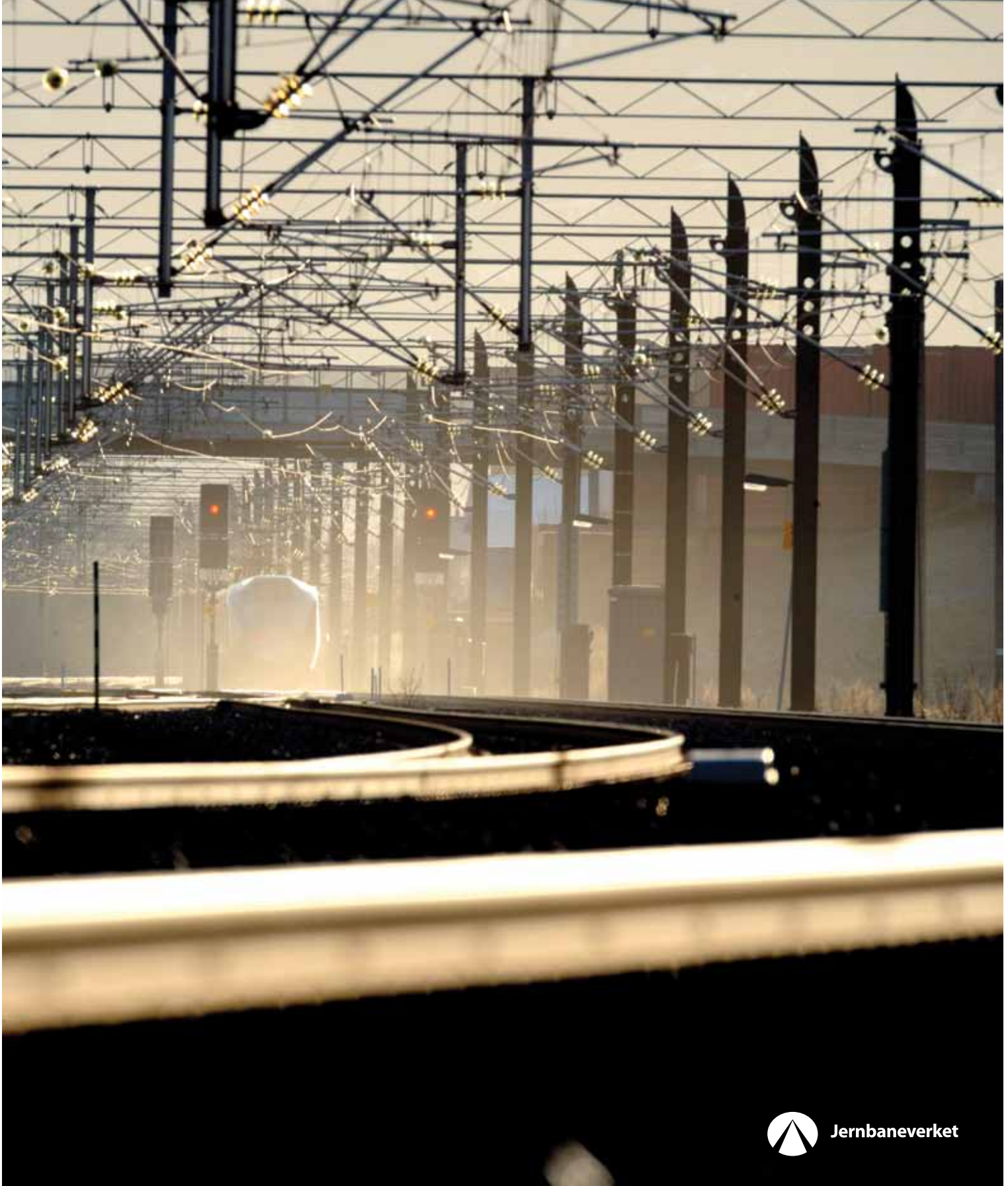


Slik fungerer jernbanen

EN PRESENTASJON AV TRAFIKKSYSTEMETS INFRASTRUKTUR





Innhold

Kapittel 1: Innledning	4
Slik fungerer jernbanen	4
Jernbanesektoren – en kort presentasjon	6
Aktørene i jernbanesektoren	6
Jernbanens samfunnsansvar	7
Klima og miljø	7
Sikkerhet	7
Tilgjengelighet	7
Trafikkavvikling	7
Jernbanens framtid	8
Jernbanenettet i Norge	8
Nøkkeltall for infrastrukturen	9
Fra idé til gjennomføring	10
Planprosessen etter plan- og bygningsloven	10
Kapittel 2: Samspill kjøreveg og tog	14
Hva kreves for å kunne kjøre tog?	15
Kjørevegen – mer enn skinner	15
Elektrotekniske anlegg	15
Kapasitet	16
Tildeling av togruter	16
Togmateriell – mange ulike typer	16
Hastighet	16
Høyhastighet	17
Kapittel 3: Mer om spor og trasé	18
Jernbanens trasé	19
Antall spor bestemmer kapasiteten	20
Togmateriell og driftsformer	20
Kapittel 4: Strømforsyning	22
Fra kraftverk til lokomotivets motor	23
Kontaktledningsanlegget	26
Lavspenningsanlegg	29
Kapittel 5: Signalanlegg	30
Det er trygt å kjøre tog	31
Signalanlegget gir sikker togframføring	31
Ulike typer signaler	32
Hvordan bygges et nytt signalanlegg?	33
Automatisk togkontroll	33
Fjernstyring	34
Kapittel 6: Teleanlegg	36
Jernbaneverket har i dag et moderne, digitalt telenett	37
Ordforklaringer	40

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

Utgitt av: Jernbaneverket, Oslo, oktober 2012

Design: Red Kommunikasjon

Foto: Øystein Grue, Odd Furenes, Hilde Lillejord, Njål Svingheim, Lillian Jonassen og Magne Hamar

Illustrasjoner: Hans Haugen, Offset Forum AS, redigert av Red Kommunikasjon



Kapittel 1: innledning

Slik fungerer
jernbanen

Byggeleder Tim Mitchley, Jernbaneverket i samtale med anleggsleder Riko Schwenzitzki fra entreprenøren DB Bahnau Gruppe.



Framføring av tog er et puslespill som er langt mer komplisert enn det kanskje kan synes som. Daglig trafikkeres det statlige jernbanenettet i Norge av rundt 1 500 tog. Det krever mye både av jernbanesystemene og aktørene i jernbanesektoren.

Denne brosjyren har som mål å gi en forklaring på hvordan jernbanesystemet fungerer, med hovedvekt på de elektrotekniske anleggene strømforsyning, signalanlegg og teleanlegg. Brosjyren retter seg mot alle med spesiell interesse for jernbanen, samtidig som den kan fungere som et oppslagsverk for "folk flest". Les den gjerne i kombinasjon med Jernbaneverkets årsrapport. For å illustrere noe av kompleksiteten i jernbanesystemet kommer vi også inn på en del av de øvrige forutsetningene for å kunne sikre en trygg og effektiv trafikkavvikling på norske jernbanespor. Blant annet vil du finne omtale av den viktige kapasitetsfordelingsprosessen samt litt om planprosessen for utbygging av jernbaneinfrastruktur.

Innledningsvis gir vi en kort presentasjon av jernbanesektorens ansvars- og rollefordeling, jernbanens samfunnsansvar og konkurransefortrinn. Du finner også et kart over jernbanenettet og noen nøkkeltall for infrastrukturen.

God lesning!

Jernbanesektoren – en kort presentasjon

Samferdsel påvirker hvor og hvordan utviklingen i samfunnet vårt skjer. Blant annet påvirkes bosetningsmønstre, næringsutvikling, miljøet og folks hverdagsliv. Det statlige jernbanenettet er en viktig del av samfunnets infrastruktur og skal fungere i samspill med den øvrige infrastrukturen.

Jernbaneverket opplever vilje til å satse på jernbanen som en framtidrettet transportform. I Nasjonal transportplan for perioden 2010-2019 gikk det fram at 92 milliarder kroner skulle investeres i jernbanen i tiårsperioden.



Jernbanens samfunnsansvar

Klima og miljø

Miljø- og klimahensyn er blitt stadig viktigere de siste årene. I 2008 vedtok Stortinget Klimaforliket, der et av de viktigste målene er at Norge skal bli karbonnøytralt i 2030.

Nasjonal transportplan 2010-2019 krevde at alle store investeringsprosjekter innen samferdsel skulle redegjøre for sine klimagassutslipp. De fire transportetatene har gått sammen om en felles metode, et miljøbudsjett, som skal synliggjøre klimagassutslipp som oppstår på grunn av bygging og bruk av ny infrastruktur. Dobbeltsporutbyggingen mellom Oslo og Ski er et pilotprosjekt i denne sammenheng. Miljøbudsjettet skal igjen danne grunnlag for framtidige miljøregnskap.

Jernbane er i utgangspunktet en svært miljøvennlig transportmåte, og investeringene i jernbanen defineres ikke lenger kun som en investering i samfunnets infrastruktur, men også som et miljøpolitisk satsingsområde. Hvert år foretas over 55 millioner personreiser på det norske jernbanenettet, og det fraktes betydelige godsmengder over lengre distanser. Slik bidrar dagens jernbane til å løse samfunnets transportoppgaver på en miljøvennlig måte. Økt markedsandel for jernbanen på bekostning av mindre miljøvennlige transportformer må imidlertid til dersom Stortingets klimamål skal innfris. Samtidig med nyinvesteringer og intensivert vedlikehold på dagens jernbane er det viktig å utvikle og innføre løsninger som kan styrke jernbanens miljøfortrinn ytterligere.

Energisparing i form av regulering av sporvekselvarme er eksempel på et tiltak som bidrar sterkt i positiv retning. Her kan energibruken reduseres med opptil 70 prosent. Andre analyser og utførte tiltak viser at det er mulig å få ned energibruken med hele 25 prosent eller mer gjennom ulike enøk-tiltak i Jernbaneverket.

Det største sparepotensialet for jernbanen ligger likevel i å redusere den energien som går med til å kjøre togene. Sammen med svenske og danske partnere har Jernbaneverket utviklet et standardisert måle- og strømvægningsverktøy kalt ERESS (European Railway Energy Settlement System) som gir svar på hvor mye strøm togene bruker ved normalkjøring, akselerering og oppbremsing. Kunnskapen gir togselskapene mulighet til å gi opplæring og tilbakemeldinger via systemet. Erfaringer viser at mer energieffektiv kjøring kan redusere energibruken betydelig.

Sikkerhet

Jernbane er et av de sikreste transportmidlene våre, men ulykker med tog kan få store konsekvenser. Derfor stilles det spesielt store krav til sikkerhet. Jernbaneverket skal ikke medføre skade på mennesker, miljø eller materiell. Derfor har Jernbaneverket en nullvisjon når det gjelder antall omkomne, og det arbeides kontinuerlig med risikoforebyggende tiltak for å redusere antall alvorlige hendelser. Blant annet er sikring av planoverganger og tiltak for å hindre påkjørsel av dyr viet stor oppmerksomhet.



Tilgjengelighet

Tilgjengelighet for alle er et annet samfunnsansvar som tas på alvor både ved nyinvesteringer og ved rehabilitering av tog, stasjoner og øvrig infrastruktur.

Trafikkavvikling

Hoveddelen av Norges jernbanenett er enkeltsporet. Derfor er det mange hensyn å ta både i ruteplanleggingen og i trafikkavviklingen, men hensynet til sikkerheten har alltid førsteprioritet.

Der togtrafikken er størst, rundt de store byene, kan raske tog med få stopp lett forsinkes av forangående lokaltog med mange stopp. Togene har ulik motorytelse og ulike stoppmønstre, og møte mellom tog må skje på stasjoner med kryssingsspor eller på kortere eller lengre kryssingsstrekninger. Oppstår det en feil ved infrastrukturen et sted eller et tog får problemer, kan dette få store konsekvenser for punktligheten i togtrafikken.

Å øke hastigheten på togene stiller nye krav til materiell og sporkvalitet. En hastighet på 200 km/ time eller mer krever blant annet at traséen er forholdsvis rett, at togene har tilstrekkelig trekkraft og at strømforsyning og signalanlegg er tilpasset denne farten. Dette kan du lese mer om fra side 14 og framover.

Mer om signalanlegg, fjernovervåking og sikker togframføring finner du i kapittel fem.

Fakta

Aktørene i jernbanesektoren

Stortinget

Stortinget avgjør de langsiktige utviklingsplanene for jernbanen ved behandling av stortingsmelding om Nasjonal transportplan (NTP).

Samferdselsdepartementet

Departementets ansvarsområder er persontransport, godstransport, posttjenester og telekommunikasjon. Samferdselsministeren er departementets øverste politiske leder. Underliggende etater er: Jernbaneverket, Luftfartstilsynet, Post- og teletilsynet, Statens havarikommisjon for transport, Statens jernbanetilsyn, Statens vegvesen og Taubanetilsynet.

Jernbaneverket

Jernbaneverket er statens fagorgan for jernbanevirksomhet. Jernbaneverkets oppgave er å tilby togselskapene i Norge et sikkert og effektivt trafikksystem gjennom å planlegge, bygge ut, drifte og vedlikeholde det statlige jernbanenettet inkludert stasjoner og terminaler. I tillegg har Jernbaneverket ansvaret for den daglige styringen av togtrafikken og trafikkinformasjon til de reisende i forkant av reisen. Jernbaneverket mottar hvert år bestilling fra togselskapene på over 2 000 «ruteleier» – det vil si tilgang til sporet for å kjøre tog.

Det er Stortinget som bevilger de årlige budsjettene for Jernbaneverkets virksomhet, og Samferdselsdepartementet stiller i egenskap av eier krav til hvordan etaten skal forvalte ressursene.

Statens jernbanetilsyn (SJT)

SJT er en utøvende kontroll- og tilsynsmyndighet for både offentlige og private aktører innen jernbanesektoren inkludert trikk og t-bane i Norge. SJT er en selvstendig etat underlagt Samferdselsdepartementet. Aktivitetene til tilsynet blir finansiert over det ordinære statsbudsjettet. På www.sjt.no finnes oppdatert oversikt over samtlige jernbanevirksomheter som SJT har tilsyn med.

Statens havarikommisjon for transport

Statens havarikommisjon for transport er et forvaltningsorgan med ansvar for å undersøke ulykker og hendelser innen luftfart, vegtrafikk, sjøfart og jernbane (herunder også sporveger og T-bane). Undersøkelsene har til formål å forbedre sikkerheten og forebygge ulykker innenfor transportsektoren.

Togselskapene

Togselskaper som ønsker å kjøre gods- eller persontog på det statlige jernbanenettet, må ha en gyldig sportilgangsavtale.

Underleverandører

Jernbanesektoren består også av en rekke spesialiserte firma som er underleverandører til hovedaktørene. De tilbyr for eksempel verkstedtjenester for togmateriell og prosjektering, bygging og vedlikehold av jernbaneinfrastruktur.

Jernbanens framtid

Jernbanens framtid i Norge ser lysere ut enn på lenge. Det skal bygges et kapasitetssterkt jernbanenett i Intercity-området rundt Oslo, og ulike høyhastighets-konsepter skal utredes.

Jernbaneverket har utarbeidet følgende fram-tidsbilde mot 2040 for å synliggjøre sine mål:

Jernbanen er den transportmåten i Norge som både passasjerer og godskunder foretrekker å bruke.

I hele perioden fram til 2040 har jernbanen økt sin markedsandel. Togene går punktlig, og reise-tiden har gått radikalt ned.

På fjernstrekningene konkurrerer vi med flyet, og rundt de store byene har vi gitt det viktigste bidraget til at kollektivtrafikken har tatt all trafikkveksten.

Godstogenes markedsandeler har økt på bekost-ning av vegtrafikken. Vi har bidratt til sikrere og mindre miljøskadelig transport i Norge.

Jernbanenettet i Norge

- Elektrifisert
- Ikke elektrifisert



Nøkkeltall for infrastrukturen

Infrastruktur per 31.12.2011

EL	Bane	Km bane (linjekilometer)	Herav antall km dobbeltspor
●	Nordlandsbanen	726	
■	Sørlandsbanen	549	14
■	Dovrebanen	485	4
●	Rørosbanen	382	
■	Bergensbanen	371	
■	Østfoldbanen vestre linje	171	64
■	Vestfoldbanen	138	25
■	Gjøvikbanen	123	2
■	Kongsvingerbanen	116	
●	Raumabanen	115	
●	Solørbanen	94	
■	Hovedbanen	68	20
■	Meråkerbanen	70	
■	Gardermobanen	64	60
■	Østfoldbanen østre linje (Ski-Sarpsborg)	78	
■	Randsfjordbanen (Hokksund-Hønefoss)	54	
■	Bratsbergbanen	47	
■	Oftobanen	43	
■	Drammenbanen	42	42
■	Arendalsbanen	36	
■	Roa-Hønefossbanen	32	
■	Flåmsbana	20	
■	Askerbanen	15	15
■	Spikkestadbanen	13	
■	Tinnosbanen (Hjuksebø-Notodden)	10	
■	Brevikbanen	9	
●	Stavne-Leangenbanen	6	
■	Godssporet Alnabru-Loenga	7	
■	Alnabanen	5	
■	Skøyen-Filipstad	2	1
Sum baner med regulær trafikk		3 891	247
Sidebaner uten regulær trafikk		244	
Totalt		4 135	247

- Elektrifisert
- Ikke elektrifisert

Fra idé til gjennomføring

Planleggingen av et utbyggingsprosjekt starter gjerne med at det registreres et behov for å etablere en ny jernbaneforbindelse eller forbedre og modernisere en eksisterende strekning.

Det første som skjer i en slik prosess, er at det lages en utredning for å sjekke ut nærmere hvilke tiltak som er fornuftige å gjennomføre. Utredningen skal inneholde kalkulerede kostnader for tiltaket, usikkerhetsanalyser og samfunnsøkonomiske analyser. I en del tilfelle vil det også være aktuelt å invitere aktuelle fylkeskommuner, kommuner og andre aktører utenfor Jernbaneverket til å delta i vurderingene.

I neste trinn vil det utarbeides en mer detaljert hovedplan for tiltaket. For realisering av tiltak i hovedplanen vil det i mange tilfeller være behov for en offentlig arealplanprosess etter plan- og bygningsloven, som kommunedelplan eller reguleringsplan. Hovedplanen vil da være det tekniske grunnlaget for arealplanen.

Planprosessen etter plan- og bygningsloven

Planlegging etter plan- og bygningsloven (Pbl) skal sikre åpne, forutsigbare og inkluderende prosesser for alle som blir berørt av en utbygging. Også Jernbaneverket må forholde seg til denne loven når nye jernbaneanlegg skal planlegges.

En ny korridor for jernbanen er et typisk spørsmål som vil omfattes av plan- og bygningsloven, og som krever vedtak fra både regionale og kommunale myndigheter. I første fase i arbeidet skal berørte myndigheter varsles om at det vil komme en plan. Det må også lages et planprogram som klargjør premisser, innhold, medvirkning, framdrift og behovet for utredninger. Planprogrammet utarbeides for alle regionale planer, kommuneplaner og kommunedelplaner. Om tiltaket får vesentlige virkninger for miljø og samfunn, skal det lages et planprogram også for kommende reguleringsplaner.

Regional planmyndighet (vanligvis fylkeskommunen) fastsetter deretter retningslinjer for arealbruk i en regional plan som skal ivareta nasjonale interesser. Den regionale planmyndigheten kan også gi et «bygge- og deleforbud» for et område i inntil ti år, slik at de berørte kommunene får lagt korridoren inn i kommuneplanen og fattet gyldige arealvedtak.

De konkrete planene om blant annet traséløsninger, utforming av stasjonsområder og godsterminaler, blir som regel vedtatt i kommunedelplaner. Men før endelig byggetillatelse kan gis, må det også utformes en reguleringsplan. Vanligvis vil Jernbaneverket samarbeide nært med planmyndigheten (kommunen), før det fremmes et forslag til kommunedelplan og reguleringsplan. Planen vil deretter legges ut til offentlig ettersyn, slik at eventuelle innsigelser og endringsforslag kan komme på bordet.

Prosjekteier, i dette tilfellet Jernbaneverket, vil ha ansvar for at tilstrekkelig underlag og forankring er gjort internt og for at de offentlige planprosessene startes i tide.

Prosjekteier, i dette tilfellet Jernbaneverket, vil ha ansvar for at tilstrekkelig underlag og forankring er gjort internt og for at de offentlige planprosessene startes i tide.

Kommunedelplan og konsekvensutredninger

Jernbanetiltak som får omfattende konsekvenser for større arealer, bør som hovedregel planlegges som kommunedelplan, før de detaljerte reguleringsplanene blir utarbeidet. Typiske eksempler er nye enkelt- og dobbeltsporstraséer og større godsterminaler. Kommunedelplanen skal alltid konsekvensutredes for å sikre at planer eller tiltak tar tilstrekkelig hensyn til miljø, naturressurser og samfunn. Grunnlaget for konsekvensutredningen er Miljøverndepartementets forskrift og veiledningsmateriale.

Reguleringsplan gir rettigheter

Reguleringsplanen er ofte en detaljert beskrivelse av kommunedelplanens bestemmelser om trasé og standard for tiltaket. Med en godkjent reguleringsplan vil Jernbaneverket ha det formelle grunnlaget for å erverve grunn og foreta den planlagte utbyggingen.

For mange mindre tiltak kan det være aktuelt å utarbeide reguleringsplan uten å gå veien om en kommunedelplan. Det forutsetter imidlertid at formålet er i tråd med den overordnede arealbruken som allerede er vedtatt i kommuneplanen. En slik framgangsmåte kan likevel utløse et krav om konsekvensutredning etter forskriften fra én eller flere berørte parter.

Reguleringsplan kan utarbeides som områderegulering eller detaljregulering. Områderegulering brukes der kommunen mener det er behov for å gi mer detaljerte avklaringer om et helt område, mens detaljregulering kan skje som utfylling eller endring av vedtatt reguleringsplan. For de fleste jernbanetiltak er detaljregulering mest aktuelt. Fra tid til annen kan imidlertid områderegulering være det beste, som for eksempel for stasjonsområder som er en del av et større knutepunkt (med for eksempel buss, taxi og parkering).



Fakta

Prosesskart

Prosess for kommuneplan og kommunedelplan



Planvedtak skal kunngjøres. Det skal opplyses om klageadgang og -frist.



Kapittel 2:

Samspill kjørevege og tog

Hva kreves for å kunne kjøre tog?

Kjørevegen – mer enn skinner

Underbygning

Fundamentet for jernbanens spor er underbygningen. Underbygningen består av massen som jernbanesporet – sviller og skinner – ligger på. I tillegg består underbygningen av mange ulike konstruksjoner, som bruer, kulverter, stikkrenner og tunneler. På mange av de gamle banestrekningene er banenettet bygget med for smale fyllinger i forhold til de kravene moderne togtrafikk stiller. Dagens underbygning må imøtekomme strenge krav til frostsikring, stabilitet, drenering og visuelle forhold.

Overbygning

Overbygningen består av ballast/pukk, sviller, skinner og sporveksler. Overbygningen legges i en matematisk beregnet trasé som består av rettlinjler, overgangskurver og kurver. Beregningen tar hensyn til gitt hastighet og hvilke krefter som tillates på de ulike komponentene, og etter hva som oppleves som komfortabelt for de reisende. Overbygningen skal ivareta samspillet mellom toget og sporet. Toget med sine faste aksler har hjul med koning som vugger sideveis for å utligne den differanse som hjulet i innerstreng og ytterstreng må tilbakelegge. Et korrekt justert spor gir toget en behagelig huskende bevegelse over rettstrekninger og kurver.

Persontrafikkstasjoner og tilgjengelighet

Jernbanestasjonen skal bidra til at de reisende kommer ut og inn av togene via plattformer og gi en god overgang til passasjerenes videre ferd, enten det er via buss, taxi, bil, på sykkel eller som gående. Det er strenge krav til utformingen av stasjoner når det gjelder tilgjengelighet, ryddighet, sikkerhet og visuelle forhold. På stasjonen skal de reisende få tilstrekkelig informasjon om togavganger via toganvisere, skilter og høyttaleranlegg.

Kryssingsmuligheter

På enkeltsporede baner, som det er mye av i Norge, er det en rekke kryssingsspor, slik at togene skal kunne møte og passere hverandre. Dette gjøres ved at det over en strekning er bygd dobbeltspor, med en sporveksel i hver ende. Slik kan det ene toget kjøre først inn i det ene sporet og stoppe der, mens det møtende toget passerer i det andre. Kryssings-sporene må dimensjoneres ut fra de lengste togene og vil derfor, med sikkerhetssoner og avstandskrav, få lengder på over 1 000 meter.

Godshåndtering

På godsterminalene lastes og losses godstogene. Gods mottas, sorteres, videreformidles og kan om nødvendig lagres. Moderne godsterminaler har kortere terminaltid for gods enn eldre terminaler, og dermed forkortes også framføringstiden.

Elektrotekniske anlegg

I jernbanens kjørevege inngår også de elektrotekniske anleggene.

- Strømforsyningen tilfører lokomotivene kraft på de bane-strekningene der det er elektrisk drift. Strømmen kommer til lokomotivet via kontaktledningsanlegget, går gjennom lokomotivens strømvakt og gjøres om til trekraft i de elektriske motorene. Et elektrisk tog er avhengig av kontinuerlig forsyning av energi langs banen, mens på linjer som ikke er elektrifisert, benyttes dieseldrevet togmaterieil.
- Signalanleggene sørger for en trafiksikker togframføring og at linjenes kapasitet utnyttes best mulig. Togtrafikken kontrolleres gjennom fjernstyring av signalanleggene.
- Teleanlegg sørger for nødvendig samband for togframføringen, og dermed for at de tekniske anleggene fungerer som de skal.

Fakta

Kjørevegens fem hovedelementer:

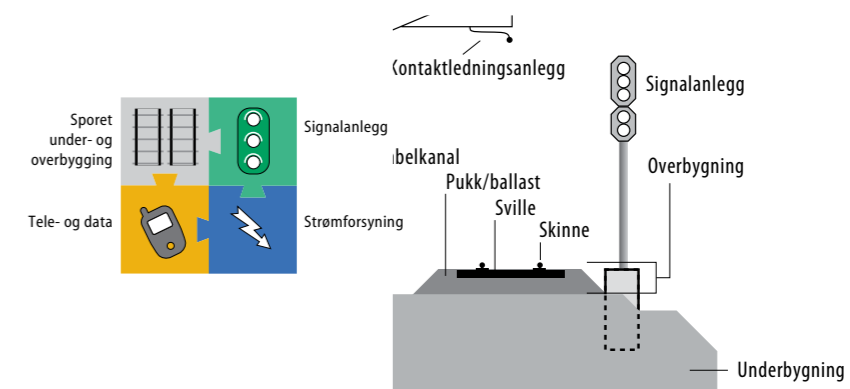
Strømforsyningsanlegg: Kontaktledningsanlegget sikrer kontinuerlig overføring av elektrisk energi til togene.

Signalanlegg: Sikrer trygg, rask og punktlig togframføring

Underbygning: Sikrer at sporet ligger stabilt

Teleanlegg: Sikrer nødvendig samband.

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



Ordfliste

Kulvert

en tunnel eller gjennomgang gjennom løsmasser, ofte bestående av betongelementer eller -rør, for gjennomføring av for eksempel trafikk eller tekniske installasjoner

Kapasitet

Kapasiteten i jernbanenettet er avgjørende for om dagens trafikk kan avvikles på en god måte, men også for hvorvidt banenettet kan ta imot økt trafikk i framtiden.

Jernbaneverket er pålagt å sørge for at alle togselskapers kapasitetsforespørsler imøtekommes så langt det er mulig. Kapasiteten på det statlige jernbanenettet er imidlertid flere steder utnyttet over det som er anbefalt.

Dersom det ikke er mulig å imøtekomme alle søknader om kapasitet på en jernbanestrekning, er Jernbaneverket pålagt å erklære strekningen for overbelastet. Deretter skal årsaken til overbelastningen analyseres, og tiltak for å redusere problemene på kort og lang sikt skal utarbeides i samråd med brukerne.

Mangel på kapasitet kan ha følgende negative konsekvenser

- kjøretiden øker
- forsinkelser som i utgangspunktet rammer bare ett tog, vil lettere spre seg til flere tog
- punktlighetsmålene blir vanskeligere å nå
- det kan bli nødvendig å redusere lengden på godstogene for at disse skal kunne krysse på stasjoner med kortere spor
- det kan bli nødvendig å erklære flere strekninger for overbelastet

Tildeling av togruter

Kapasitetsfordeling er en omfattende og tidkrevende prosess som starter ca. ett år før ruteskifte. For at ruteskifte og planleggingen av internasjonale og nasjonale togruter skal kunne foregå samtidig, er tidspunktene for ruteskifte og bestilling av infrastrukturkapasitet (ruter) fastsatt ved internasjonale avtaler. Det årlige ruteskifte finner sted ved midnatt andre lørdag i desember.

Togselskapene bestiller ruter basert på etterspørsel fra markedet og egne behov. Det er Jernbaneverkets oppgave å tilpasse bestillingene etter kapasiteten i infrastrukturen.

Ruteplanen må også ta hensyn til nødvendig vedlikehold og fornyelse av infrastrukturen (spor, sikringsanlegg, strømforsyning).

Jernbaneverket må derfor på linje med togselskapene søke om togfrie luker til slikt arbeid. Slike arbeidsperioder der sporet er forbeholdt vedlikehold og fornyelse, blir gjerne lagt til helger når trafikken er minst.

I ruteplanprosessen planlegger togselskapene hvordan det rullende materialet skal benyttes, og hvor mange lokomotivførere og konduktører som trengs for å gjennomføre sin del av ruteplanen.

For hver ruteplan utarbeides det en grafisk ruteplan som viser hvordan kapasiteten (rutene) er fordelt. Den viser også ledig kapasitet til for eksempel kjøring av tog på ad hoc basis. Det utarbeides også rutepublikasjoner som rutetabeller for kundene, togtidsplakater som viser togtrafikken på den enkelte stasjon og spesielle rutebøker til bruk for lokomotivførere og konduktører.

Togmateriell – mange ulike typer

Lokomotiv med vogn, eller motorvognsett

Lokomotiver brukes til å trekke enten godsvogner eller personvogner. Motorvognsett kan sees på som sammenkoblede personvogner hvor én eller flere av disse er selvdrevne.

Lokomotiver og motorvognsett har førerhus i begge ender for å kunne kjøre i begge retninger. De er enten elektrisk drevet eller dieseldrevet.

Skiftelokomotiver og skiftetraktorer er små lokomotiver som brukes til å flytte vogner over kortere avstander, f.eks. inne på stasjonsområder. De er som regel dieseldrevet og har kun ett førerhus som til gjengjeld er konstruert slik at fører har god utsikt i begge retninger.

Hastighet

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. Nyere strekninger planlegges nå for hastigheter opp til 250 km/time.

Høyhastighet

Hva må til av forbedringer for at togene i Norge skal kunne kjøre med en fart på 250 km/time?

Bedre trasé

Av hensyn til passasjerenes komfort trenger konvensjonelle tog en kurveradius på 2 900-4 000 meter for å kjøre i 250 km/time. 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. Det vil også gjøre det mulig å bruke tyngre godstog.

Sikkerhet og krav til punktlighet gjør at det ikke er tillatt med planoverganger på strekninger der hastigheten er over 160 km/time. Høy hastighet på enkeltsporede strekninger krever lange strekninger med dobbeltspor – på riktig sted i forhold til rutetabellen – dersom togene ikke skal tape tid fordi de må vente på kryssende tog.

Forbedret strømforsyning

Raske tog bruker mer energi enn dagens konvensjonelle tog og vil kreve både økt energiproduksjon og økt energioverføringskapasitet fram til lokomotivene/motorvognene. Ved en hastighet på 250 km/time stilles det store mekaniske krav til kontaktledningsanlegget. For å sikre god strømovertføring til tog som kjører i denne hastigheten, er kravene større enn hva de fleste av dagens jernbanestrekninger kan oppfylle.

Moderne materiell

Økt topphastighet krever økt ytelse i togenes framdriftssystem for å kunne akselerere til topphastighet innen rimelig tid og for å kunne holde høy hastighet også i stigninger. Elektriske lokomotiver har ca. tre ganger større ytelse enn diesellokomotiver med samme vekt. I praksis må derfor tog for topphastigheter på 200 km/time eller mer være elektrisk drevne. Dette blir enda viktigere i kupert land som Norge.

Moderne materiell for topphastighet på 200 km/time eller mer støyer i seg selv ikke mer enn materiell bygd for lavere hastigheter. Det gjelder også når de kjører fort.



Fakta Krav til signalanlegg

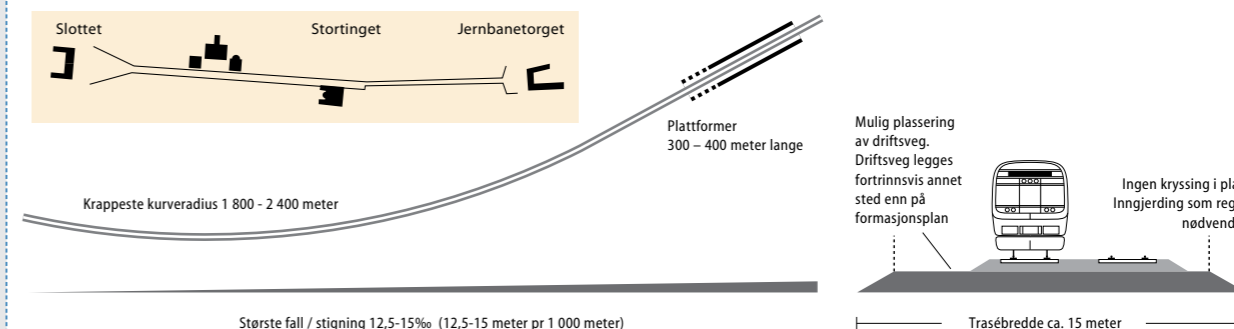
Når togenes hastighet skal overstige 130-160 km/time endres kravene til signalanlegg. Større fart krever for eksempel en annen plassering enn i dagens system og et annet system for å sikre sporveksler. I tillegg kreves det sikker overføring av hastighetsinformasjon til fører ut over den informasjonen som gis av optiske signaler.



Fakta

Nye jernbaneparseller bygges nå normalt for en fart på 200-250 km/time. Gardermobanen var den første hele jernbanestrekning som trafikkeres med tog med 210 km/time.

Krav til trasé for 200 km/time. Kartet av Karl Johans gate fra Jernbanetorget til slottet illustrerer dimensjonene.



Kapasitetsfordeling

Tildeling av kapasitet (ruter) i jernbanenettet til kjøring av tog og vedlikehold av infrastrukturen

Motorvognsett

Tog som består av motorvogn og styrevogn, eventuelt med mellomvogn

Skiftelokomotiv

Lokomotiver som brukes til å sette sammen og dele godstog

Lokomotiv

Drivenhet som sørger for trekkraft i et tog

Kapittel 3:

Mer om spor og trasé

Jernbanens trasé

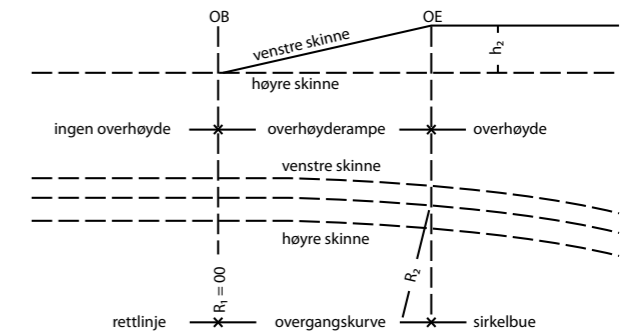
Norge er et svært kupert land. Det er derfor behov for å legge inn mange horisontal- og vertikalkurver for å tilpasse seg terrenget best mulig. I en kurve vil toget skifte retning, og det oppstår en sentrifugalakselerasjon ut fra sirkelkurvens parametre. Det dannes dermed krefter som virker mellom tog (hjul med flenser), skinner og sviller og videre nedover i underbygningen. Hvilken hastighet som tillates, avgjøres dermed av kvaliteten på underbygningen.

Det er imidlertid hensynet til de reisende som er dimensjonerende for hvilken hastighet toget kan ha i Norge, siden toget og overbygningens tekniske egenskaper kunne tillatt langt høyere hastighet.

På en rettlinje virker tyngdekraftens akselerasjon (g) bare vertikalt nedover. Når toget kommer til en horisontalkurve (R), vil det skape enda en akselerasjon, som en passasjer vil føle virker ut av kurven, en såkalt sideakselerasjon. For å motvirke denne sideakselerasjonen bygges ytterstrengen opp med en overhøyde (h). Imidlertid framføres toget normalt med en hastighet (v) som er så høy at det fortsatt virker en sideakselerasjon, en såkalt ukompensert sideakselerasjon, benevnt j_u , som er den dimensjonerende parameteren for hastighet i horisontalkurver. Den ukompenserte sideakselerasjonen kan også defineres som manglende overhøyde l . Grenseverdien for hastighet blir gitt som overhøydeunderskudd l_{maks} .

$$\frac{v^2}{R} - g \cdot \frac{h}{s} = j_u \quad v \leq \sqrt{R \frac{g}{s} (h + l_{maks})}$$

Overhøyden (h) bygges gradvis opp mellom rettlinjen og sirkelkurven med en lineær rampe. Dette er sammenfallende med at kurveradien endres fra uendelig på rettlinjen til sirkelkurvens radius. Dette gjøres i en overgangskurve beregnet med parameter for klotoider. Overgangskurven kan være hastighetsdimensjonerende når det



gjelder gitte grenseverdier for rampestigningshastighet, rykk og rullevinkelhastighet.

Det er også stilt krav til vertikalkurver og største fall og stigning til 12,5 promille (20 promille er minstekrav) ut fra trekraft og bremseutstyr i det rullende materiellet. Vertikalkurven skal ikke falle sammen med overgangskurver.

Godstogene dimensjonerer også traséen

Stigningene kan begrense godstogenes størrelse. Internasjonalt anbefales det 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 vi må akseptere en brattere vertikalkurvatur.

På nybygde deler av nettet legges det fortrinnsvis til rette for opp til 25 tonn aksellast. I dag planeres det gjerne for sju meters bredde på enkeltspor og tolv meter for dobbeltspor, mot tidligere seks meter for enkeltspor og elleve meter for dobbeltspor.

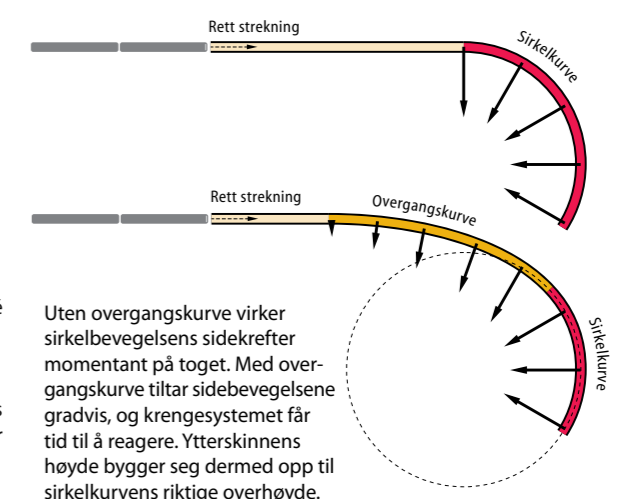
Fakta

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.

For å framføre et tog i 100 km/t kreves for eksempel en kurve med radius på 525 meter med overgangskurvelengde på 144 meter. For en tilsvarende kurve med hastighet 250 km/t kreves en radius på 4 000 meter, og en overgangskurve på 262 meter. For 300 km/t kreves det en minimumsradius på 6 000 meter. Det betyr at en høyhastighetstrasé blir veldig stiv og vanskelig å tilpasse terrenget og miljøet omkring.

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



Uten overgangskurve virker sirkelbevegelsens sidekrefter momentant på toget. Med overgangskurve tiltar sidebevegelsene gradvis, og krengesystemet får tid til å reagere. Ytterskinnens høyde bygger seg dermed opp til sirkelkurvens riktige overhøyde.

Ordfliste

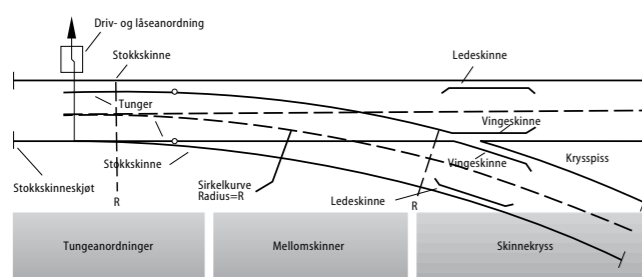
Klotoider
en overgangskurve med konstant variasjon av krumningen avhengig av kurvens lengde. $A^2 = R \times L$ (her skal det være A opphøyde i andre)

A = klotoidparameter, L = lengde av klotoidkurve og R = sirkelkurvens radius

Sporveksler

Toget har ingen mulighet for å styre selv eller velge hvilket spor det ønsker å kjøre på. Togtrafikken styres ved hjelp av sporveksler, som består av en bevegelig del (tunge), som kan legges over fra den ene siden til den andre. Sporvekselen er stilt i riktig stilling på forhånd, enten manuelt eller med drivmaskiner som styres via et sikringsanlegg. På den måten kan toget framføres på enkeltspor med kryssingsspor og med møtende trafikk, dobbeltspor, eller inne på stasjonsområder med flere spor og tog.

En sporveksel beskrives med stigning til det avvikende sporet i forhold til det gjennomgående sporet. I tillegg beskrives radiusen til det avvikende sporet. En vanlig sporveksel benevnes 1:12 R=500. Sporvekselen starter i stokkskinneskjøten (SS) og ender i bakkant sporveksel (BK). Der stigningen til avvikssporet og det gjennomgående sporet skjærer hverandre benevnes teoretisk kryss (TK). En sporveksel er en stor og tung konstruksjon med lengde mellom 30 og 95 meter. Hastigheten i sporvekslene er begrenset til radiusen i sporvekselen.



Stigning tga	Radius R [m]	Maks hastighet i avvik [km/t]	Lengde [m]	Masse (tonn)
1:9	300	40	33,2	43,4
1:12	500	60	42,8	53,8
1:14	760	80	54,2	57,2
1:15	760	80	54,2	54,2
1:18,4	1 200	100	65,4	79,1
1:26,1	2 500	140	94,6	

Tabellen viser data for dagens mest brukte sporveksler. Stigningen viser vinkelendringen i bakkant av sporvekselen og radiusen viser hvilken gjennomgående teoretisk kurve sporvekselen har fra stokksinneskjøt til bakkant. Sporvekslene 1:18,4 og 1:26,1 er klotoidesporveksler, der sporet i avvik endres gradvis ut fra klotoidens parameter. Lengden på sporvekselen er målt fra stokkskinne til bakkant. Massen omfatter vekten av skinner, sporkryss, ledeskinner og sviller (betong).

Antall spor bestemmer kapasiteten

Kapasiteten en strekning har, avhenger både av antall spor, signalsystemet, togmateriellet og togtilbudet som gis. Om både langsomme og raske tog trafikkerer samme strekning, reduseres kapasiteten.

- Enkeltspor med kryssingsspor, som er det vanlige i Norge, har en kapasitet på to til sju tog i timen i begge retninger samlet. Nøyaktig hvor mange avhenger blant annet av kryssingssporenes lengde og sikringsmåte og avstanden mellom dem.

- Dobbeltspor kan på korte strekninger (som for eksempel i Oslostunnelen) både ha en teoretisk og praktisk kapasitet på

40 tog i timen (Ett tog hvert tredje minutt hver vei, forutsatt at alle tog kjører like fort). Normalt er ikke praktisk kapasitet mer enn 20-24 tog i timen. Dette er togtettheten på dagens dobbeltspor Oslo-Ski, Oslo-Asker og Oslo-Lillestrøm i de mest belastede timene.

- Fire spor kan gi en praktisk kapasitet som nærmer seg den teoretiske kapasiteten. Praktisk kapasitet vil være fra 60 til 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.

Togmateriell og driftsformer

Fordel med elektrisk drift

I forhold til dieseldrevne tog er elektriske tog sterkere, akselererer bedre og er rimeligere i drift og vedlikehold. Miljømessig gir de bedre luftkvalitet i lange tunneler (særlig viktig i tunneler med undergrunnsstasjoner) samt lavere energiforbruk enn dieseldrevne tog. Dette gjelder også dersom elektrisiteten blir produsert av moderne varmekraftverk og en tar hensyn til virkningsgraden i kraftverk, strømforsyning og tog. På alle de mer trafikkerte strekningene oppveier fordelene ved å bruke elektriske tog ulempene ved å måtte etablere og vedlikeholde et strømforsyningsanlegg. Moderne elektriske tog kan bremses ved å benytte framdriftsmotorene som generatorer og returnere strøm til kontaktledningen. Tilbakematet energi kan da brukes av andre tog eller eventuelt av andre strømabonnenter i det alminnelige strømforsyningsnettet. Jernbanen i Norge har stor fordel av regenerativ bremsing siden det er mange og lange nedoverbakker hvor energien ellers ville gått tapt som varme i bremsene.

To typer diesellokomotiver

Dieseltog har normalt dieselelektrisk drift. Dieselmotoren driver en generator som omformer dieselkraften til elektrisk energi. Diesellokomotivet fungerer 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. Skiftelokomotiver har som regel dieselhydraulisk drift.

Elektriske lokomotiver: Transformatoren

Lokomotivet forsynes med elektrisk energi via strømvaktakeren. I Norge og enkelte andre land forsynes togene med 15 kV spenning som har 16 2/3 Hz frekvens. Deretter blir spenningen matet inn i transformatoren som reduserer spenningen til ca. 1/10. Transformatoren er en av de tyngste enkeltkomponentene i toget og består av en jernkjerne med elektriske viklinger rundt. Jernkjernen er montert inne i en stålkapling fylt med isolerende transformatorolje. Strømmen som kommer ut av transformatoren, reguleres deretter ytterligere før den tilføres de elektriske framdriftsmotorene. Tidligere var utstyret for denne reguleringen elektromekanisk, mens dette i nyere tog gjøres med elektronikk og kraftelektronikk.

Motorene skal kombinere mange egenskaper

Nyere tog har også en annen type framdriftsmotorer, såkalte asynkronmotorer som er lettere, enklere bygget og tåler høyere maksimal rotasjonshastighet. Det er dermed mulig å bygge lokomotiver som har stor trekraft i lav hastighet og samtidig høy topphastighet.

Krav til lokomotiver

Nyere lokomotiver er gjerne bygget som universallokomotiver beregnet både for godstog og passasjertog. De må da ha

- god akselerasjonsevne
- god trekraft
- høy maksimal trekraft
- høy toppfart

I tillegg skal lokomotivene være økonomiske både i innkjøp, vedlikehold og utnyttelse av energien. Det er den tekniske utviklingen med bruk av kraftelektronikk og asynkronmotorer som har gjort det mulig å bygge universallokomotiver. I Norge har elektriske lokomotiver alltid blitt benyttet som universallokomotiver. Det var mulig fordi topphastigheten for både persontog og godstog var omtrent den samme som vanlig hastighet for godstog i resten av Europa.

Tidligere var det vanlig å utvikle egne lokomotivtyper for hvert land. Nå er det vanlig at produsentene utvikler lokomotiver som med mindre tilpasninger er ment for bruk i mange land. Med unntak for de aller eldste er alle lokomotiver i Norge av denne typen.

Nyere lokomotiver gir billigere vedlikehold

Nyere lokomotiver er bygget for enklere vedlikehold enn gamle. Det er færre bevegelige deler som trenger tilsyn. Lokomotivene kan derfor gå lenger mellom hver vedlikeholdspause, og servicen går dessuten raskere.

Motorvognsett

Tidligere var det vanlig at motorvognsett bestod av en motorvogn som var tilkoblet en umotorisert styrevogn med førerhus i andre enden. Det kunne også være flere umotoriserte mellomvogner i settet. NSBs togsett type 69, type 70 og type 92 er slike togsett. I dag er det fremdeles vanlig at kun noen av hjulakslene i togsettet har framdriftsmotorer, men framdriftsutstyret er i regelen fordelt utover i hele togsettet, slik som i togsett av type 71 (flytoget), type 72, type 73, type 74 og type 93. Krav til raskere kjøring og dermed også større ytelse samtidig som påkjenning

på skinnegangen må forbli akseptabel, gjør denne endringen nødvendig. Tradisjonelt har motorvognsett hatt det tekniske utstyret under gulvet. I dag anskaffes gjerne lavgulvsgagner slik at det blir færrest mulig trappetrinn mellom tog og plattform. Det er da ikke lenger plass under gulvet, og mye utstyr blir derfor montert på taket. Om nødvendig plasseres også utstyr i skap inne i toget.

Trykketting

I tog som kjører raskt inn eller ut av tunneler eller møter andre tog i tunneler med dobbeltspor, vil passasjerene kunne oppleve ubehag på grunn av raske endringer i lufttrykket. For å motvirke dette bygges vognene delvis trykkettete. Trykkendringer inne i vognene skjer dermed langsommere, slik at ubehag unngås.

Krenging

Krengetogteknologien gjør det mulig å holde høyere hastighet i kurvene, som normalt er «dossert» for at reisen skal bli så behagelig som mulig. På jernbanen kalle dette overhøyde. Men overhøyden som ytre skinne kan gi, bør av praktiske grunner ikke overstige 150 mm. Skal det kjøres svært fort, må det kompenseres for den manglende dosseringen ved at vognene krenger mer enn sporet. Dermed holdes komforten oppe likevel.

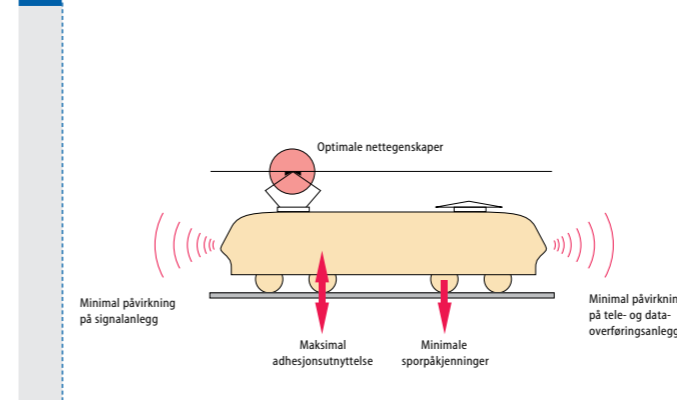
Krengetog må være utformet slik at sporb belastningen ikke blir for stor, og de må ha dempere som bremses sidekreftenes virkninger både horisontalt og vertikalt. Akslene må også ha tilstrekkelig bevegelsesfrihet i alle retninger, slik at hjulene beveger seg riktig i forhold til sporet.

Mange komponenter skal virke sammen

Sporets standard, togmateriellets 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. Kvaliteten bestemmes i stor grad av det svakeste leddet. Toget kan ikke gå i 160-250 km/time dersom ikke alle elementene er dimensjonert for en slik fart.

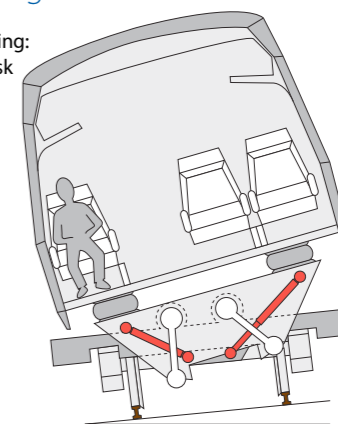
Togenes punktlighet er særlig avhengig av kvaliteten på de elektrotekniske anleggene.

Fakta Sentrale egenskaper som moderne lokomotiver må ha



Krengetog

Aktiv krenging: En hydraulisk innretning skråstiller vognkassen i kurvene.



Dieselhydraulisk drift

Trekraftmateriell med hydraulisk kraftoverføring for framdrift av toget

Asynkronmotor

En relativt enkelt oppbygd, lett og robust lokomotivmotor der spenning og frekvens til motoren reguleres ved hjelp av en datamaskinstyrt kraftelektronikk

Kapittel 4:

Strøm- forsyning

Fra kraftverk til lokomotivets motor

Elektrisk energiforbruk

2 500 km av det statlige jernbanenettet er elektrifisert og om lag 80 prosent av jernbanetrafikken i Norge skjer med elektriske tog. Hvert år forbraker norske tog 500 GWh elektrisk energi. Det utgjør grovt regnet en halv prosent av det årlige, norske, elektriske energiforbruket. Rundt 95 prosent av energien kjøpes i det åpne markedet og leveres via lokale elektrisitetsverk. Resten produseres i spesialbygde vannkraftverk for jernbanen. All energi til tog i Norge er levert med opprinnelsesgaranti som stadfester at energien er produsert i vannkraftverk.

Flere mulige strømsystemer

Det er mulig å benytte både vekselstrøm og likestrøm til togframføring. Et vekselstrømsystem har større kapasitet enn et likestrømsystem ved lange avstander og stort effektbehov. Det strømsystemet som benyttes i Norge, deles med Sverige, Tyskland, Sveits og Østerrike som også begynte å elektrifisere sine jernbanenett for snart 100 år siden. De tekniske løsningene som var tilgjengelige for hastighetsregulering av elektriske lokomotiver den gangen, gjorde at vekselspenningens frekvens måtte være lav, og 16 2/3 Hz (svingninger per sekund) ble valgt. Nominell spenning er 15 000 volt (V) effektivverdi.

Land som begynte elektrifiseringen senere, for eksempel Danmark og Finland, har på grunn av den teknologiske utviklingen valgt 50 Hz og 25 000 V. Det vil si den samme frekvensen som de lokale elektrisitetsverkene leverer den elektriske energien med. Det gir enklere og billigere strømforsyningsanlegg.

Matestasjonene

Den elektriske energien mates til kontaktledningsanlegget via tre ulike typer matestasjoner:

- omformerstasjoner
- kraftverk
- transformatorstasjoner

I de 34 (2010) omformerstasjonene endres vekselspenningens frekvens fra 50 Hz, som de lokale elektrisitetsverkene leverer med, til 16 2/3 Hz for togene. De to spesialbygde vannkraftverkene for jernbanen produserer derimot direkte på jernbanens frekvens. Omformerstasjonene og kraftstasjonene kan enten mate direkte inn på kontaktledningsanlegget eller inn på et høyspentnett som igjen er tilkoblet kontaktledningsnettet ved hjelp av transformatorstasjoner. En transformator kan endre en vekselspenning fra ett nivå til et annet som er høyere eller lavere.

Matestasjonene leverer normalt ut en spenning på 16 500 V. Det er høyere enn den nominelle spenningen og gjøres for å kompensere for deler av spenningsfallet som kan oppstå mellom matestasjon og tog.

Tilpasses togtrafikken

Matestasjonenes plassering langs banen og kapasiteten må tilpasses togtrafikken. Vanlig avstand mellom matestasjonene er 20 til 80 km. Effektbehovet bestemmes av hvor mange tog som trafikkerer banestrekningen, hvor raske og tunge de er i tillegg til banestrekningens stigning og fall.

En omformerstasjon består ofte av to til tre omformeraggregater som kan startes og stoppes for å oppnå best mulig driftssikkerhet og energiøkonomi. Rundt to tredjedeler av omformeraggregatene er plassert på jernbanevogner slik at kapasiteten kan tilpasses endringer i effektbehovet. Ved å bytte et omformeraggregat med et reserveaggregat reduserer man også tiden omformerstasjonen har redusert kapasitet ved større reparasjoner og revisjoner. En transportabel omformer består av en omformervogn, en apparatvogn med styreutrustning og gjerne en transformatorvogn for tilkobling til det lokale elektrisitetsverket.

Sikker forsyning

Kontaktledningsanlegget sørger for kontinuerlig overføring av den elektriske energien fra matestasjonene til togene. For å unngå skade på det elektriske anlegget ved eventuell feil og kortslutning, overvåkes det kontinuerlig av automatiske vernereløer. På verneutrustningens utløsningssignal kan kraftige effektbrytere i løpet av tiendels sekunder bryte en kortslutningsstrøm og gjøre anlegget

Roterende omformer med omformervogn og apparatvogn som normalt plasseres på et spor inne i en bygning eller fjellhall



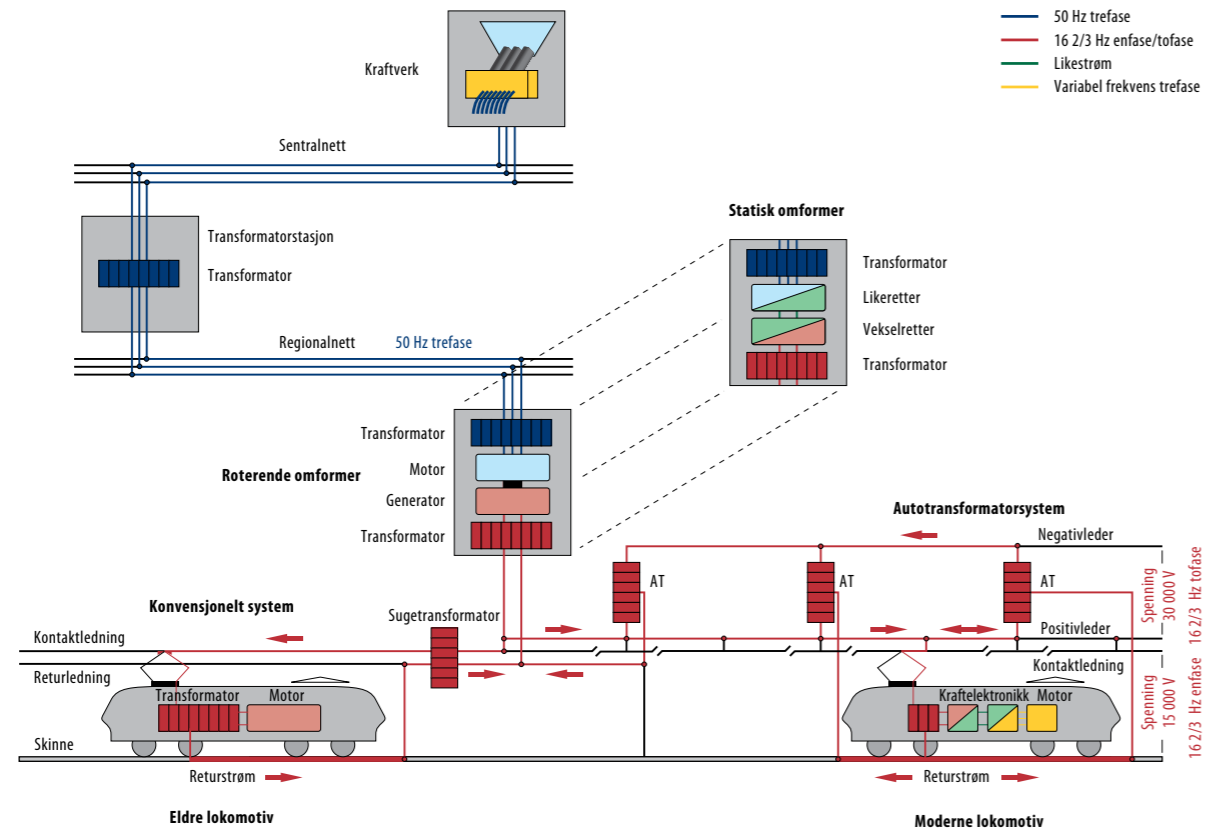
Likestrøm

Strømovertøring med konstant polaritet

Vekselstrøm

Strømovertøring hvor strømmen skifter mellom positiv (+) og negativ (-) periodisk, for eksempel 16 2/3 svingninger per sekund (Hz)

Strømmens veg fra kraftverk til tog



spenningsløst. Slik utrustning finnes både i matestasjonene og i knutepunkt der flere jernbanelinjer møtes, for eksempel på Oslo S. Berøring av anleggsdeler med høyspenning er likevel livsfarlig.

Fjernstyring

Både matestasjonene og kontaktledningsanlegget overvåkes og fjernstyres fra elkraftsentraler. I dag finnes slike sentraler i Oslo, Drammen, Kristiansand, Bergen, Frøn og Trondheim. Elkraftsentralene kobler også ut og inn brytere slik at strømforsyningsanleggene kan vedlikeholdes uten at man forstyrrer togtrafikken.

Kraftelektronikk og datamaskiner overtar

Fremdeles består størsteparten av omformeraggregatene i drift av roterende elektriske synkronmaskiner. Mange av disse synkronmotorene og -generatorene er over 50 år gamle. Utviklingen går imidlertid mot mer bruk av statiske aggregater basert på moderne kraftelektronikk og avansert datamaskinstyring. Da omformes frekvensen ved hjelp av likerettere og vekselrettere.

Den samme utviklingen skjer om bord i togene. Eldre lokomotiver med manuell hastighetsregulering skiftes ut til moderne lokomotiver med datamaskinstyrt kraftelektronikk og robuste asynkronmotorer.

Miljøvennlig bremsing

En elektrisk motor kan også driftes som en elektrisk generator. Dette utnyttes ved at moderne tog kan generere elektrisk energi når de bremses. Bremsenergien mates tilbake til kontaktledningsanlegget og kan derfor benyttes av andre tog. Typisk 10-20 prosent av den elektriske energien et moderne tog mottar fra kontaktledningen mates tilbake på den måten. De tunge malmtoget på Ofofbanen kan i nedoverbakken fra riksgrensen til Narvik, mate tilbake energi nok til alene å forsyne et tungt godstog på vei opp. Det gir en stor energiinnsparing.

Energiforbruket øker med hastigheten

Et tog som kjører i 200 km/t, forbruker vesentlig mer energi enn et tog som kjører i 100 km/t på grunn av at luftmotstanden øker

med hastigheten i annen potens. Et elektrisk ekspressstog med åtte passasjervogner forbruker i dag energi for om lag fem kroner per kilometer. Et dieseltog forbruker diesel for om lag tre ganger så mye.

Energimåling og økonomisering

I elektriske lokomotiver og motorvognsett i Norge er det montert energimålere som til enhver tid registrerer hvor mye energi toget mottar, og hvor mye som mates tilbake til kontaktledningsanlegget. Disse målingene er basis for energiregningen togselskapene mottar. Mange togselskap bruker også målingene slik at lokomotivførerne kjører på en mest mulig økonomisk måte.

Returstrøm

Strømmen må gå i en lukket krets. Når effekten er tatt ut i lokomotivets motor, sier vi at strømmen går tilbake til matestasjonen som returstrøm. Returstrømmen er uten spenning i forhold til jord og skal gå i jernbaneskinnene eller i egne returledninger.

Autotransformatorsystem

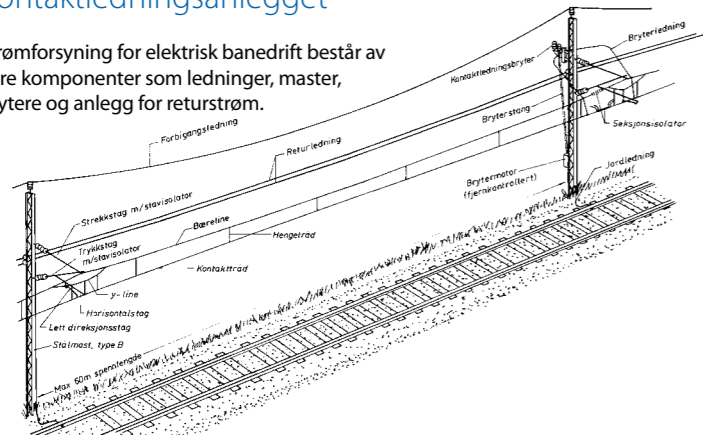
For å forsterke strømforsyningen i fremtiden utvikler, planlegger og bygger Jernbaneverket et autotransformatorsystem. Dette systemet består av autotransformatorer (AT) og de to AT-lederne som kalles positivleder og negativleder.

Autotransformatorene står plassert ved jernbanestasjoner ca. hver tiende kilometer langs banen. De har tilkobling på +15 000 V for positivlederen, 0 V for returskinne og -15 000 V for negativlederen. Det vil si at effekten overføres på 30 000 V fra matestasjonen til hver enkelt autotransformator. Kontaktledningen er tilkoblet positivlederen ved og midt mellom hver autotransformator slik at kontaktledningsspenningen ved toget forblir 15 000 V.

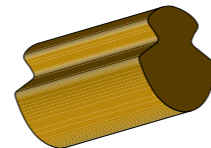
AT-systemet reduserer impedansen mellom matestasjon og tog til om lag en tredjedel sammenlignet med konvensjonelt kontaktledningsanlegg og reduserer derfor tapene og forbedrer spenningen for togene.

Kontaktledningsanlegget

Strømforsyning for elektrisk banedrift består av flere komponenter som ledninger, master, brytere og anlegg for returstrøm.

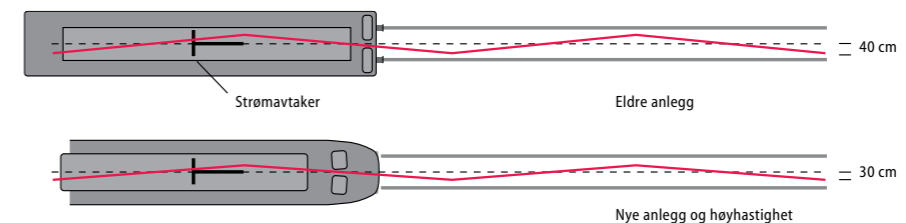


Tversnitt av kontakttråd



Kontakttråd i sikksakk

Kontaktledningene går i sikksakk over sporene av tre grunner: For å unngå at strømvaktakeren slites bare på et sted, for å opprettholde gode, dynamiske egenskaper og for å få lengre avstand mellom mastene der banen går i kurver. På eldre kontaktledningsanlegg er utslaget normalt om lag 40 cm til hver side fra sporets midtlinje. Ved nybygging i dag benyttes et utslag på 30 cm.



Matestasjon

Fellesbetegnelse på omformerstasjon, kraftstasjon og transformatorstasjon som leverer – eller mater – elektrisk energi til kontaktledningsanlegget

Impedans

Elektrisk motstand i en vekselstrømskrets, er frekvensavhengig

Kontakttråd

Strømledningen, massiv tråd av elektrolyttkobber, som togets strømvaktaker får strømmen fra

Bæreline

En line av elektrolyttkobber som «bærer» hengertråd og kontakttråd

Kontaktledningsanlegget

Strømmens veg fra matestasjon til lokomotiv

Kontaktledningsanlegg er betegnelsen på 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 og på stasjoner henger kontaktledningene på utligger festet på master. På dobbeltspor, ved krappe kurver og på større stasjoner, er kontaktledningene gjerne hengt opp på åk. Åkene er forsterkede fagverkskonstruksjoner som på hver side av sporene er festet til en mast av tre, stål eller betong. Kontaktledningen består av kontakttråd og bæreline. Bærelinen bærer kontakttråden via vertikale hengeråder og har som ekstraoppgave å forsterke de elektriske overføringsegenenskapene i anlegget.

Kontakttråd leder strømmen

Kontakttråden, som er ledningen lokomotivets strømvaktaker glir mot, er en massiv tråd av elektrolyttkobber som er litt over én cm tykk. Tverrsnittet på kontakttråden er fra 100 til 120 mm². Kontakttråden holdes oppe av hengeråder, som igjen er festet til en bæreline.

Kontakttråden må ha stabil høyde fra skinnene, men endrer seg ved temperaturvariasjoner. Kontakttråden utvider seg når det blir varmere og trekker seg sammen når det blir kaldere. Normalt ville ledningen da endre «heng», og synke eller heve seg mellom mastene. Siden strømvaktakingen 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 enhver tid er tilnærmet konstant. Der kontaktledningen er festet til utliggerne, kan den beveges i horisontalretningen fordi utliggerne er svingbare. På denne måten vil ledningen holde seg like stram enten det er varmt eller kaldt i luften. Kravene til kontaktledningens

stabilitet øker når togenes hastighet øker. Da må det henges på tyngre vekter, som igjen kan kreve sterkere og tykkere kontakttråder/bæreliner. Dette er en av grunnene til at kontaktledningsanlegget må være nytt når det skal tilrettelegges for hastigheter på 160 km/t eller mer.

Høye hastigheter

På de fleste nye spor bygges det i dag kontaktledningsanlegg dimensjonert for en hastighet på 200 km/t. Kontaktledningsanlegg med dimensjonerende hastighet på 250 km/t krever enda større vektavspenning og koster om lag 10 prosent mer enn et nytt 200 km/t-anlegg. En senere oppgradering av et 160-200 km/t-anlegg til 250 km/t-anlegg vil innebære omfattende endringer i anlegget og betydelige kostnader.

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 spesielt viktig at skinnene ligger i ro og i stabil høyde.

Lavere høyde i tunnelene

Der kontaktledningene går gjennom tunneler, er høyden over skinnene ved eldre anlegg redusert, noen steder er den helt nede i 4,85 meter, mot den normale høyden på 5,60 meter. Slike høydeendringer er lite gunstig ved høy hastighet. I dag bygges derfor nyanlegg for høyhastighetstog slik at kontaktledningene har samme høyde i tunneller som på åpne strekninger.

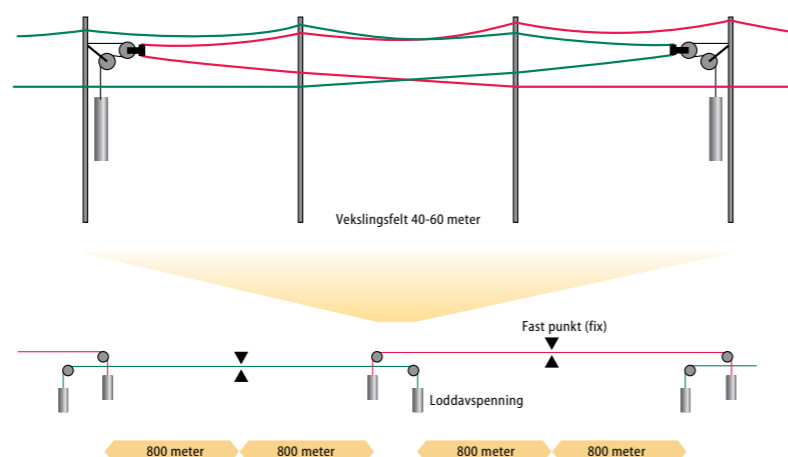
Kontaktledningenes parallellfelt

Ved enden av en kontaktledningspart er det et parallellfelt hvor to ledningsparter overlapper hverandre mekanisk. Dersom ledningspartene er elektrisk sammenkoblet, kalles de vekslingsfelt. Dersom de ikke er elektrisk sammenkoblet, kalles de seksjonsfelt. Dette skjer om lag ved hver 800. eller 1 600. meter.

Fakta

Vekslingsfelt

Et vekslingsfelt er overgangen fra en kontaktledning til den neste. Her er vist et 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 kontaktledningsparter med fastpunkt i den ene enden og lodd i den andre. Da blir avstanden mellom vekslingsfeltene om lag halvparten – 800 meter.



Ordliste

Utligger

Rørkonstruksjon som holder kontaktledningen over sporet

Loddavspenning

Vektssystem som opprettholder jevn strekkfordeling i kontaktledningen uavhengig av temperatur



Forbigangsledninger

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, mens den elektriske energien kan transporteres gjennom stasjonen via forbigangsledningen. Dette er nyttig for eksempel ved vedlikeholdsarbeider.

Fjernstyrte brytere og jording

På enkelte master er det montert fjernkontrollerte brytermotorer og brytere som gjør det mulig å koble ut spenningen mellom hvert seksjonsfelt. I alt 1 500 fjernkontrollerte brytere betjenes fra de bemannede elkraftscentralene.

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

«Jordfeil»

Alle deler som kan føre strøm inngår i kontaktledningsanlegget, og de delene som ligger nærmere spor enn fem meter er jordnet til skinnegangen. Slik beskyttes 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 for eksempel jordnet til skinnegangen.

Kontaktledningsanlegget sammenkoblet i nett

Kontaktledningsanleggene er koblet sammen i et nettverk av egne koblingsanlegg. Strømforsyningen blir dermed sterkere og mer stabil enn om hvert enkelt baneanlegg skulle fungere som isolerte enheter.

Returstrøm i skinner eller i egne ledninger

Etter at toget har tatt ut strøm fra omformerne, ledes returstrømmen til omformerstasjonene gjennom togets hjul, via skinnene og egne returledere. Fordelen med returstrøm i egne ledninger framfor kun i skinnene er at strømmen da i mindre grad påvirker signal eller teleanlegg. Forbi stasjoner og på flersporsstrekninger føres returstrømmen i egne ledninger, som vanligvis er festet på

kontaktledningsmastene. All returstrøm på Gardermobanen føres i returledninger.

Returstrømkretsen må ikke brytes

Ved brudd i kretsen vil returstrømmen velge minste motstandsvei tilbake til matestasjonen. Den vil søke andre ledende gjenstander som kan gi en returvei, som for eksempel følge signalanlegg, jordledninger, gjerder og ledninger for vann. Dette kan forstyrre og ødelegge tele-, data- og signalutstyr, og i verste fall sette menneskers liv og helse i fare. Returstrøm på avveie må derfor raskt repareres av fagpersonell.

Forsering av skinneisolasjon

Med jevne mellomrom er det lagt inn isolasjon i skinnene. Hensikten er å gi informasjon om strekningen er belagt eller ikke. Belagt betyr at det enten befinner seg et tog på strekningen, det foregår arbeider der eller at det har oppstått skinnebrudd. Ved strekninger der begge skinnene er isolert, må det legges inn filterimpedanser, slik at returstrømmen filtreres forbi de isolerte skinneskjøtene og fordeles likt i begge skinnestrenger.

Sugetransformator

Sugetransformatorer benyttes i kontaktledningsanlegget for å redusere den delen av returstrømmen som går i jord og dermed hindre at returstrømmen går andre veier enn i skinnene og returledningen.

Kontaktledningsanlegget: stort behov for fornyelse

Kontaktledningsanlegget i Norge er stort sett bygget for hastigheter under 100 km/t og er gjerne fra 20 til 60 år gammelt. Etter hvert er nettet blitt forbedret og vedlikeholdt. 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.

Skader på kontaktledningsanlegget

En feil på kontaktråden kan gjøre at strømvaktakeren ødelegges, som igjen kan føre til at kontaktledningen blir revet ned. Da kan det fort ta tre til seks timer å reparere skaden før togene kan gå igjen. Å forebygge feil gjennom gode vedlikeholdsrutiner er derfor viktig i tillegg til det å finne og utbedre de feilene som likevel oppstår.

Gamle kontaktledningsanlegg har naturlig nok flere feil og oftere driftsstopp enn nye anlegg.

Strømvaktaker: strenge krav

Strømvaktakeren fører strømmen fra kontaktråden til lokomotivet/motorvognen og skal følge kontaktråden med jevnt trykk under alle forhold. Det krever en avansert teknikk. Når togenes hastighet økes, skjerpes også kravene til strømvaktakeren.

Jevnt trykk sikres ved hjelp av en trykkluftsyndler og et fjærsystem nærmest lokomotivet og en demper nærmest kontaktledningen. Den delen som berører kontaktledningen, kalles slepeestykke og består av karbon (kull).

Når det er flere aktive 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.

Lavspenningsanlegg

Lys, varme og signalanlegg

Jernbanen trenger også energi til mange formål som lys ute og inne, oppvarming av bygninger, ventilasjon og snøsmelting. Energien som forsyner signalanleggene, leveres fra

- lokale E-verk
- med reservestrømforsyning fra kontaktledningsanlegget
- eventuelt også fra reservestrømaggregat ved de viktigste stasjonene og knutepunktene

Togvarme

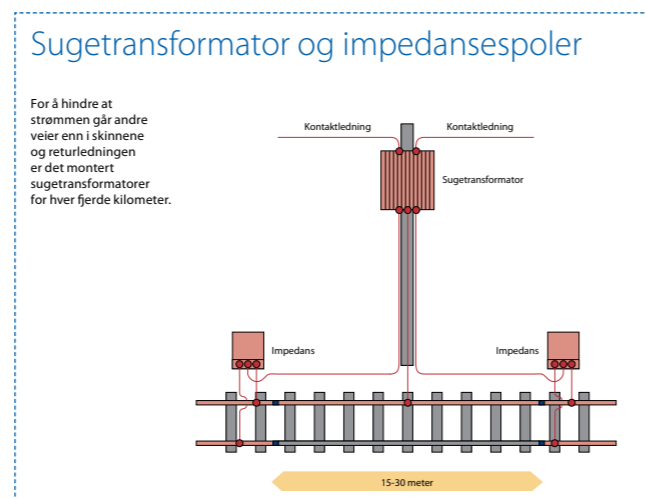
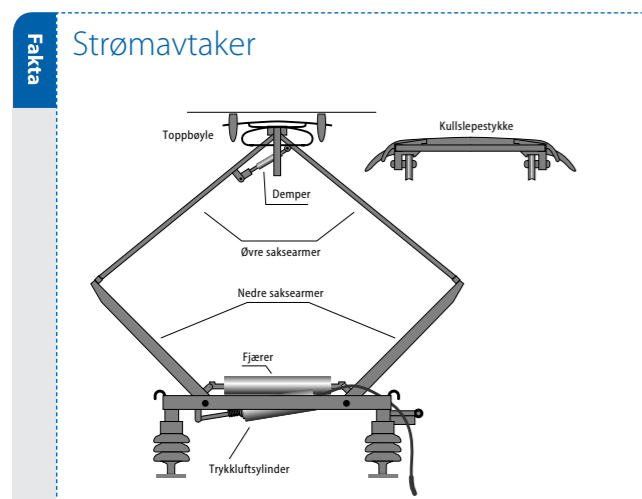
Underveis forsyner lokomotivet påkoblede vogner med strøm til blant annet lys, varme og ventilasjon. Vogner som er hensatt for renhold, trenger også elektrisk energi, og forsynes fra egne stasjonsnære anlegg. Spenningen er her 1 000 V. Maksimalt effektbehov per vogn er rundt 50 kW. Det er om lag dobbelt så mye som i en enebolig, og energiforbruket kan bli betydelig.

Energikrevende sporveksler

Det er helt sentralt for sikkerheten at sporvekslene fungerer etter hensikten. De må derfor varmes opp om vinteren for å unngå å bli blokkert av snø og is. Å varme opp en enkelt sporveksel, som det er flere av på hver stasjon, krever like mye energi som en middels stor enebolig.

Energiøkonomisering

I mange elektriske jernbaneinstallasjoner utnyttes teknologi som optimerer energiforbruket. Varmeanlegg for sporveksler har programmert styring av varmeelementer med informasjon fra ulike temperatur- og nedbørssensorer.



Hengetråd

En elektrolyttkoppertråd, festet i bærelinen, som bærer kontaktråden

Impedansespole/filterimpedans

En induktans (spole med midtpunkt) som kun slipper returstrøm forbi isolerte skinneskjøter og filtrerer bort sporfeltstrømmen

Kapittel 5:

Signalanlegg

Det er trygt å kjøre tog

Signalanlegget gir sikker togframføring

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

Om det oppstår feil eller unormale hendelser på linja, vil det 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 av mulig sikkerhetsmessig betydning skal signalene vise rødt. På sikringsanleggene vil for eksempel en defekt lypære 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 utgjør en del av grunnlaget for hvordan signalsystemer i Jernbaneløstaket skal prosjekteres og bygges. Teknisk utvikling av signalsystemene og revisjon av trafiksikkerhetsbestemmelsene går hånd i hånd.

Togene fjernovervåkes

Togene kjøres av en fører som får informasjon fra signaler og skilt langs sporet. Rødt lys betyr som nevnt stopp, akkurat som på veget. Framføringen fjernovervåkes av en togleder som til en hver tid har kontroll over hvor de ulike togene befinner seg. På elektrifiserte strekninger kan togleder gripe inn ved å slå av kontaktledningsspenningen dersom farlige situasjoner skulle oppstå.

Høyhastighet

Dersom eksisterende baner skal trafikkeres med høyhastighetstog, kan det kreve fornyelse eller ombygging av eldre sikringsanlegg. Årsaken er at plasseringen av signalene ikke er tilpasset høy hastighet (250 km/t).

Sporavsnitt, sporfelt og akselteller

Alle jernbanens strekninger og spor er delt inn i sporavsnitt.

Et sporavsnitt kan være

- mellom stasjonene
- mellom stasjon og blokkpost
- spor eller deler av spor på stasjonene
- sporveksler

Hvert sporavsnitt har egen identitet og kan lokaliseres ved navn/nummer

Et sporavsnitt kan være overvåket av et sporfelt eller av akseltellere. Sporfelt er en teknisk innretning som gir kontinuerlig overvåking.

Akseltellere er et system som teller antall aksler inn og ut av sporavsnittet og kalles et punktbasert system. Det monteres akseltellere i hver ende av et sporavsnitt.

Sporavsnittene har til oppgave å gi informasjon til sikringsanlegget om det i øyeblikket befinner seg et tog på en gitt strekning eller ikke.

Sjekkpunkter passerer

Alle tog blir overvåket strekningsvis i Norge. Sikringsystemet registrerer når og hvor toget passerer mellom to bestemte sporavsnitt, en registrering som også formidles til togleder. Hele jernbanens signalsystem bygger på at systemet vet hvilket sporavsnitt en togenhet befinner seg på, og i hvilken retning toget beveger seg.

Linjeblokk og blokkstrekninger

Mellom stasjonene er sporavsnittene satt sammen til en eller flere blokkstrekninger. Systemet som ivaretar sikker togframføring på

Fakta

Signalanlegg omfatter

- sikringsanlegg for stasjoner, strekninger (linjeblokk), og planoverganger (veg sikringsanlegg)
- automatisk togkontroll (ATC)
- fjernstyring av sikringsanlegg (CTC)



Ordfliste

Akselteller

Akseltellere er et system for togdeteksjon som teller aksler inn og ut av et sporavsnitt. Sporavsnittet detekteres som belagt eller fritt, avhengig av om antallet aksler telt inn i sporavsnittet er overens med antall aksler teltet

Blokkpost

Skillet mellom to blokkstrekninger

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 utkjøringsignalene – rødt lys – for tog i motsatt retning fra neste stasjon eller kryssingsspor.

Betingelsene for at en linjeblokk kan tillate kjøring, er at:

- linjeblokk må ikke være stilt fra nabostasjon
- alle sporavsnitt på strekningen må være frie
- sporveksler (sidespor) på linjen må ligge riktig

Blokkposter øker kapasiteten

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 gjør det mulig med kortere tid mellom togene. Strekningene mellom to blokkposter kalles for en blokkstrekning. Jo kortere blokkstrekninger, jo større kan tettheten av tog være. Tiden et tog bruker på å kjøre over en blokkstrekning – og blokkstrekningenes lengde – avgjør hvilken kapasitet en strekning har.

Stasjonenes sikringsanlegg

Mens linjestrækningene mellom stasjoner sikres med linjeblokk, styres stasjonsområdene av sikringsanlegg. Disse anleggene består av en rekke elementer, som

- ulike typer signaler
- sporavsnitt
- sporsperrer og låse- og kontrollanordninger for sporveksler
- omformere til sikringsanleggenes strømforsyning
- reléhus med elektrotekniske installasjoner

Togekspeditør

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, er antall togekspeditører blitt redusert.

Sporveksel ved skifte av spor

En sporveksel er en mekanisk innretning som gjør at toget kan kjøre fra et spor over i et annet. Bevegelige skinnnetunger sørger for at toget 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 i korrekt stilling, slik at den ikke kan endre posisjon før toget har passert. Det er utarbeidet et eget kontrollsystem for å sikre riktig låsing.

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

Ulike typer signaler

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

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

- Høyt skiftesignal – angir når skifting av spor på stasjonen er tillatt.
- Dvergsignal – kan ha samme funksjon som skiftesignal, men brukes også ved lokale togbevegelser innen bestemte områder.
- En annen gruppe viktige signaler er faste signaler, som varsler om statiske forhold i infrastrukturen, som hastighetsbegrensninger og planoverganger.

Vegsignaler

Jernbaneverket har også ansvaret der jernbanelinjen krysser veg i såkalte plankryssinger, 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 aktiveringspunktet er dimensjonert etter de hurtigste togene.

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

Teknologien bak

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

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

Samtidig innkjør på stasjoner

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

For å få raskere kryssinger monteres det på stadig flere stasjoner et system som kalles «samtidig innkjør». To tog kan da kjøre samtidig inn til hvert sitt spor på stasjonen, og de slipper å vente på hverandre. Et slikt system kan gi to til tre minutter besparelser i reisetid pr. kryssing.

Et spor på dobbeltsporede strekninger vil med jevne mellomrom stenges på grunn av vedlikehold og av og til ved uhell. Det legges derfor inn forbindelsesspor mellom sporene med nødvendig mellomrom.

På Gardermobanen ble det 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.

Howdan bygges et nytt signalanlegg?

Det stilles svært strenge krav til et sikringsanlegg for jernbane. Både firmaet 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. 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 avklares hvilken togvei (kjørerute) togene skal kunne følge fra ett bestemmelsessted til et annet.

En togvei er det eller de spor, eventuelt 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 er viktig

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 kriterier 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 sporsperrerne og til sporavsnittene 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. Omfattende testing av ferdig sikringsanlegg.

Når bygging av et sikringsanlegg er gjort i henhold til godkjente forriglingstabeller og koblings 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:

- **Komponentkontroll**
Hver enkelt komponent kontrolleres mht. korrekt komponenttype.
- **Ledningskontroll**
Hver enkelt ledning og deres festepunkter kontrolleres.
- **Funksjonsprøver**
Anlegget prøves når det er ferdig montert. Signaler og sporfelt/ sporavsnitt testes med et eget simuleringsutstyr.
- **Sluttkontroll**
Funksjonsprøvene gjentas med alle utvendige objekter/ installasjoner innkoblet.
- Til slutt foretas en testkjøring.

Automatisk togkontroll

Automatisk togkontroll øker sikkerheten

Automatisk togkontroll (ATC) er et system som griper aktivt inn i farlige situasjoner som kan oppstå. Toget bremses automatisk ned ved for høy hastighet, hvis fører bremses for sent eller dersom toget forsøker å passere et hovedsignal som viser stopp. På denne måten holdes sikkerheten i hevd, selv om det skulle oppstå en menneskelig svikt hos fører.

ATC-systemet består av to hoveddeler: En del på lokomotiv/ rullende materiell og en del i infrastrukturen. Både rullende materiell og infrastruktur delen 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 intern antennesløyfe. Når toget nærmer seg, blir balisene aktivert av kontinuerlig utsendte radiobølger fra lokomotivets antenne, og balisen svarer med en bestemt beskjed.

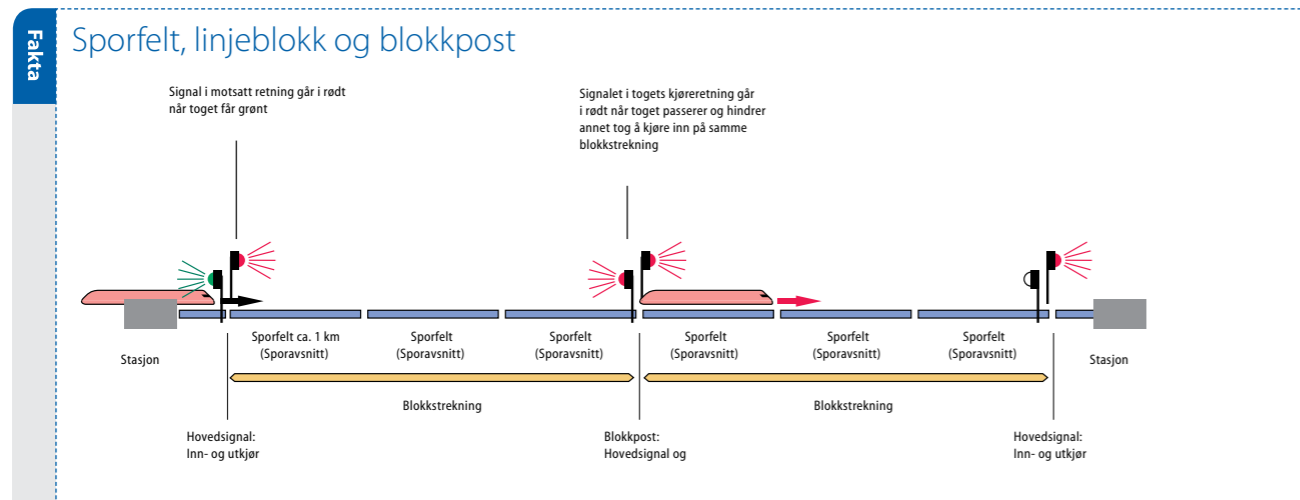
Grensesnittet mot signalanlegget kan være en koder, plassert i den samme elektriske kretsen som signalene. Koderen har forbindelse med balisen. Koderen registrerer – og gir beskjed til lokomotivet via balisen – om hvilken beskjed signalet gir. Informasjon som balisene gir, avleses også på panelet i lokomotivet. Det kan blant annet 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 om ikke fører selv reagerer tidsnok.

DATC: hovedsystem i dag

DATC kontrollerer hastigheten mot sporveksler i avvik og mot signaler med restriktiv beskjed (det vil si signaler som gir annen beskjed enn full linjehastighet).

Fra 1979 har Jernbaneverket bygget ut et system med automatisk togstopp – DATC – på nesten alle elektrifiserte banestrekninger i Norge. På nye strekninger er det i dag krav om utbygging av F-ATC.



Blokkstrekning

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

Hovedsignal

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

Dvergsignal

Signal som regulerer lokale togbevegelser på stasjoner

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

FATC: flere baliser, nødvendig ved høyhastighet

Når anlegget er fullstendig utrustet (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/t), slik det er for eksempel på Gardermobanen. FATC er også ønskelig der trafikken er stor.

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

Fjernstyring**Fjernstyring – effektiviserer og gir bedre informasjon**

Fjernstyring av tog (Centralized Traffic Control, CTC), innebærer at stasjonenes sikringsanlegg kommuniserer med en fjernstyrings-sentral som styres av en togleder.

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

Fjernstyringssystemet i seg selv er ikke en del av sikringsystemet, men et hjelpemiddel for å effektivisere togdriften – «togleders forlengede arm».

Teknologien bak

Centralized Traffic Control var tidligere normalt basert på reléteknikk. Etter hvert har nye databaserte fjernstyringssystemer gitt muligheter for en rekke nye funksjoner i forhold til eldre, relébaserte systemer.

Databaserte systemer gir muligheter

Jernbaneverket har i dag stort sett bare databaserte fjernstyringssystemer i bruk. De siste strekningene vil bli utrustet med slike systemer de nærmeste årene.

Tognummersystem

Hvert tog har et nummer. Med CTC-systemet kan alle togenes bevegelser vises på dataskjerm og identifiseres ved tognummeret.

Automatisk togledelse

Tognummer og ruteplan danner bakgrunnen for å regne ut når og hvordan togveien skal legges. De ulike mulighetene kan undersøkes via egne forprøvningsprogrammer i styringssystemet.

Toggraf presenterer togforflytning grafisk i et todimensjonalt system, både den rutemessige forflytningen og den reelle toggangen med eventuelle forsinkelser. Systemet skal kunne oppdage konflikter ved kryssinger og eventuelle forbi kjøring som følge av forsinkelser. Likeledes kan systemet finne for eksempel konflikter ved kryssing av for lange tog.

Kobling mot andre systemer.

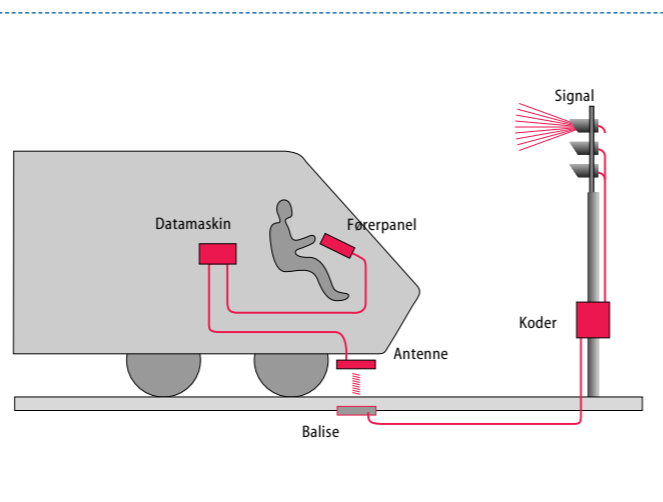
Det er mulig å styre toganviserpaneler – «plattformskilte» – ved hjelp av den informasjonen om tognummer og kjøreplan som CTC-systemet gir. Foreløpig gjøres dette på nærtrafikkstrekningene rundt Oslo.

Åtte 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 sikringsanlegget.
- Sikringsanlegget utfører ordre.
- Sikringsanlegget sender tilbakemelding i form av indikeringer som i praksis betyr «Utført».
- Sikringsanlegg gir beskjed til tog.

**ATC**

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

DATC

DATC-systemet stopper toget dersom fører skulle kjøre mot rødt lys.

FATC – Full ATC

FATC-systemet stopper toget dersom fører skulle kjøre mot rødt lys. Med FATC installert, overvåkes også at toget ikke overskrider maksimal tillatt hastighet.

Balise

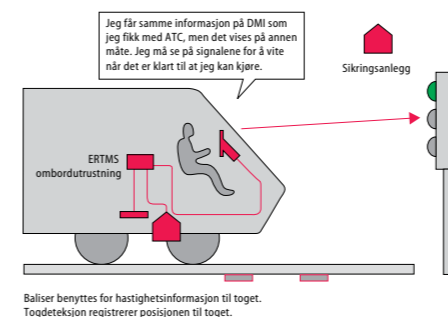
Anordning med innebygd antenne som festes på svillene ved signalanlegg, og som benyttes til å angi togenes posisjon og signalbeskjed til lokomotivet

ERTMS

ERTMS (European Rail Traffic Management System) er en ny europeisk standard for kommunikasjon mellom tog og signalanlegg som skal erstatte ATC. ERTMS består av GSM-R og ETCS (European Train Control System).

ERTMS nivå 1

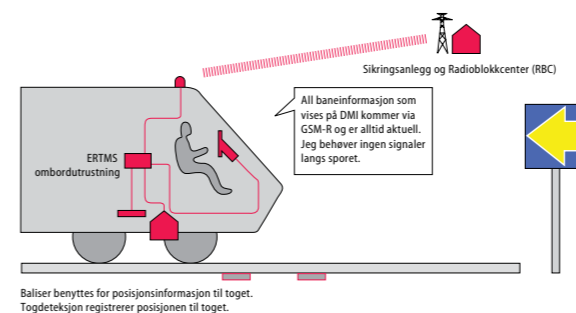
Funksjonaliteten for ERTMS nivå 1 samsvarer i stor grad med det vi i dag kjenner som FATC i Norge, men datatelegrammene mellom tog og balise er endret til én europeisk standard. Lokfører mottar informasjon fra sikringsanlegget via optiske signaler, og toget får informasjon fra eurobaliser. På en strekning med ERTMS nivå 1, må toget ha ERTMS-ombordutrustning med DMI (Driver Machine Interface). Tog med ATC kan ikke kjøre på en ERTMS nivå 1-strekning.



Baliser benyttes for hastighetsinformasjon til toget. Togdeteksjon registrerer posisjonen til toget.

ERTMS nivå 2

Ved ERTMS nivå 2 mottar toget informasjon fra sikringsanlegget via GSM-R. Eurobalisene har faste telegrammer og benyttes som referanse for posisjonering. Optiske signaler erstattes av signalskilt og informasjon på DMI. På en strekning med ERTMS nivå 2 må toget ha ERTMS-ombordutrustning med DMI (Driver Machine Interface). Tog med ATC kan ikke kjøre på en ERTMS nivå 2-strekning. Togdeteksjon benyttes for å kontrollere at toget er helt, og at strekningen er uten belegg før kjørebekjerd gis til tog.

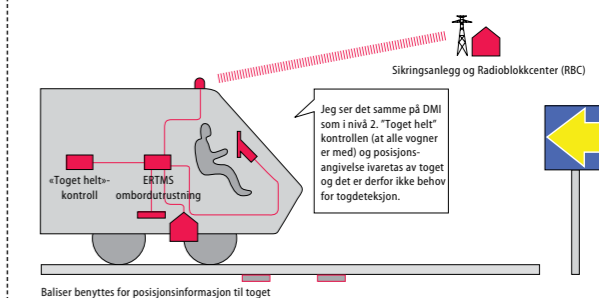


Baliser benyttes for posisjonsinformasjon til toget. Togdeteksjon registrerer posisjonen til toget.

ERTMS nivå 3

Ved ERTMS nivå 3 mottar toget informasjon fra sikringsanlegget via GSM-R. Eurobalisene har faste telegrammer og benyttes som referanse for posisjonering. Optiske signaler erstattes av signalskilt og informasjon på DMI. På en strekning med ERTMS nivå 3, må toget ha ERTMS ombordutrustning med nytt førerpanel (DMI). På panelet kan samme informasjon vises som for nivå 2. Tog med ATC kan ikke kjøre på en ERTMS nivå 3-strekning.

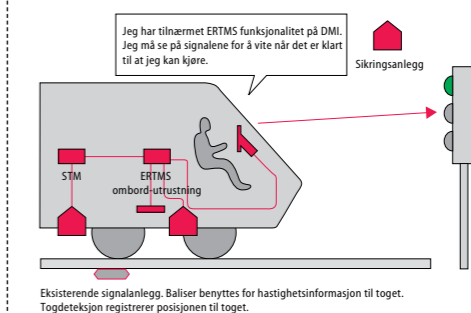
I nivå 3 kontrollerer toget selv at sporet er fritt etter toget. Det foreligger imidlertid ikke i dag noen godkjent teknisk løsning som ivaretar dette for alle typer tog.



Baliser benyttes for posisjonsinformasjon til toget

STM

STM er ment som en midlertidig løsning for tog som skal kjøre både på ERTMS-strekninger og ATC-strekninger inntil hele jernbanenettet er bygget ut med ERTMS-infrastruktur. Med STM kan toget kjøre på strekninger med DATC og FATC. Førerpanelet (DMI) er tilsvarende det som benyttes for nivå 1, 2 og 3.



Ekisterende signalanlegg. Baliser benyttes for hastighetsinformasjon til toget. Togdeteksjon registrerer posisjonen til toget.

CTC

Sentralisert trafikkontroll. System som gjør det mulig å fjernstyre signalanlegg for tog. Systemet styres av togleder fra en CTC-sentral

Kapittel 6:

Tele-
anleggJernbanelivet har i dag et moderne
digitalt telenett

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. Kravet kan i noen tilfeller 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.

Teleanlegg består av

- kabler
- transmisjon
- GSM-R nett
- publikumsinformasjonsanlegg
- CTC-Fjernstyring (beskrevet i kapittelet foran)

Jernbanelivets telenett skal

- sikre nødvendig samband for togframføringen
- sikre nødvendig samband for styring og kontroll av alle tekniske anlegg knyttet til togframføringen
- effektivisere driften hos Jernbanelivet og brukerne av jernbanelivet, gjennom å utnytte moderne telekommunikasjonssystemer best mulig
- sørge for at moderne informasjonsteknologi kan benyttes for å tilfredsstille kundenes krav

Teleanlegg bindes sammen ved hjelp av

- kabler og radiolinjesystemer
- transmisjonssystemer
- radiosystemer

Eksempler på togframføringsystemer som hører inn
under teleanlegg er

- GSM-R (togradio og nødsamband)
- fjernstyrte informasjonsanlegg
- toganviseranlegg

Svakstrøm

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

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

Jernbanelivet har et telenett som er knyttet sammen via moderne transmisjonssystemer.

Kabelnett

Jernbanelivets teleanlegg er knyttet sammen ved hjelp av kabler og radiolinje. Disse transmisjonsmediene følger jernbanetraséene og knytter sammen all teleinfrastruktur.

Forskjellige kabeltyper:

- Fiberoptiske kabler består av to typer, singelmodus og multimodus.
- Kobberkabler brukes det også to typer av, kabler som kan legges direkte i jord og kabler som er beregnet på å ligge i kanal (som beskrevet under).
- RF-kabler, koaksialkabel og strålekabel. Sistnevnte blir brukt i tunneler som en langstrakt antenne.

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.
- Skjermet mot støy. Alle kabler langs elektrifiserte jernbanetraséer ligger i et elektromagnetisk støyfylt miljø. Siden fiberkabler ikke blir påvirket av elektromagnetisk støy, er de spesielt godt egnet til bruk langs elektrifiserte jernbanetraséer.

Fakta

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

Hva er svakstrøm?

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



- 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 4 000 km. Parallelt med fiberkabelen ligger det parkabler på mange strekninger. Den eldste parkabel som fortsatt er i bruk, ble lagt i 1927.

Langs jernbanetraséene 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 er at kablene ligger godt beskyttet, samtidig som faren for at kablene skal skades, ved for eksempel gravearbeid langs sporet, er liten.
- Et alternativ til betongkanaler er luftkabler i kontaktledningmaster. Metoden er klart billigere enn betongløsningen, men kabelen vil være mer utsatt for skader. Metoden benyttes i dag først og fremst når det er krav om en hurtig kabelforbindelse, og kabelen vil på sikt bli lagt i bakken, enten i kanaler eller direkte i bakken.
- Jordkabelanlegg er den mest benyttede anleggsmetoden. Her blir kablene enten pløyd direkte ned i bakken, eller det graves en grøft og kablene legges i etterpå. Denne løsningen er billigere enn kanaler. Ulempen er at det er mer sannsynlig med skader ved graving langs sporet. Samtidig vil feilretting ta lengre tid, siden det ofte vil være nødvendig å grave opp kabelen når den skal repareres.

Transmisjonsnett

Dette nettet består av elektronisk transmisjonsutstyr og transmisjonsmedier. Mediene som brukes i dag, er fiberoptisk kabel og radiolinje. Dagens transmisjonsutstyr er i hovedsak basert på SDH-teknologi, men det bygges nå et nytt transmisjonsnett basert på IP-teknologi.

Transmisjonsnett er teleinfrastrukturens rygggrad, fordi det knytter alle de ulike elementene sammen. Innenfor dette nettet har vi aksessnett og subsystemer som overfører sine tjenester og funksjoner gjennom transmisjonsnett.

GSM-R nettet

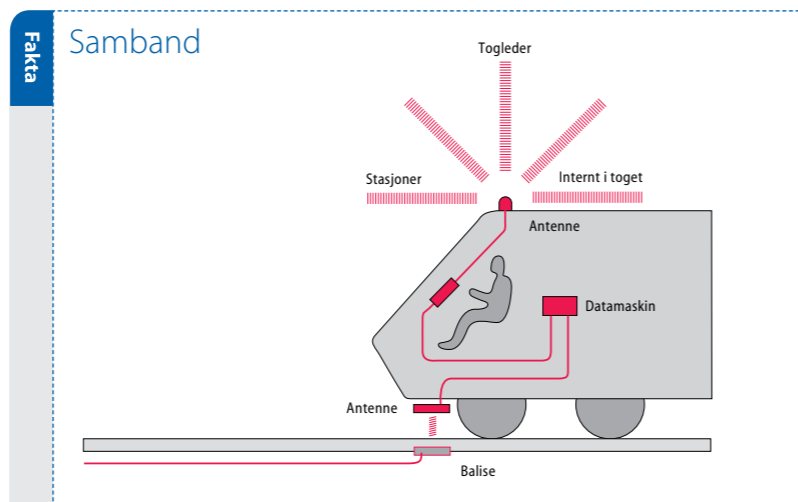
Jernbaneverket har bygd et eget mobilnett, GSM-R. Dette nettet er dagens togradio og erstatter tidligere analoge kommunikasjonsløsninger. GSM-R nettet er basert på GSM-teknologi, men har en del tilleggsfunksjoner. Det kan være nødalarmer, gruppeanrop og kringkastingsfunksjon. Systemets krav til tilgjengelighet er 99,975 prosent. GSM-R-nettet vil også være en kommunikasjonskanal for ERTMS (nytt signalsystem). GSM-R nettet dekker hundre prosent av jernbanenettet, også tunneler. For kommunikasjon i tunnelene er det brukt strålekabel eller antenner. Basestasjonene er knyttet sammen, hovedsakelig med radiolinje, men det er også brukt fiber der radiolinje ikke er hensiktsmessig. Nettet overvåkes døgntilnærmerlig fra en operasjonssentral på Marienborg i Trondheim.

Publikumsinformasjon

Publikumsinformasjonsanlegget (PIA) består av fire hovedelementer

- høytaleranlegg
- skiltanlegg (anvisere og monitorer)
- uranlegg (klokker og tidsanvisere)
- produksjonsenhet for trafikkdata

I produksjonsenheten sammenliknes statistiske data fra ruteplanen med sanntidsdata fra fjernstyringssystemet ved hjelp av algoritmer. Når informasjonen er ferdigbehandlet, sendes den videre ut til høytalere, skjermene, anvisere og web-sider via et datanettverk. Datanettverket brukes også til å synkronisere alle uranleggene, slik at samme klokkeslett vises samtidig på alle stasjoner. Sanntidsinformasjon om togtrafikken er også tilgjengelig for publikum på www.jernbaneverket.no og som applikasjon til mobiltelefon.



Kabelkanal

Kasse i betong eller plast hvor kabler for elektrotekniske anlegg legges



Ordforklaringer



Akselteller



Balise



Dvergsignal



Kontaktledningsanlegg

Akselteller

Akseltellere er et system for togdeteksjon som teller aksler inn og ut av et sporavsnitt. Sporavsnittet detekteres som belagt eller fritt, avhengig av om antallet aksler telt inn i sporavsnittet er overens med antall aksler telt ut

Apparatskap – AS

Skap som står ved signalanlegg, og som inneholder diverse utstyr, for eksempel kabelavslutninger

Asynkronmotor

En relativt enkelt oppbygd, lett og robust lokomotivmotor der spenning og frekvens til motoren reguleres ved hjelp av en data-maskinstyrt kraftelektronikk

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 maksimale tillatte hastighet)

Baliser

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

Blokkstrekning

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

Bæreline

En line av elektrolyttkobber som «bærer» hengertråd og kontakttråd

CTC

Sentralisert trafikkontroll. System som gjør det mulig å fjernstyre signalanlegg for tog. Systemet styres av togleder fra en CTC-sentral

DATC – Delvis ATC (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 togbevegelser på stasjoner

Elektrotekniske anlegg

Et samlebegrep som omfatter anlegg for strømforsyning, signalanlegg og teleanlegg

FATC – Full ATC (automatisk togkontroll)

System som gjør at togene ikke overskrider den maksimale tillatte hastighet

Filterimpedans

Se impedansespole

Forriglingstabell

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

Grafisk rute

Grafisk framstilling av et togs rute som funksjon av tidspunkt og sted på en jernbanestrekning

Grensestasjon (signalteknisk)

Stedet der en fjernstyrt strekning (CTC) møter andre driftsformer

Hengertråd

En elektrolyttkobbertråd, 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

Impedansespole

Elektrisk motstand i en vekselstrømskrets, er frekvensavhengig

Isolert skjøt

Isolasjon mellom skinneskjøter som hindrer strøm i å komme igjennom

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

Kapasitetfordeling

Fordeling av kapasitet (ruter) i jernbanenettet til kjøring av tog og vedlikehold av infrastrukturen

Koder

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

Kontaktledningsanlegg

Komponentene som strømforsyning for elektrisk banedrift består av, det vil si ledninger, master, brytere etc.

Kontakttråd

Strømledningen, massiv tråd av elektrolyttkobber, som togets strømvaktar får strømmen fra

Koblings 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

Kullsepestykke

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

Lasteprofil

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

Likestrøm

Strømoverføring med konstant polaritet

Linjeblokk

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

Loddavspenning

Del av kontaktledningsanlegget

Matestasjon

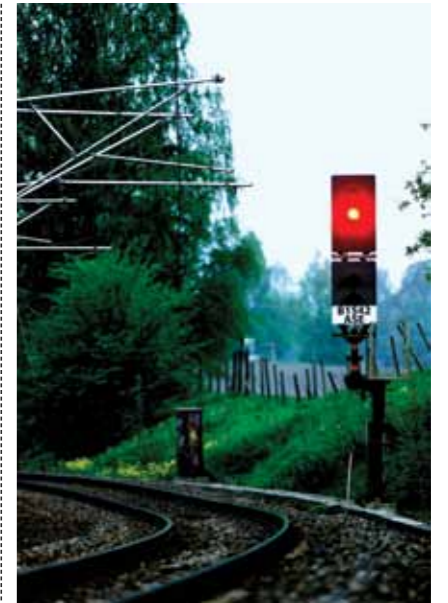
Fellesbetegnelse på omformerstasjon, kraftstasjon og transformatorstasjon som leverer – eller mater – elektrisk energi til kontaktledningsanlegget

Motorvognsett

Tog som består av motorvogn og styrevogn, eventuelt med mellomvogner

Omformerstasjon

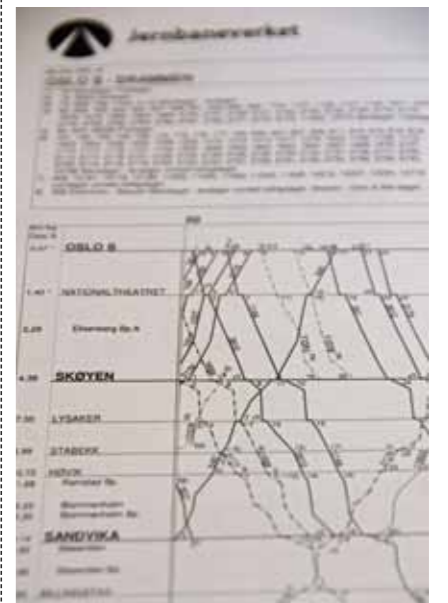
Innretning som omformer elektrisk energi til riktig spenning og gir vekselstrømmen riktig frekvens (perioder/Hz)



Hovedsignal



Impedansespole/filterimpedans



Grafisk rute



Sporveksel

Overbygning

Skinner, 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

Pantograf

Se strømvaktaker

PCM-systemer

System som transformerer tale til dataspråk og tilbake til tale

Perioder/Hz

Hvor ofte strømmens spenning skifter mellom + og - per sekund

PLS-teknikk (PLS – programmerbare logiske systemer)

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

Regenerativ brems

Bruk av lokomotivets motor som generator slik at bremseenergien kan mates tilbake til kontaktledningen

Regenerator

Forsterker signaler i kabler

Relé

Elektromagnetisk bryter

Returstrøm

Strømmen som går tilbake fra lokomotiv/trekkraftenhet til matestasjon. Må ikke forveksles med strøm ved tilbakemating ved regenerativ brems



Sporvekseldrivmaskin



Sugetransformator



Togleder

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

En definert (begrenset) lengde av sporet. På et sporavsnitt skal det kunne detekteres om det er rullende materiell eller ikke

Sporfelt

Teknisk innretning som detekterer om det er togmateriell på sporavsnittet. De fleste av jernbanens strekninger og spor er delt inn i sporfelt. Et sporfelt gir kontinuerlig togdeteksjon

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 en trekraftenhet

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 godsterminal

Togekspeditør -Txp

Person på stasjon som har ansvaret 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 (GSM-R)

Radiotelefonsystem som gir fører kontakt med togleder

Togvei

Definert «kjøreløype» gjennom spor og sporveksler

Transformator

Innretning som endrer strømmens spenning fra et nivå til et annet

Transmisjonssystem og radiolinje

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

Tunnelradio

Spesielle antennekabler som gjør at signaler til togradio og mobiltelefon når fram også i tunneler

Tyristor

Innretning som – ved hjelp av elektronisk utstyr – regulerer strømspenningen til lokomotivens motor, slik at den til enhver 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 å trekke både persontog og godstog

Utligger

Del av kontaktledningsanlegget. En utligger er en rørkonstruksjon festet til en mast som holder kontakttråden på plass

Vekselstrøm

Strømoverføring hvor strømmen skifter mellom positiv (+) og negativ (-) periodisk, for eksempel 16 2/3 svingninger per sekund (Hz)

Vekslingsfelt

Strekning med overgang fra en kontaktledning til den neste

X25

Internasjonal standard for datakommunikasjonssystem

X400

Nyere internasjonal standard for datakommunikasjonssystem

Åk

Oppheng for kontaktledninger som spenner over flere spor



Togekspeditør



Togvei - illustrert med utsnitt av overvåkings-tavle fra togledersentral.



Utligger



Åk

Kontakt oss

Jernbaneverkets enheter er lokalisert på flere steder i landet. For nærmere informasjon besøk våre nettsider eller ring vårt landsdekkende sentralbord:

05280

Fra utlandet (+47) 22 45 50 00

Postadresse Jernbaneverket, Postboks 4350, 2308 Hamar

E-post postmottak@jbv.no

Jernbaneverkets kundesenter kan kontaktes på:

e-post: kundesenter@jbv.no

SMS/MMS: Send kodeord JBV til 261 12

Sosiale medier: [Twitter](#) og [Facebook](#)

www.jernbaneverket.no