i full drift på Alnabru godsterminal i 1993.

Hovedsignal, øverst.

Forsignal, nederst. Forteller status på neste hovedsignal.



Høyt skiftesignal



Dvergsignal





Veisikringsanlegg – mot veien



– mot sporet

Samtidig innkjør på stasjoner

På enkeltsporede strekninger, særlig der de er tett trafikkert, vil raske og smidige krysninger av tog både ha betydning for kapasitet, punktlighet og reisetid. Trafikksikkerhetsbestemmelserne krever at et tog må ha kjørt inn på stasjonen og stoppet, før neste slipper til.

For å få raskere krysninger monteres på stadig flere stasjonene nå et system som kalles samtidig innkjør. To tog kan da kjøre samtidig inn til hvert sitt spor på stasjonen, og slipper å vente på hverandre. Et slikt system kan gi 2 til 3 minutter besparelser i reisetid pr. kryssing.

Et spor på dobbeltsporede strekninger vil med jevne mellomrom stenges grunnet vedlikehold. Det kan også bli sperret ved uhell. Mellom sporene legges det derfor inn forbindelsesspor med nødvendig mellomrom.

På Gardermobanen ble det derfor bygget inn samtidig innkjør for å redusere driftsforstyrrelser som følge av enkeltspordrift. Hele signalsystemet ble bygget slik at alle spor kan brukes for tog i begge retninger.

Godkjenningprosedyre for sikringsanlegg.

Det stilles svært strenge krav til et sikringsanlegg for jernbane. Både de som bygger et slikt anlegg, og måten det bygges på, må være godkjent – prekvalifisert. Dette gjelder også når ny teknologi skal innføres. En slik prekvalifisering er et omfattende arbeid.

Hvordan bygges et nytt signalanlegg?

Planlegging og utbygging av et godkjent signalanlegg skjer i en bestemt rekkefølge.

1. Sporplan

Et nytt signalanlegg tar utgangspunkt i en plan for hvordan sporene skal brukes – en sporplan. Det må gjøres en avklaring av hvilken kjørerute – i jernbanespråket kalt togvei – tog skal kunne følge fra et bestemmelsessted til et annet.

En togvei er det eller de spor eller den delen av spor som er bestemt for det enkelte togs kjøring fra et sted til et annet. En fastsatt togvei innebærer en bestemt bruk av spor og sporveksler.

I og med at farten blant annet påvirker signalplasseringen, må det også avklares hvilken hastighet togene skal trafikkere med.

2. Rekkefølgen ting skal skje for at toget kan kjøre

Etter at sporplanen er fastlagt, lages en forriglingstabell. Forriglingstabellen er «kjernen» i hele Jernbaneverkets sikringsanlegg.

I forriglingstabellen beskrives alle aktuelle togveier gjennom et sporområde eller en strekning. Hver togvei har lagt inn et sett av avhengigheter og hendelser som må oppfylles – én for én – for at toget skal få klarsignal – grønt lys – fra et sted til et annet. På denne måten skal en hindre «fiendtlighet til togvei som er stilt».

Å lage en forriglingstabell er et komplisert puslespill. Den beskriver hvilke krav som skal oppfylles til signalene, til sporvekslene, til sporsperrene og til sporfeltene for at grønt lys skal gis.

En togvei må være sikret mot andre togbevegelser. Det er grunnen til at alle sporveksler som inngår i togveien er sperret for omlegging til en annen togvei enn den som er definert i forriglingstabellen.

3. Koplings skjema for å iverksette forriglingstabellen

Når forriglingstabellen er ferdig, «oversettes» denne til et koplings skjema eller et program. Dette skjemaet/programmet viser hvordan et nett av ledninger og brytere skal koples sammen for at togveien skal fungere slik som forriglingstabellen beskriver.

4. Ferdig anlegg testes

Når koplings skjemaet/programmet er installert i anlegget, gjennomføres en omfattende test av anlegget.

Omfattende testing av ferdig sikringsanlegg.

Når bygging av et *sikringsanlegg* er gjort i henhold til godkjente forriglingstabeller og koplings skjemaer, gjennomføres en omfattende testprosedyre før sikringsanlegget kan tas i bruk for togtrafikk. Testingen foregår gjerne både hos leverandør og ute på stasjonene. Testingen kan bestå av:

- Ledningskontroll. Hver enkelt ledning og deres festepunkter kontrolleres
- Funksjonsprøver. Anlegget prøves når det er ferdig montert. Signaler og sporfelder testes med et eget simuleringsutstyr
- Driftsprøver. Funksjonsprøvene gjentas med alle utvendige objekter/ installasjoner innkoblet.

Relesikringsanlegget på Ås stasjon



Automatisk togkontroll – ATC

Automatisk togkontroll øker sikkerheten

Automatisk togkontroll er et system som griper aktivt inn i farlige situasjoner som kan oppstå. Toget bremses automatisk ned ved for høy hastighet, hvis lokfører bremses for sent, eller dersom toget forsøker å passere et hovedsignal som viser stopp. På denne måten kan sikkerheten opprettholdes ved menneskelig svikt hos lokfører.

Automatisk togkontroll er en fellesbetegnelse for automatisk togstopp og automatisk hastighetsovervåkning. Systemene kalles DATC og FATC, hvor D betyr delvis og F betyr fullstendig utrustet ATC.

ATC-systemet : Sender – mottaker. ATC-systemet består av to hoveddeler: En del på lokomotivet/rullende materiell, og en del i infrastrukturen. Både rullende materiell- og infrastrukturdelen sender og mottar. Rullende materiell-delen består av en sender/mottakerantenne, datamaskin og førerpanel. Infrastruktur-delen består av baliser festet til svillene i jernbanesporet og grensesnitt mot signalanlegget.

Balisene har en reflektor. Når toget nærmer seg, blir balisenes reflektor aktivisert av kontinuerlig utsendte radiobølger fra lokomotivets antenne, og balisen svarer med en bestemt beskjed.

Grensenitt mot signalanlegget kan være en koder, plassert i den samme elektriske kretsen som signalene. Koderen har forbindelse med balisen. Koderen avføler – og gir beskjed til lokomotivet via balisen – hvilken beskjed signalet gir. Informasjon som balisene gir, avleses også på panelet i lokomotivet. Det kan bl.a. gis informasjon om hvilken beskjed som kan forventes ved neste signal.

Datamaskinen i lokomotivet behandler data fra balisene sammen med andre data fra lokomotivet, gir beskjed om toget skal bremse og sørger for at det skjer hvis lokfører ikke reagerer tidnok.

DATC – hovedsystem i dag. DATC kontrollerer hastigheten mot signaler med restriktiv beskjed (dvs. signaler som gir annen beskjed enn full linjehastighet), og mot sporveksler i avvik.

Fra 1979 har Jernbaneverket bygget ut et system med automatisk togstopp – DATC – på nesten alle elektrifiserte banestrekninger i Norge. I de nærmeste årene vil Jernbaneverket bygge DATC også på de øvrige banestrekningene.

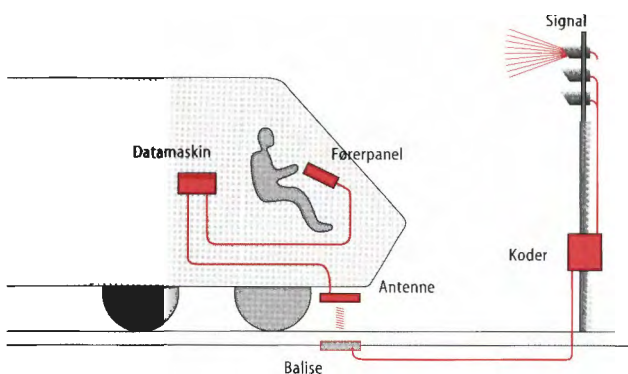
FATC – flere baliser, nødvendig ved høyhastighet.

Ved FATC overvåkes flere punkter på sporet. Da kan det også kontrolleres at hastigheten er som forutsatt. Et slikt system er nødvendig når hastigheten er høy (mer enn 130 km/time), slik som tilfellet er for eksempel på Gardermobanen. FATC er også ønskelig der trafikken er stor.

Når det monteres FATC, installeres det flere baliser i sporet, som gir hastighetsinformasjon. FATC kan tillate hastigheter helt opp til 270 km/time.

ATC

DATC-systemet stopper toget dersom lokfører skulle kjøre mot rødt lys. Når FATC er installert, overvåkes også at toget ikke overskrider maksimalt tillatt hastighet.



Balisere festet til svillene i sporet



Fjernstyring – CTC

Fjernstyring – effektiviserer og gir bedre informasjon

Fjernstyring av tog – CTC (Centralized Traffic Control) – innebærer at stasjonenes sikringsanlegg kommuniserer med en CTC sentral. Derfra blir sikringsanleggene styrt av en togleder.

Fjernstyrte stasjoner kan sies å være betjent av togleder døgnet rundt. CTC gjør det mulig for togene å krysse på stasjoner uten at stasjonen er betjent med togekspediter – Txp. CTC innebærer derfor en betydelig effektivisering for Jernbaneverket. Togleder kan stille signaler for inn- og utkjøring av tog på stasjonene, og programmere kryssninger av tog på stasjon. På nye systemer griper togleder normalt bare inn når det er feil, i og med at fjernstyringen normalt går automatisk uten at togleder griper inn.

CTC-systemet i seg selv er ikke en del av sikringssystemet, men et hjelpemiddel for å effektivisere togdriften – «togleders forlengede arm».

Teknologi

CTC var tidligere normalt basert på bruk av reléteknikk. Nye databaserte fjernstyringssystemer gir muligheter for en rekke nye funksjoner i forhold til eldre relébaserte systemer.

En norskutviklet PLS-CTC er basert på datateknikk. Det baserer seg på standardiserte produkter. Installasjon og programmering er relativt enkelt, og dermed også billig.

Databaserte systemer gir muligheter

Jernbaneverket er nå i ferd med å installere 2. generasjon databaserte fjernstyringssystemer.

Tognummersystem

Hvert tog har et nummer. Med CTC-systemet kan forflytning av alle tog vises på dataskjerm, og identifiseres ved tognummeret.

Automatisk togledelse

Tognummer og ruteplan danner bakgrunn for å regne ut når og hvordan togveien skal legges. Mulighetene for å legge denne togveien kan undersøkes via egne forprøvningsprogram i styringssystemet.

Toggraf presenterer togforflytning grafisk i et todimensjonalt system, både den rutemessige forflytning og den reelle toggangen med eventuelle forsinkelser. Systemet skal kunne detektere konflikter ved kryssinger og eventuelle forbijøring som følge av forsinkelser. Likeledes kan for eksempel konflikter ved kryssing av overlange tog m.v. detekteres.

Kobling mot andre systemer. Det er mulig å styre *toganviseranlegg* – «plattformskilte» – ved hjelp av den informasjonen om tognummer og kjøreplan som CTC-systemet gir. Foreløpig gjøres dette på nærtrafikkstrekningene rundt Oslo.

8 togdriftssentraler

I dag er det togledelse i Oslo, Drammen, Hamar, Narvik, Trondheim, Bergen, Stavanger og Kristiansand.

Ordregangen fra togleder til tog er:

- Togleder sender via fjernstyringen ordre til sikringsanlegg
- Sikringsanlegg utfører ordre
- Sikringsanlegg sender tilbakemelding i form av indikeringer, som i praksis betyr: «Utført»
- Sikringsanlegg gir beskjed til tog.

Rødt: Sporfelt med tog på.



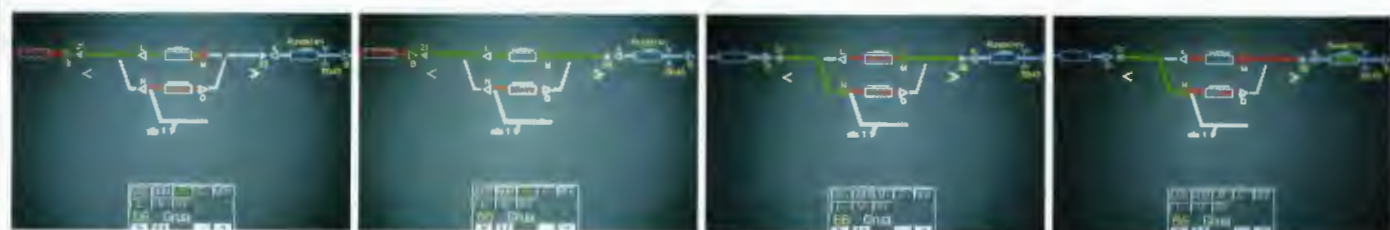
Grønt: Sporavsnitt klar for tog.





Togledning: Togleder legger togvei og overvåker togenes bevegelse.

Toget flytter seg.



S L I K F U N G E R E R J E R N B A N E N



teleanlegg

Teleanlegg

Jernbaneanlegget har i dag et moderne digitalt telenett, for alle brukerne.

Teleanlegg i Jernbaneanlegget er organisert til forretningsenheten Bane Tele.

Jernbaneanleggets telenett skal:

- Sikre nødvendig samband for togframføringen
- Sikre nødvendig samband for styring og kontroll av alle tekniske anlegg knyttet til togframføringen
- Effektivisere driften hos Jernbaneanlegget og brukerne av jernbaneanlegget, gjennom best mulig utnyttelse av moderne telekommunikasjonssystemer
- Sørge for at moderne informasjonsteknologi kan benyttes for å tilfredsstille kundenes krav

Teleanlegg bindes sammen ved hjelp av:

- Fiberoptiske kabler
- Optiske transmisjonssystemer
- Sentraler for tale- og datakommunikasjon
- Spredenett – fra en sentral til lokale brukere
- Radiosystemer

Eksempler på togframføringssystemer som hører inn under teleanlegg er:

- Togrado
- Blokktelefon
- Fjernstyrte høyttalere
- Kabel- eller radiostyrte uranlegg
- Toganviseranlegg

Svakstrøm

Mens lokomotivenes strømforsyning er basert på høyspenning, er tele- og signalanlegg og styring av sterkstrømsanleggene – eksempelvis styring av omformerstasjonene - basert på bruk av svakstrøm.

Rimelig

I forhold til andre elektrotekniske anlegg i Jernbaneanlegget, står investeringene i teleanleggene for en liten – men helt nødvendig – andel av utbyggingskostnadene i kjørevegen.

Knyttet sammen i nett

I prinsippet én sentral

Jernbaneanlegget har et telenett som er knyttet sammen via moderne telefonsentraler. I prinsippet er alle Jernbaneanleggets og NSB BAs virksomheter knyttet sammen i en telefonsentral, i et tilnærmet ferdig utbygget digitalisert nett for tele og data.

Fordelen ved et digitalt telenett er at det er godt egnet for datakommunikasjon, samtidig som det gir god kvalitet i tale-samband.

Alle Jernbaneanleggets og NSB BAs virksomheter kan nås både via Jernbaneanleggets eget nett og via det offentlige telefonnettet.

Alle de ulike kontorer og virksomheter i Oslo er knyttet sammen i en sentral, som igjen er knyttet sammen med sentraler på forskjellige steder langs jernbaneanlegget.

Kabelnett

Jernbaneanleggets teleanlegg er knyttet sammen ved hjelp av kabler. Disse kablene følger jernbanetraseene og knytter blant annet sammen telefon-sentralene.

Spredenett

Fra en sentral er de ulike lokale brukere knyttet sammen i et spredenett. En linje til en telefon i et kontor er en del av spredenettet.

7 000 brukere er tilknyttet Jernbaneanleggets telenett.

Ny teknologi

Moderne telenett innebærer ny teknologi i forhold til de gamle systemene. Enkelt kan vi si at det har skjedd en overgang fra analoge til digitale systemer. Et viktig krav ved anskaffelse av nye systemer i telenettet er at de skal følge internasjonale standarder. Dette kravet kan i noen tilfelle være vanskelig å oppfylle, siden det av og til er aktuelt å la noen av de gamle analoge systemene leve sammen med de nye. I slike tilfelle kan det bli aktuelt å utvikle nye grensesnitt for at nye og gamle systemer skal kunne fungere sammen.

Hva er svakstrøm?

Svakstrøm er all strøm som må ha lave spenninger for å kunne fungere. Strømstyrken kan likevel være stor.

Eksempler på virksomheter i jernbanen som benytter svakstrøm:

- Tele- og datakommunikasjon
- Toganviseranlegg
- Radiosystemene
- Fjernstyrte høyttalere
- Calling-anlegg
- TV-overvåking/toglederanlegg, fjernstyring av brytere på kontaktledningsanlegget
- Fjernstyring av omformerstasjoner

Pakkesvitsjer

Sorterer elektronisk informasjon. En kan si at det er en form for telefonsentral for datakommunikasjon. Pakkesvitsjen sørger for at en melding sendes fra avsender til riktig mottaker. En pakkesvitsj har svært stor kapasitet for overføring av informasjon. Telefonsentraler og pakkesvitsjer bygges gjerne sammen.



Pakkesvitsj

Fiberoptisk kabel

– bedret kapasitet og kvalitet

I fiberoptiske kabler overføres informasjonen ved hjelp av lys. Fordelene med fiberoptiske kabler er:

- **Meget stor kapasitet.** Fiberoptiske kabler har nærmest «ubegrenset båndbredde». Begrensningene ligger i dag på transmisjonssystemene.
- **Skjernet mot støy.** Alle kabler langs elektrifiserte jernbanetraseer ligger i et elektromagnetisk støyfylt miljø. Siden fiberkabler ikke blir påvirket av elektromagnetisk støy, er de spesielt godt egnet til bruk langs elektrifiserte jernbanetraseer.
- **Lang rekkevidde.** Liten demping i fiberkablene gjør at signalet ikke behøver å regenereres («forsterkes») så ofte. Det transmisjonsutstyret som i dag benyttes av Jernbaneverket kan overføre signaler over 50 km før signalet blir så svekket at det må regenereres.

Digitale transmisjonssystemer benyttes for å overføre informasjon på fiberkablene.

Kabler – en livsnerve

Jernbaneverket har som mål å legge fiberkabel langs hele jernbanenettet, om lag 4000 km. I dag har vi om lag 2700 km fiberkabel. Parallelt med fiberkabelen ligger det parkabler på alle strekninger. Den eldste parkabel som er i bruk ble lagt i 1927.

En overgang til et rent fiberbasert kabelnett er i dag teknisk mulig. Siden Jernbaneverket allerede har parkabler langs hele jernbanenettet, vil det nok ta noen år før et rent fiberbasert kabelnett er en realitet.

Langs jernbanetraseene forlegges kablene på følgende måte:

- **Kabelkanaler** i betong er den mest kostbare forleggingsmetoden. Denne metoden har etter hvert blitt standard for kabelanlegg på sterkt trafikkerte strekninger. Fordelen med denne metoden er at kablene ligger godt beskyttet, samtidig som faren for at kablene skal skades, ved f. eks. gravearbeider langs sporet, er liten.

Kabler i kanal langs sporet

En hovedkabel kan ha opptil 500 kabelpar. Hvert kabelpar kan ha en funksjon – som i eksemplene til høyre.



Anviserskilt



Fjernstyring av klokker og høyttalere



Togledelse



- Luftkabler opphengt i kontaktledningmaster er en annen metode som benyttes. Denne metoden er klart billigere enn betongkanaler, men kablen er mer utsatt for skader. Metoden benyttes i dag først og fremst når det er krav om en hurtig kabelforbindelse. Disse kablene vil på sikt bli lagt i bakken, enten i kanaler eller direkte i bakken.
- Jordkabelanlegg er den mest benyttede anleggsmetode. Her blir kablene enten pløyd direkte ned i bakken, eller det graves en grøft og kablene legges i etterpå. Dette er en billigere anleggsmetode enn kanaler. Ulempen sammenliknet med kanalanlegg er en større sannsynlighet for graveskader ved arbeider langs sporet. Samtidig vil feilretting ta lengre tid, da det ofte vil være nødvendig å grave opp kablen når den skal repareres.

Internett og intranett

Jernbaneverket lanserte sitt nettsted i august 1999. Sidene presenterer og informerer om Jernbaneverkets oppgaver og organisasjon. Nettstedet inneholder nyhetsstoff relatert til Jernbaneverket, opplysninger om pågående prosjekter, oversikt over Jernbanenettet, historiske fakta og lenker til andre jernbanerelaterte nettsteder.

Internettadresse:
<http://www.jernbaneverket.no>

I løpet av første kvartal i 2000 skal Jernbaneverket presentere en ny intranett-løsning. Målet er å styrke Jernbaneverket gjennom bl.a. bedret servicenivå, informasjonsflyt og effektivitet, og redusere papirbruket. Intranettet vil hjelpe organisjonen med å strukturere og dele informasjon og dokumenter – på tvers av organisatoriske grenser og uavhengig av den normale arbeidstiden og geografisk plassering.



Kommunikasjon via ulike typer radiosystemer

Jernbaneverket bruker følgende radiosystemer:

- Togradio
- Vedlikeholdsradio
- Stasjonsradio

I en del tunneler benyttes *tunnelradio*. Dette er ikke – som navnet kan tyde på – egne radioer, men spesielle antennekabler som gjør at signaler til togradio, mobiltelefon og vedlikeholdsradio også når fram i tunnel. I tog benyttes også mobiltelefoner.

Togradio: Nytt system – supplerer blokktelefon

Fra 1993 har Jernbaneverket tatt i bruk et nytt togradiosystem.

På samme måte som det automatiske togovervåkningssystemet ATC, baserer togradiosystemet seg på baliser i skinnegangen ved signalanleggene og antenner som mottar signaler fra balisene. Balisene benyttes til posisjonsbestemmelser av tog. Når lokomotivet passerer balisene, gis signaler til lokomotivets datamaskin. Lokomotivens datamaskin har forbindelse med togradioen. Togradioen sender ut signaler som fanges opp av telenettet. Togradioene kan dermed fungere som en telefon. Siden hensikten med togradioen primært er å fungere som kontakt mellom togleder og lokfører – og dermed være en del av sikringssystemet, er det lagt restriksjoner på bruken.

Systemet med baliser gjør at togleder får togets posisjon og tognummer når han har kontakt med togradioen, og togradioen gir derved den samme informasjon som systemet med blokktelefoner gir.

Stasjonsradio – på stasjoner og godsterminaler

Stasjonsradio er et lokalt radiosystem som dekker radiokommunikasjonsbehovet innenfor et stasjonsområde. Kommunikasjonen foregår som oftest mellom stasjonsbetjeningen inne og personalet ute, men er ofte i bruk internt i arbeidslag på stasjonen for utveksling av informasjon.

Tele- og datasamband:

Et separat system – et eget samfunn – for jernbanen.

For å kunne få en sikker togframføring, hadde jernbanen tidlig behov for å kunne kommunisere over lengre avstander. Dette gjorde at jernbanen var først ute med å utvikle og bygge ut teleanlegg i Norge.

Jernbanen bygde opp sitt eget telenett utfra sine behov. Jernbanen ga i mange år publikum mulighet til å sende telegrammer på sitt nett.

Telenettet i Jernbaneverket

fungerer som et internt nett, med egen telefonkatalog og femsifrede telefonnumre. Samtidig er nettet integrert i Telenors riksomfattende telenett, med åttesifrede numre.

I og med at Jernbaneverket har egne kabler for sine teleanlegg, er viktige deler av jernbanens dataoverføringer skjermet for eksterne brukere, noe som er viktig for datasikkerheten.

Vedlikeholdsradio – til feltarbeiderne

Linje- og elektropersonale som jobber i felten, trenger samband. Til dette brukes vedlikeholdsradio, som fungerer både som walkie-talkie og som et mobilt telefon-samband.

Fjernstyrte høyttalere

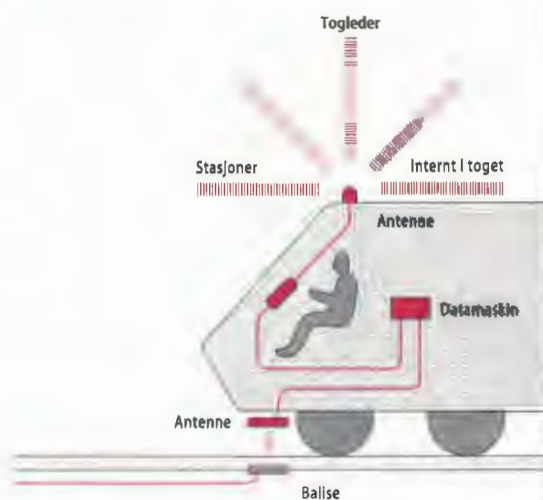
Jernbaneverkets teleanlegg gir mange muligheter for å gi informasjon til publikum. Et eksempel er fjernstyrte høyttalere, som er montert på de fleste stasjonene. Togleder kan gi beskjeder til passasjerer på de stasjoner som han ønsker å gi meldinger til – én, noen eller alle - via fjernstyrte høyttalere.



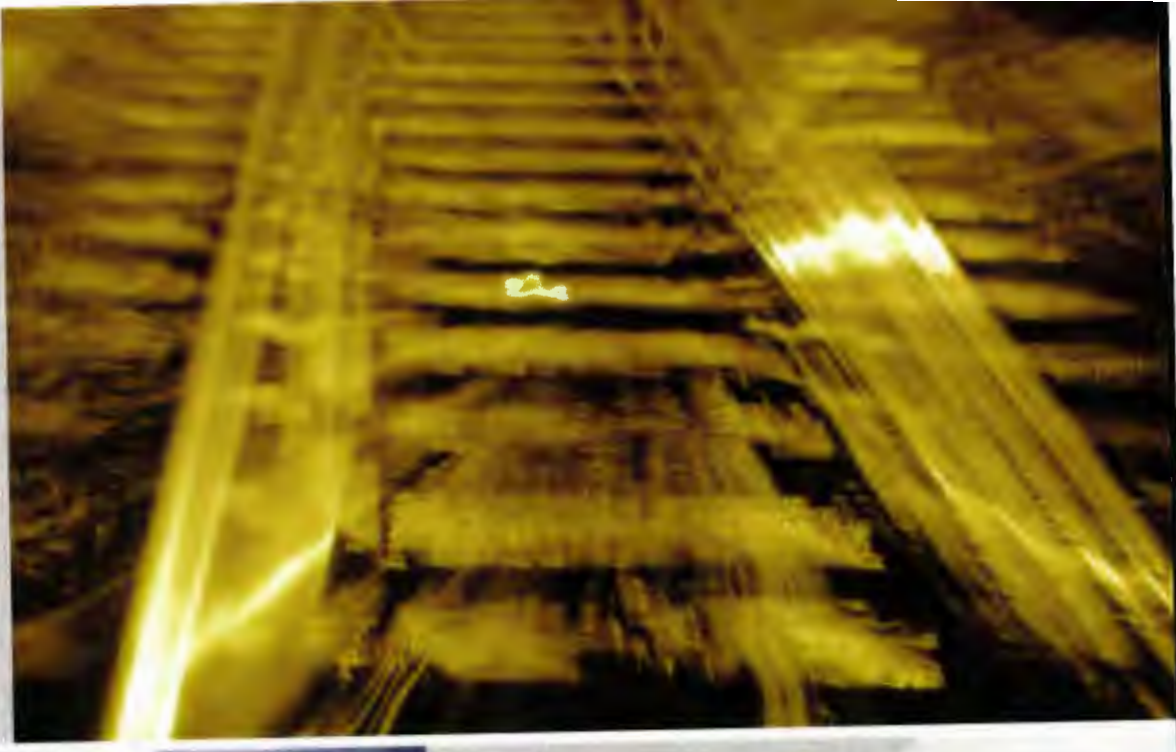
Togradiosystemet



Antenne for togradio



SLIK FUNKJERER JERNBANEN



Ordforklaring



Apparatskap – AS

Skap som står ved signalanlegg og som inneholder diverse utstyr, eksempelvis kabelavslutninger.



Asynkronmotor

En relativt enkelt oppbygd, lett og robust lokomotivmotor der spenning og frekvens til motoren reguleres ved hjelp av mikroprosessor.

ATC – Automatisk togkontroll

Fellesbetegnelse for DATC – Delvis ATC (system som gjør at togene stopper automatisk ved eventuell passering av rødt lys) og FATC – Full ATC (system som gjør at togene ikke overskrider den maksimalt tillatte hastighet).

Baliser

Anordning med reflektorer som festes på svillene ved signalanlegg, og som benyttes til å angi togenes posisjon og signalbeskjed til lokomotivet.



Blokkpost

Skillet mellom to blokkstrekninger.

Blokkstrekning

En sporstrekning mellom stasjoner der det til enhver tid bare kan befinne seg ett tog av gangen.

Blokktelefon

Telefon på stasjoner og blokkposter for direkte kontakt med togleder.



Bæreline

En line av elektrolyttkopper som «bærer» Hengetråd og Kontakttråd.

CTC

Sentralisert trafikk kontroll. System som muliggjør fjernstyring av signalanlegg for tog. Styres av togleder i en CTC-sentral. ECTC = Elektronisk CTC. RCTC = Relé-CTC. PLS-CTC = CTC bygd opp av PLS (se dette).

DATC – Delvis ATC / Delvis Automatisk togkontroll:

System som gjør at togene stopper automatisk ved eventuell passering av rødt lys.

Dieselektrisk drift

Dieselmotor med en generator som omformer dieselenergien til elektrisk energi.

Dieselhydraulisk drift

Trekraftmateriell med hydraulisk kraftoverføring for framdrift av toget.

Dvergsignal

Signal som regulerer lokale togbevelser på stasjoner.



Elektrotekniske anlegg

Et samlebegrep som omfatter anlegg for strømforsyning, signalanlegg og teleanlegg.

FATC – Full ATC / Full Automatisk togkontroll

System som gjør at togene ikke overskrider den maksimale tillatte hastighet.

Forriglingstabell

Tabell som viser hvilke krav som må oppfylles for at et tog skal få grønt lys for en togvei fra et bestemmelsessted til et annet.

Grensestasjon (signalteknisk)

Det stedet en fjernstyrt strekning (CTC) møter andre driftsformer.

Hengetråd

En elektrolyttkoppertråd, festet i Bærelinen, som bærer Kontakttråden.

Hovedsignal

Signal som gir beskjed om det er klart for kjøring inn på neste blokkstrekning.



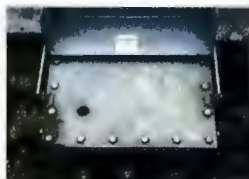
Høyt skiftesignal

Signal som regulerer lokale togbevegelser på stasjoner.



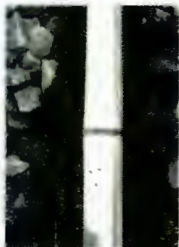
Impedanser

En innretning/motstand som bare slipper returstrøm forbi isolerte skinneskjøter.



Isolert skjøt

Isolasjon mellom skinneskjøter som hindrer strøm å komme gjennom.



Kabelkanal

Kasse i betong eller plast hvor kabler for elektrotekniske anlegg legges.



Kabelpar

To tråder i en kabel som overfører én type informasjon, danner tilsammen et kabelpar.

Koder

Anordning festet på signaler, som avføler og gir beskjed om signalets tilstand til lokomotivet via balisen.

Kondensatorbatteri

Et batteri som reduserer overføringstap for elektrisk energi.

Kontaktledningsanlegg

Komponentene strømforsyning for elektrisk banedrift består av, dvs ledninger, master, brytere mm.



Kontakttråd

Strømledningen, massiv tråd av elektrolyttkopper, som togets strømvaktar får strømmen fra.

Koplings skjema

Skjema som viser hvordan ledninger og brytere skal legges og kobles etter godkjent forriglingstabell.

Krenging

Teknologi som gjør at vogner krenger mer enn overhøyden tilsier i kurvene, og som dermed øker komforten til passasjerer. Krengetog kan ha større fart i kurvene enn tog som ikke krenger.

Kullsløpestykke

Den del av strømvaktaren som er i berøring med den strømførende kontaktråden. Kullbelagt overflate.

Lasteprofil

Det tverrsnittet på langs av banen som skal være fri for hindringer for det rullende materiellet, altså det tverrsnittet som begrenser størrelsen på det rullende materiellet.

Likestrøm

Strømovertøring med konstant polaritet.

Linjeblokk

System som hindrer mer enn ett tog i å kjøre inn på en definert togstrekning.

Matestasjon

Fellesbetegnelse på omformertransformator og kraftstasjoner som leverer – eller mater – elektrisk energi til NSBs kontaktledningsanlegg.

Motorvognsett

Tog som består av motorvogn og styrevogn, eventuelt med mellomvogner.



Omformerstasjon

Innretning som transformerer elektrisk energi til riktig spenning og gir vekselstrømmen riktig frekvens (perioder/Hz).



Overbygning

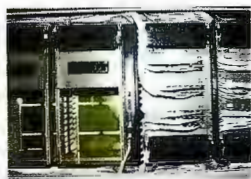
Skiner, sporveksler, sviller og ballast. Hviler på underbygningen.

Overgangskurve

Kurve som binder sammen rettstrekning og sirkelkurve. Formålet med en overgangskurve er både å bygge opp overhøyde og gi en «myk» overgang mellom rettstrekning og sirkelkurve.

Pakkesvitsj

Sorterer av elektronisk informasjon.



Pantograf

Se Strømvaktaker.

PCM-systemer

System som transformerer tale til dataspråk og tilbake til tale.

Perioder/Hz

Hvor ofte strømmens spenning skifter mellom + og – pr sekund.

PLS-teknikk (PLS – Programmerbare logiske systemer):

Teknikk som benyttes i signalanleggene og dagens sikringsanlegg, basert på elektronikk og datateknikk.

Regenerativ brems

System som gjør at bremseenergien kan tilbakeføres til strømmettet.

Regenerator

Forsterker signaler i kabler.

Relé

Elektromagnetisk bryter.

Returstrøm

Strømmen som går tilbake fra lokomotiv/trekkraftenhet til omformerstasjon.

Samtidig innkjør

Signalsystem som gjør det mulig for to tog i motsatt retning å kjøre samtidig inn på hvert sitt spor på en stasjon.

Skiftelokomotiv

Lokomotiver som brukes til å sette sammen og dele godstog.



Skinnetraktor

Lite skiftelokomotiv.



Sporavsnitt

Den minste delen av sporet som et signal kan gi kjøretillatelse til.

Sporfelt

En avgrenset del av sporet, hvor det kan detekteres om det er tog eller ikke. De fleste av jernbanens strekninger og spor er delt inn i sporfelt. Når et tog passerer fra et sporfelt til et annet, registreres dette i sikringsanlegget.

Sporplan

En plantegning som viser alle jernbanespor og sporveksler korrekt tegnet inn.

Sporveksel

En mekanisk innretning som gjør at rullende materiell kan kjøre fra et spor over i et annet.

Sporvekseldrivmaskin

Motor som sørger for at en sporveksel kan legges om.



Spredenett

Kabelnett fra sentral til lokal bruker.

Strømvaktaker

Innretning på elektrisk materiell som fører strømmen fra kontakttråden til trekkraftenhet.



Sugetransformator

Innretning som «suger» returstrømmen fra jord, og «presser» den inn i skinnene eller returledning.



Svakstrøm

Strøm med lave spenninger.

Teleanlegg

Jernbanens tele- og datasystem.

Terminalradio

Lokalt walkie-talkie system som brukes internt i en gods-terminal.

Togekspeditør –Txp

Person på stasjon som har ansvar for å ivareta nødvendig sikkerhet i togframføring på – og til/gjennom stasjonen.

Togleder

Fjernstyringsoperatør som overvåker og har ansvar for togframføring fra et kontrollrom.



Togradio

Radiotelefonsystem som gir lokfører kontakt med togleder.

Togvei

Definert «kjøreløype» gjennom spor og sporveksler.

Transformator

Innretning som endrer strømmens spenning fra et nivå til et annet.

Transmisjonssystem

System som overfører data og telefonsamtaler fra et sted til et annet via kabler.

Tunnelradio

Spesielle antennekabler som gjør at signaler til togradio, mobiltelefon og vedlikeholdsradio også når fram i tunnel.

Tyristor

Innretning som – ved hjelp av elektronisk utstyr – regulerer strømspenningen til lokomotivenes motor slik at den til en hver tid er på gunstigste nivå.

Underbygning

Masse bestående av grus og steinmateriale som skal sikre at ballast, sviller, skinner og sporveksler ligger stabilt og ikke beveger seg.

Universallokomotiv

Fellesbetegnelse på lokomotiv som er godt egnet til både å trekke både persontog og godstog.

Vedlikeholdsradio

Kombinert walkie-talkie og mobilt telefonsamband som benyttes av bane- og elektro-mannskap som jobber i felten.



Vekselstrøm

Strømoverføring hvor strømmen skifter mellom positive (+) og negative (-) spenninger hele tiden.

Vekslingsfelt

For kontaktledning strekning med overgang fra en kontaktledning til den neste.

X25

Internasjonal standard for data-kommunikasjonssystem.

X400

Nyere internasjonal standard for data-kommunikasjonssystem.

Åk

Oppheng for kontaktledninger som spenner over flere spor.





Jernbaneverket



Jernbaneverket

Postboks 1162 Sentrum
0107 Oslo
Sentralbord 22 45 50 00

Hovedkontoret

Tlf 22 45 51 00
Stortorvet 7
Postboks 1162 Sentrum
0107 Oslo

Region Øst

Tlf 22 45 71 00
Stenersgt. 1A (Oslo City)
0048 Oslo

Region Sør

Tlf 32 27 57 00
Strømsø Torg 1
3006 Drammen

Region Vest

Tlf 55 96 61 02
Strømg. 1
5015 Bergen

Region Nord

Tlf 72 57 25 00
Pirsenteret
7005 Trondheim

Utbygging

Tlf 22 45 57 00
Stenersgt. 1D (Oslo City)
0048 Oslo

Baneservice

Tlf 22 45 66 00
Stenersgt. 1A (Oslo City)
0048 Oslo

Bane Partner

Tlf 22 45 61 00
Stortorvet 7
Postboks 1162 Sentrum
0107 Oslo

Bane Tele

Tlf 22 45 55 00
Stortorvet 7
(inng. Nedre Slottsgt.)
Postboks 1162 Sentrum
0107 Oslo

Bane Energi

Tlf 22 45 56 00
Stortorvet 7
Postboks 1162 Sentrum
0107 Oslo

Norsk Jernbanemuseum

Tlf 62 51 31 60
Strandveien 132
Postboks 491
2301 Hamar