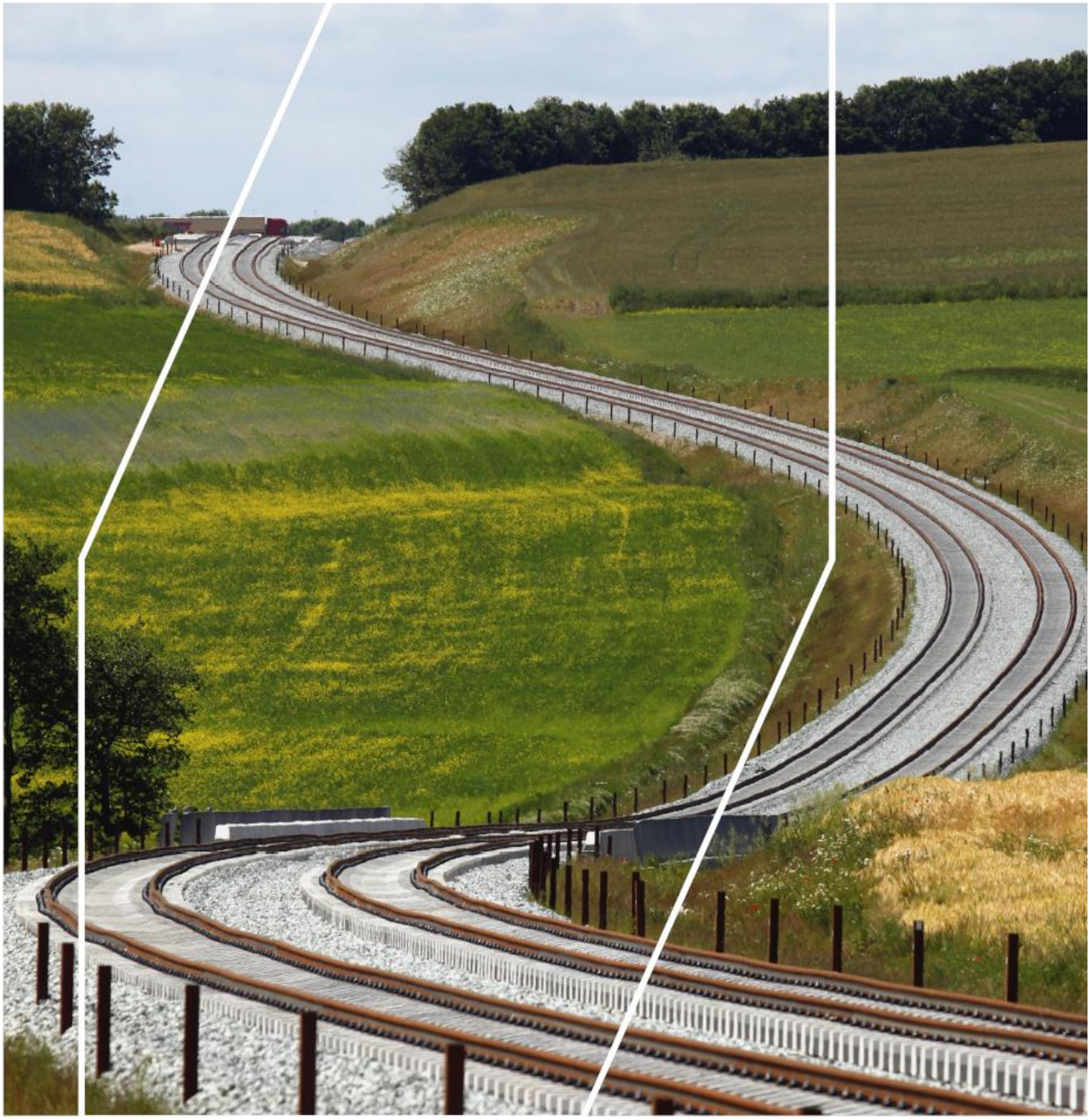
TRAFIKALE ANLÆGSBESTEMMELSER FOR EGET TRACÉ



Dokument information

Dokument navn	Trafikale anlægsbestemmelser for Eget tracé
Version	2.0
Versions dato	01.02.2022
Forfatter	LORO, SUJO, LSNI, JE, THMD
Gransker	Thomas Damm Honoré (Claus Jørgensen: Gransker fra version 1.0 – 1.6; Leif Nielsen version 1.7)
Godkender	Jan Eriksen

Dokument historik

Dokument version/dato	Ændringer foretaget af	Årsag
1.0 / 26.07.2019	-	Første udgave
1.1 / 12.09.2019	Arbejdsgruppen	Opretning efter første assessmentrunde
1.2 / 04.10.2019	Arbejdsgruppen	Opretning efter anden assessmentrunde
1.3 / 03.11.2019	Arbejdsgruppen	Opretning efter tredje assessmentrunde
1.4 / 07.11.2019	Arbejdsgruppen	Justering af formulering og indføjelse af figur.
1.5 / 30.09.2020	Arbejdsgruppen	Opretning efter bemærkninger fra TBBST samt præciseringer ud fra anvendelseserfaringer. Denne udgave er udvidet med overgangsbestemmelser (afsnit 12).
1.6 / 01.12.2020	Arbejdsgruppen	Opretning efter ny omgang med assessment efter udvidelsen med afsnit 12.
1.7 / 18.01.2021	Arbejdsgruppen	Rettelser efter kommentarer fra assessor.
1.8 / 20.05.2021	Aarhus Letbane	Opdateringer efter bemærkninger fra myndigheden.
1.9 / 08.10.2021	Aarhus Letbane	Opdateringer efter bemærkninger fra myndigheden.
2.0 / 01.02.2022	Aarhus Letbane	Godkendt udgivet version

Indholdsfortegnelse

1 Indledning ... 9
1.1 Gyldighedsområde ... 9
1.2 Proces ved ændringshåndtering ... 10
1.2.1 Undtagelsesregler ... 10
1.2.2 Dispensationer ... 10
1.3 Struktur og læsevejledning ... 11
1.4 Ikrafttræden ... 11
1.5 Hasarder ... 11
1.6 Normering af sporlængder for togvejsspor på stationer mv. ... 12
1.6.1 Standsningsmargin ... 13
1.7 Definitioner ... 13
2 Sporskifter ... 16
2.1 Kontrol på sporskifter ... 16
2.1.1 Centralbetjente sporskifter ... 16
2.1.2 Centralaflåste sporskifter ... 16
2.2 Anvendelse af sporskifter ... 16
2.2.1 Centralbetjente sporskifter ... 16
2.2.2 Centralaflåste sporskifter ... 16
2.3 Sporskiftedrev og drevtype ... 17
2.3.1 Centralbetjente sporskifter ... 17
2.3.2 Centralaflåste sporskifter (elstedbetjente) ... 17
2.3.3 Koblede sporskifter ... 17
2.3.4 Antal sporskiftedrev ... 18
2.3.5 Kontrolboks ... 18
2.4 Ledig ... 18
2.5 Sikring mod utidig omstilling (SMUTO) ... 18
2.6 Sporskiftesignaler ... 21
2.7 Stedbetjening ... 21
2.8 Ledig ... 21

2.9 Nummerering af sporskifter ... 22
2.9.1 Centralbetjente sporskifter ... 22
2.9.2 Centralaflåste sporskifter ... 22
2.10 Manuel sporskifteomstilling ... 22
2.11 Låsebolte ... 23
2.11.1 Faste låsebolte ... 23
2.11.2 Transportable låsebolte ... 23
2.11.3 Låsebolte til indbyggede sporskifter ... 23
3 Ledig ... 24
4 Togdetektering ... 25
4.1 Omfang på stationer ... 25
4.2 Formelder ... 26
4.2.1 Afstande mellem begyndelsespunkt og forvarslingsbalisen ved hovedsignal uden O-mærke ... 26
4.2.2 Afstande mellem begyndelsespunkt og forvarslingsbalisen ved hovedsignal med O-mærke ... 27
4.2.3 Særlige forhold for placering ... 28
4.3 Længde af togdetekteringsafsnit ... 28
4.4 Overvågning i signalgivning ... 29
4.5 Nulstilling af akseltæller ... 29
4.6 Overgang fra Eget Tracé til Delt/Særligt Tracé ... 29
4.7 Overgang til Eget Tracé ... 30
4.7.1 Fra Delt/Særligt Tracé ... 30
4.7.2 Fra Depotområder/depotspor ... 31
4.8 Nummerering / benævnelse ... 31
4.8.1 Tællepunkter ... 31
4.8.2 Togdetekteringsafsnit på stationer ... 32
4.8.3 Togdetekteringsafsnit på fri bane (strækningsafsnit) ... 32
4.9 Placering af signaler i forhold til togdetekteringsafsnit ... 33
5 Signaler og mærker ... 34
5.1 Signallys ... 34
5.1.1 Farvet lys i hoved- samt forvarslingssignaler ... 34
5.1.2 Hvide lys ... 34

5.2 Signalsynlighed, generelt ... 34
5.3 Signalsynlighed samt opstilling for de enkelte signaltyper ... 35
5.3.1 Hoved- og forvarslingssignaler ... 35
5.4 Typer af hovedsignaler ... 37
5.4.1 Hovedsignaler, der skal kunne vise 2 kør-begreber ... 37
5.4.2 Hovedsignaler, der skal kunne vise 1 kør-begreb ... 37
5.5 Anvendelse og overvågning af hovedsignaler ... 38
5.6 Identifikation af hovedsignaler ... 38
5.6.1 Stationsforkortelser ... 39
5.6.2 Navngivning af signaler med bogstaver (signalets ID) ... 40
5.7 Regler for opstilling af signaler ... 40
5.7.1 Regler for opstilling af signaler, der dækker en station ... 40
5.7.2 Hovedsignaler, der signalerer udkørsel ... 40
5.7.3 Hovedsignaler, der giver adgang til kørsel i Eget Tracé uden for stationsgrænsen ... 41
5.7.4 Hovedsignal, der opdeler en station ... 41
5.7.5 Hovedsignaler, der dækker en overkørsel ... 41
5.8 Forvarslingssignaler ... 41
5.8.1 Synlighed ... 42
5.8.2 Udrustning med lanterner ... 42
5.9 Signaler til overkørsler ... 42
5.10 Signalers højde og afstand til sporet ... 42
5.10.1 Forvarslingssignaler ... 43
5.10.2 Hovedsignaler ... 43
5.11 Traktorvejssignaler ... 43
5.12 Signalkommission ... 44
5.12.1 Formål ... 44
5.12.2 Omfang ... 45
5.12.3 Protokol ... 45
5.12.4 Opfølgning ... 45
5.13 Mærker ... 45
5.13.1 ”Hastighed maksimalt 30 km/t, men har kun betydning ved kørsel uden virksom ATP” (Ha5). 46

5.13.2 ”Stoppested følger” (St1) ... 46
5.13.3 ”Perron ved stoppested, perron begynder” (Pr1) ... 46
5.13.4 ”Giv agt” (Ga1/Ga2) ... 46
5.13.5 ”Kørsel på Eget Tracé begynder ved næste hovedsignal” (Et1) ... 47
5.13.6 ”Kørsel på Eget Tracé slutter. Kørsel på Særligt og Delt Tracé begynder” (Dt1) ... 48
5.13.7 "Stands senest ved mærket" (Hm1) ... 48
5.13.8 "Stop" (Ms1) ... 48
5.13.9 "Stationsgrænse” (Sg1) ... 49
6 Ledig ... 51
7 Togveje ... 52
7.1 Togvejslængder ... 52
7.2 Sikkerhedsafstand i togveje ... 53
7.2.1 Hovedsignal for indkørsel ... 54
7.2.2 Endepunkt for indkørselstogveje ... 55
7.2.3 Overgang fra Eget Tracé til Delt/Særligt Tracé ... 56
7.2.4 Overgang til Eget Tracé fra Depot ... 56
7.2.5 Fælles sikkerhedsafstand ... 57
7.2.6 Overlap af overvågning ... 57
7.3 Togvejsendepunkter ... 58
7.3.1 Signaler ... 58
7.3.2 Mærker ... 58
7.3.3 Togveje, der ender foran sporstoppere ... 58
7.4 Dækning af togveje ... 59
7.4.1 Definition ... 59
7.4.2 Krav til dækningsgivende objekter ... 59
7.4.3 Dækning fra sidespor ... 60
7.4.4 Dækning af togvejsspor ... 60
7.4.5 Dækning fra spor under anlæg ... 61
7.4.6 Tekniske betingelser for kørtilladelse ... 61
7.5 Nødopløsning ... 61
7.6 Opløsning af indkørselstogvejens ikke-befarede del samt sikkerhedsafstand ... 63

8 Automatisk signalgivning 64
9 Ledig 65
10 Signaler og sikringsanlæg på fri bane 66
10.1 Linjeblok 66
10.1.1 Blokinddeling 66
10.1.2 Betjening af linjeblok 66
10.1.3 Sporisolationer 66
10.2 Signaler på fri bane 67
10.2.1 Dækkende hovedsignal for overkørsel 67
10.3 Sidespor på fri bane 67
11 ATP-anlæg (Automatic Train Protection) 68
11.1 Opbygning 68
11.2 Baliser 69
11.2.1 Balise ID 69
11.2.2 Balisetype 69
11.2.3 Baliseafstand 71
11.3 Signaler og mærker 72
11.3.1 Baliser ved hovedsignaler 72
11.3.2 Forvarslingsbaliser 72
11.4 Overgang mellem Eget Tracé og Delt eller Særligt Tracé 73
11.4.1 Kørsel fra Eget Tracé 73
11.4.2 Kørsel ind på Eget Tracé fra Delt/Særligt Tracé 74
11.4.3 Kørsel ind på Eget Tracé fra depot eller sidespor 76
11.5 Overkørsler 76
11.6 Sporstoppere 77
11.7 Trafikale parametre i Togkontrolanlægget 77
11.7.1 Løsehastighed 77
11.7.2 Tilladte hastighed 78
11.7.3 Togvej gennem station 79
11.7.4 Gradient 80
11.7.5 Afstand til farepunkt 80

11.7.6 Opdatering af ATP-information ... 80
11.8 Midlertidig hastighedsnedsættelse ... 80
12 Overgangsbestemmelser ... 82
12.1 Centralaflåste sporskifte (afsnit 2.2.2) ... 82
12.2 Centralaflåste sporskifter – nummerering (afsnit 2.9.1) ... 82
12.3 Faste låsebolte (afsnit 2.11.1) ... 83
12.4 Overvågning af togdetektering (afsnit 4.4) ... 83
12.5 Overgang fra Eget Tracé til Delt/Særligt Tracé (afsnit 4.6) ... 84
12.6 Nummerering og navngivning ... 84
12.6.1 Nummerering – tællepunkter (afsnit 4.8.1) ... 84
12.6.2 Nummerering af togdetekteringsafsnit på stationer (afsnit 4.8.2) ... 85
12.7 Stationsforkortelser (afsnit 5.6.1) ... 85
12.7.1 Navngivning af signaler med bogstaver (signalets ID) (afsnit 5.6.2) ... 85
12.8 Overvågning af signaler ... 86
12.8.1 Overvågning af hovedsignaler (afsnit 5.5) ... 86
12.8.2 Overvågning af traktorvejssignaler (afsnit 5.11) ... 86
12.9 Endepunkt for indkørselstogveje (afsnit 7.2.2) ... 86
12.9.1 Togveje med forløb til stationsgrænse ... 86
12.9.2 Sikkerhedsafstand på Odder station ... 87
12.10 Dækning af togveje – definition (afsnit 7.4.1) ... 87
12.11 Nødopløsning (afsnit 7.5) ... 87
13 Udvendig betjening ... 89
13.1 Stationer ... 89
14 Referenceliste ... 90
Bilag A: Overkørsler sikret med afmærkning eller tinglyst oversigt ... 91
Bilag B - ATP Forced brake curve [ATP-SAFEBRAKE] ... 93

1 Indledning

De trafikale anlægsbestemmelser tager primært sigte på projektering, altså etablering/ny- eller ombygning, men indeholder også bestemmelser, der gælder efter at et anlæg er bygget.

For de øvrige dele af anlæggene, der måtte være projekteret og bygget efter disse anlægsbestemmelser gælder, at der ikke foretages løbende ændringer, når reglerne udvikles, med mindre dette specifikt fremgår af reglerne.

1.1 Gyldighedsområde

Disse anlægsbestemmelser gælder for den letbaneinfrastruktur, der forvaltes af Aarhus Letbane (AAL).

Bestemmelserne gælder for Eget tracé, ved nyetablering af sikrings- og togkontrolanlæg eller ved ombygning af bestående sikrings- og togkontrolanlæg (jfr. afsnit 1.7 og Figur 1.7-1). Bestemmelserne anvendes ved den trafikale projektering og ved drift og vedligeholdelse af signalsynligheden.

> Disse bestemmelser indeholder reglerne for sikrings- og togkontrolanlæg i eget trace. Aarhus Letbane har valgt at indarbejde de trafikale anlægsbestemmelser for togkontrolanlægget (ATP) i herværende regelsæt. Dette sker for at sikre en god og fornuftig overensstemmelse af de integrerede systemer ved den trafikale projektering. Den opdeling som findes ved Banedanmark, er historisk, og er et udtryk for at anlægsbestemmelser for disse sikringsanlæg blev udarbejdet før man kendte og havde erfaringer med ATC-anlæg. Dette forhold er ikke til stede ved Aarhus Letbane.
>
> De trafikale anlægsbestemmelser for signalanlæg i særligt og delt tracé samt styring af sporskifter i værkstedområdet er beskrevet i egne bestemmelser (disse bestemmelser er i proces for udarbejdelse).

I afsnit 12 findes overgangsbestemmelser for forhold i eksisterende anlæg, der ikke opfylder regler angivet i afsnit 1-11 og 13. Det fremgår af afsnit 12, hvorledes hver enkelt afvigelse forvaltes.

> Aarhus Letbane er et Design-Build-projekt, hvor leverandøren (ASAL-konsortiet) har leveret et komplet anlæg bestående af kørestrømsanlæg, nye signal-, sikrings- og togkontrolanlæg i infrastrukturen samt rullende materiel.
>
> I de tilfælde hvor disse anlægsbestemmelser udtrykker sikkerhedskrav, som ikke måtte være fuldt ud implementeret i de leverede anlæg, er de afvigende forhold behandlet i eksplicitte risikovurderinger tilknyttet i leverede anlæg og håndteret i overensstemmelse med disse. I det omfang, det har været muligt at identificere disse er overvejelserne bag gengivet i afsnit 12.

Anlægsbestemmelserne indeholder sikkerhedskrav til funktionalitet. Krav er formuleret som:

- "skal" - opfyldes ubetinget.
- "kan" - en option som, den der forvalter disse anlægsbestemmelser kan beslutte anvendt.

- "bør" - en mulighed som et ændringsprojekt skal dokumentere, er overvejet, og foreligges den der forvalter disse anlægsbestemmelser til afgørelse om anvendelse.

1.2 Proces ved ændringshåndtering

Ved ændringer og nyanlæg i infrastrukturen (et projekt), der berører forhold, hvor disse anlægsbestemmelser skal anvendes, skal projektet så tidligt som muligt, til den instans der forvalter disse anlægsbestemmelser jf. [SLS], fremlægge projektets bud på hvordan anlægsbestemmelserne planlægges implementeret. Denne instans, der forvalter disse anlægsbestemmelser, beslutter på baggrund heraf, i hvilket omfang anlægsbestemmelserne skal bringes i anvendelse.

Ved ændringer i infrastrukturen, der påvirker funktionalitet eller anvendelse af et bestående sikrings- eller togkontrolanlæg, kan den instans, der forvalter disse anlægsbestemmelser, som grundlag for en beslutning om ikke at bringe disse anlægsbestemmelser i anvendelse, foreskrive, at der foretages en identifikation og håndtering af de hasarder, der er knyttet til det pågældende forhold, efter reglerne i [CSM RA].

Hvis produktionsomfanget på en station ændres signifikant, skal sikrings- og togkontrolanlæg vurderes ud fra det ændrede driftsoplæg og om nødvendigt tilpasses.

Det samme gælder, hvis trafikintensiteten på den fri bane øges signifikant.

Dokumentation for vurderingen indgår i godkendelsesprocessen for den pågældende ændring.

Vurderingen skal ske både ud fra et produktionsmæssigt synspunkt (kan den øgede trafik afvikles?) og et sikkerhedsmæssigt synspunkt (kan trafikken afvikles sikkerhedsmæssigt forsvarligt?) Desuden skal det indgå i vurderingen, om eventuelle dispensationer eller tilladelser til brug af undtagelsesregler på stationen fortsat er forsvarlige med den ændrede produktion.

Ændringer af denne type kan f.eks. være overgang fra timedrift til halvtimesdrift.

1.2.1 Undtagelsesregler

Hvor der for et forhold findes flere løsningsmuligheder, f.eks. i form af hovedregler og undtagelsesregler, må undtagelsesreglerne kun anvendes efter tilladelse fra den instans, der forvalter disse anlægsbestemmelser.

Tilladelse til brug af undtagelsesregler hhv. løsninger på lavere niveau kræver, at det dokumenteres overfor den instans, der forvalter bestemmelserne, hvilke overvejelser, herunder af sikkerhedsmæssig art (risikovurdering), der ligger bag de foreslåede løsninger.

1.2.2 Dispensationer

Dispensationer fra gældende krav i disse anlægsbestemmelser kan kun udstedes af Aarhus Letbanes normansvarlige chef efter godkendelse af myndigheden. For krav, hvor den, der forvalter disse anlægsbestemmelser, kan afvige, er dette skrevet direkte i teksten.

Proces for dispensation fra tekniske regler fremgår af Aarhus Letbanes ledelsessystem, hvortil der henvises [SLS].

1.3 Struktur og læsevejledning

Anlægsbestemmelserne er struktureret med forklaringer og henvisninger.

Bestemmelserne indeholder dels reglerne og baggrundstekst for de enkelte emner.

I kapitel 14 findes referencer til andre dokumenter. I teksten henvises til disse referencer med anvendelse af "skarpe" parenteser "[]".

Nærværende anlægsbestemmelser indeholder baggrundstekst, der forklarer baggrunden for reglerne og de sikkerhedsmæssige overvejelser bag dem. Baggrundsteksten indeholder også opsummeringen af de risikovurderinger, som er foretaget i forbindelse med bestemmelsernes tilblivelse. Baggrundsteksten indeholder således argumentationen for bestemmelserne.

Baggrundstekst er skrevet med indrykket margen i forhold til reglerne og med mindre skrift, som vist her. Baggrundstekst indeholder IKKE sikkerhedskrav, men er alene af informativ karakter for at uddybe egentlige krav herunder fortælle om baggrunden for evt. afvigelser, historiske eller uddybende tekniske forhold.

Togkontrolanlægget er en integreret del af togkørslen i eget trace og derfor er dette anlæg i fornødent omfang beskrevet i afsnit 11.

1.4 Ikrafttræden

Denne udgave af bestemmelserne træder i kraft ved udgivelsen.

1.5 Hasarder

Disse anlægsbestemmelser omhandler sikrings- og togkontrolanlæg, som i videst muligt omfang skal hindre følgende ulykker (hasarder) [TBST]:

- Kollision, letbanekøretøj mod andet letbanekøretøj
- Kollision, letbanekøretøj mod objekt
- Afsporing
- Overkørselsulykke

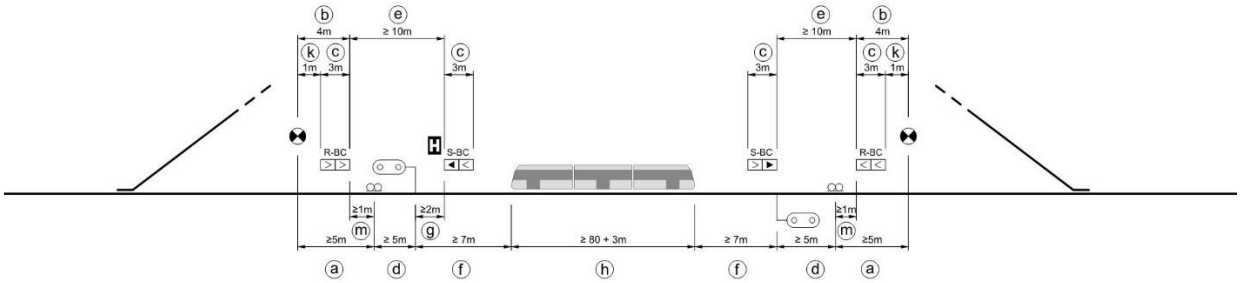
Hasarderne stammer fra Trafik-, Bygge-, og Boligstyrelsens kategorisering af typer af ulykker (hasarder). Disse bestemmelser tager derfor sigte på at imødegå de ovenfor nævnte ulykkestyper. Ulykkestyper som f.eks. krydsningsulykker, person påkørsler og ind- og udstigningsulykker (letbanekøretøj holder stille) er typer af ulykker, som ikke umiddelbart kan imødegås med tekniske foranstaltninger/systemer og er derfor ikke omfattet af disse anlægsbestemmelser.

For overkørsler er det kun afhængighed til et hovedsignal som behandles. Øvrige foranstaltninger ved teknisk sikrede overkørsler er beskrevet i anlægsbestemmelser herfor. [ANL_OVK].

Reglerne for overkørsler alene sikret med afmærkning eller tinglyst oversigt ("usikrede overkørsler") hører ikke til disse anlægsbestemmelser, men indtil der er udgivet separate bestemmelser for disse "usikrede overkørsler", er bestemmelser herfor optaget som bilag A.

1.6 Normering af sporlængder for togvejsspor på stationer mv.

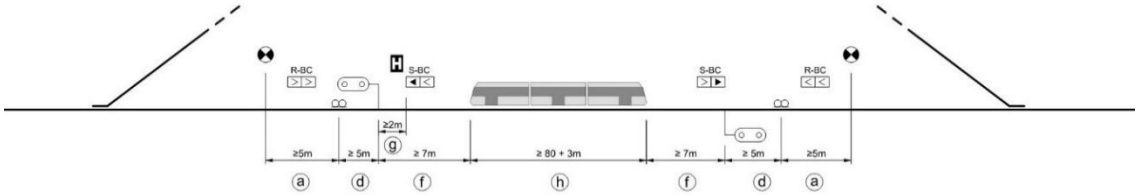
Idet banen primært befares af letbanekøretøjer, skal det største af de ved Aarhus Letbane anvendte letbanekøretøjer være dimensionsgivende for længden af spor på en krydsningsstation for den pågældende strækning.



Figur 1.6-1 Indbyrdes placering af sikringstekniske objekter på stationer (se også Tabel 1)

Id	Beskrivelse	Afstand
a	Afstand fra akseltæller til frispormærke	Minimum 5 m
b	Afstand mellem sidste balise i balisegruppen og frispormærket (b = k+c)	4 m
c	Længden af en balisegruppe	3 m (+/- halv svelleafstand)
d	Afstanden fra akseltælleren til signalet	Minimum 5 m
e	Afstand mellem 2 balisegrupper	Minimum 10 m
f	Minimal synlighed af lanterne i signalet (se afsnit 5.1.1)	Minimum 7 m
g	H mærket til signal	Minimum 2 m
h	Længden af det dimensionerende letbanekøretøj og Standsningsmargen (3 m) der er fastsat ud fra et erfaringsgrundlag – nominel værdi	Minimum 80 (+3m)
k	Afstanden mellem første balise i balisegruppen og frispormærket	Minimum 1 m
m	Afstand fra akseltæller til rekalibreringsbalisen	Minimum 1 m

Tabel 1 ID, beskrivelse og afstand (opbygning af stationer)



Figur 1.6-2 Afstande

Aarhus Letbanes længste tog er 2 koblede Tango-køretøjer med en totallængde på 80 m. Dette anses for den dimensionerende længde for letbanekøretøj på letbanen.

Ovenstående betyder, at den mindste afstand nominelt mellem frispormærkerne vil blive 126 m. Ved samtidig indkørsel forøges afstanden mellem frispormærkerne med minimum 56 m.

1.6.1 Standsningsmargin

Ud fra empiriske forsøg har det vist sig, at letbanemateriellet, som anvendes ved Aarhus Letbane, vil kunne standse med en margin på min. 3 meter.

Denne lave margin skyldes også, at hastigheden langs perron maks. er 45 km/t, men også at hastigheden hen mod et signal typisk vil være lavere, da løsehastigheden i ATP-systemet er højest 30 km/t.

1.7 Definitioner

For definitioner og beskrivelser af Aarhus Letbanes begreber henvises til [TSF].

I forbindelse med udarbejdelsen af disse bestemmelser er følgende definitioner fra ([TSF] afsnit 29.2) suppleret med følgende informationer af hensyn til disse bestemmelsers forståelse:

- **Eget Tracé:** Kørsel på hovedsignaler og med virksomt ATP. Maks. hastighed 100 km/t.
- **Særligt Tracé:** Kørsel på sigt efter færdsels- og jernbaneloven. Maks. hastighed 70 km/t dog ikke hurtigere end den parallelt løbende vejs tilladte hastighed.
- **Delt Tracé:** Kørsel på sigt efter færdsels- og jernbaneloven. Ved AARHUS LETBANE er den maksimale hastighed ved Delt Tracé fastsat i samarbejde mellem politi, kommune og Aarhus Letbane.

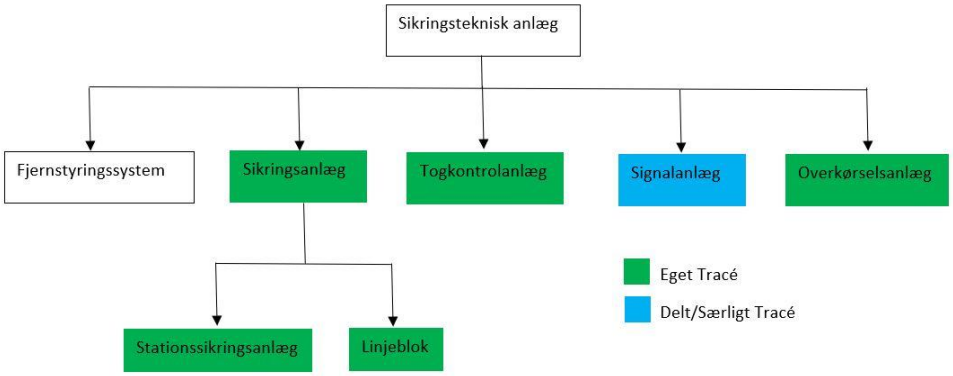
Den maksimale hastighed i Delt Tracé er ved udgivelsen af disse bestemmelser fastsat til 30 m/t.

Følgende definitioner anvendes i disse anlægsbestemmelser, men er ikke optaget i TSF:

Term	Definition
Fjendtlige togveje	Togveje inkl. deres sikkerhedsafstand, hvis samtidige brug vil medføre fare i forhold til følgende: • fritrumsprofiler (flankekollision), • frontal kollision (modkørende tog/køretøj) eller • påkørsel af forankørende/holdende tog/køretøj. Banedanmark har i sit undervisningsmateriale for stationsbestyrere defineret det således "Togveje, hvis samtidig brug kan medføre fare", uden at definere mere. Ovenstående definition udtrykker mere detaljeret, hvori farerne består.
Fjendtlig ranger-bevægelse	En rangerbevægelse betragtes som fjendtlig, hvis den kan give risiko for, at rangerbevægelsen kan komme ind i en fastlagt togvej eller dennes sikkerhedsafstand. I Odder er afstanden mellem togvejsendepunkt mærke Ms1 og grænsen for det sikrede område (akseltællere ODD-ZP6 og ODD-ZP7) 27 m. Efter at indkørselshastigheden for tog uden virksom ATP er blevet nedsat til 20 km/t, anses den til rådighed værende sikkerhedsafstand som tilstrækkelig til at sikre en evt. forbikørsel af togvejens endepunkt. Hvis et rangertræk, kommende fra det usikrede område (sidespor), skulle forbikøre dets "endepunkt" (Ms1), vil det som følge af den lavere hastighed (15 km/t), kunne standses på 9 m. Sandsynligheden for at både et tog og et rangertræk samtidig skulle få brug for sikkerhedsafstanden på de 27 m, anses for meget lav, idet trafikoperatøren skal give tilladelse til, at et rangertræk må køre frem i togvejssporet. Rangeringen foregår på sigt og tilladelse til at påbegynde rangerbevægelsen, vil ikke blive givet, hvis der er stillet togvej til det pågældende spor.
Gennemgående spor	Det gennemgående spor er det mindst krumme togvejsspor, der er fortsættelsen af sporet fra den fri bane.
Målhastighed	Den hastighed, køretøjet skal være bragt ned til ved målpunktet.
Målafstand	Afstanden fra den anden balise i balisegruppen og til det tilhørende målpunkt (typisk næste signal)
Målpunkt	Punkt, hvor balisens informationen gælder til.
Type 1 infrastruktur	Definitionen fremgår af [LBN1-402]. Type 1 infrastruktur er den infrastruktur, der er tilpasset letbanemateriellet mht. akseltryk og profil. Denne infrastruktur er etableret hvor der er bygget nyt spor, dog med undtagelse af det østlige spor mellem Aarhus H og Østbanetorvet der

Term	Definition
	er Type 2 infrastruktur idet denne strækning kan befares af konventionelt jernbanemateriel (godstog).
Type 2 infrastruktur	Definitionen fremgår af [LBN1-402]. Type 2 infrastruktur er den infrastruktur, der er svarer til normalt jernbanemateriel mht. akseltryk og profil (de "gamle" banestrækninger til Grenaa og Odder).
Forvarslings-punkt	Den balisegruppe, der giver information om følgende hovedsignals visning. For hovedsignal for indkørsel, vil dette punkt være forvarslingsbalisen (Warner-balisen, W) der ligger længst fra pågældende hovedsignal, altså den første forvarslingsbalise i tilfælde af, at der er udlagt opdateringsbaliser (W´). For hovedsignaler for udkørsel, vil dette punkt normalt være signalbalisen ved hovedsignal for indkørsel. I Lystrup, hvor der er flere hovedsignaler der opdeler stationen, vil forvarslingspunktet vil være ved det foregående hovedsignals signalbalise. For øvrige hovedsignaler (eks. ved overgang til Eget Tracé samt hovedsignaler der dækker en overkørsel) er forvarslingspunktet den forvarslingsbalise der ligger længst fra hovedsignalet.

Begrebet ”Sikringstekniske anlæg” er defineret i [TSF] og kan grafisk vises som i Figur 1.7-1.



Figur 1.7-1 Begrebsforklaring for sikringstekniske anlæg

2 Sporskifter

Dette afsnit omhandler både centralbetjente og centralaflåste sporskifter, afløbssporskifte og afløbssko.

Afløbssko medtages under sporskifter, da de fremadrettet vil blive programmeret så de vil fungere som var de koblet med det tilhørende sporskifte. En afløbssko er sammenlignelig med et afløbssporskifte, men anvendes dog ikke i togvejsspor.

2.1 Kontrol på sporskifter

Når der i anlægsbestemmelserne tales om kontrol på sporskifter, er dette som defineret i [TSF], suppleret med nedenstående.

2.1.1 Centralbetjente sporskifter

Kontrol på centralbetjente sporskifter betyder, at drev og kontrolsystem begge har registreret sporskiftets tunger i den endestilling, hvortil sporskiftet sidst er beordret omstillet via sikringsanlægget. Endvidere må sporskiftet ikke være registreret opskåret.

2.1.2 Centralaflåste sporskifter

Kontrol på centralaflåste sporskifter fremgår af den visning af sporskiftets status (aflåst) som, sker overfor betjeningspersonalet.

For nøgleaflåste sporskifter gælder, at sporskiftets nøgle skal være indsat i og låst fast i den elektromagnetiske nøglelås.

For el-stedbetjente sporskifter vil gælde det samme, som anført for centralbetjente sporskifter.

Det er Aarhus Letbanes ønske på sigt at kunne anvende el-stedbetjente sporskifter i stedet for nøgleaflåsninger. Aflåsningstypen findes p.t. ikke, men er taget med, da man håber at kunne anvende denne type fremover. El-stedbetjente sporskifter er centralaflåste sporskifter (kan ikke betjenes af trafikoperatøren i OCC, men kun fra betjeningskontakt i marken). El-stedbetjente sporskifter har samme tekniske overvågning af stilling (kontrol) som et centralbetjent sporskifte.

2.2 Anvendelse af sporskifter

2.2.1 Centralbetjente sporskifter

Centralbetjente sporskifter skal anvendes mellem togvejsspor indbyrdes.

Centralbetjente sporskifter kan anvendes mellem togvejs- og sidespor.

2.2.2 Centralaflåste sporskifter

Kan kun etableres efter tilladelse fra den instans som forvalter disse anlægsbestemmelser.

Centralaflåste sporskifter findes kun få steder på Aarhus Letbanes infrastruktur og er i alle tilfælde overtaget fra Banedanmark. Aarhus Letbane overvejer p.t. om anvendelse af centralaflåste sporskifter specificeres nærmere.

Hvor der er anvendt centralaflåst sporskifte med nøglelås i togvejsspor, må hastigheden højest være 75 km/t. Om nødvendigt skal der etableres en hastighedsnedsættelse.

Centralaflåst sporskifter med nøglelås findes kun på Ryomgård station og etableres ikke fremover.

Kravet om de 75 km/t er en konsekvens af afsporingsulykken ved Glumsø st. i 1990 hvor det blev afdækket at centralsikringen af nøglelåse ved ydre påvirkning kan svigte. Princippet har Aarhus Letbane valgt at videreføre.

I Hornslet findes sporskifte 104/105 som var centralbetjente i det tidligere SiCas-anlæg. Sporskifterne forbinder sidesporet med togvejssporet på stationen. Sporskifterne er fortsat sporskiftedrev type DSB1957 som er overtaget fra Banedanmark og ikke erstattet af de ved letbanen normalt anvendte sporskriftedrevtyper. Sporskifterne er aflåst med låsebolte i hht. [TSF] og kontrolstrømløbet er indført i sikringsanlæggets overvågning. Sporskiftet kan kun omstilles med håndsving jf. [SIT]. Disse sporskifter er således ikke direkte centralaflåst, men vil på grund af overvågningen af deres kontrolstrømløb sikringsmæssigbedst t kunne sammenlignes med et centralaflåst sporskifte. Denne form for sporskiftesikring vil fremover ikke blive etableret ved Aarhus Letbane.

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.1).

2.3 Sporskiftedrev og drevtype

2.3.1 Centralbetjente sporskifter

Der anvendes 2 typer sporskiftedrev for centralbetjente sporskifter:

- Unistar HR
- Unistar CSV24

Unistar HR er sporskifter med udvendigt drev og Unistar CSV24 er sporskifte med indbygget drev.

Formålet med at anvende 2 typer af sporskiftedrev: I eget trace anvendes normalt Unistar HR, men hvor det er nødvendigt af hensyn til kørsel over spor f.eks. ved ambulancevejen ved Aarhus H, anvendes indbyggede sporskiftedrev af typen Unistar CSV24 som ellers kun anvendes i særligt og delt trace og i forholdsvis meget krumme sporskifter (op til 1:7).

2.3.2 Centralaflåste sporskifter (elstedbetjente)

Der anvendes samme typer sporskiftedrev og drevtyper, som er nævnt i afsnit 2.3.1.

For eksisterende anlæg i Hornslet, se afsnit 12.1.

2.3.3 Koblede sporskifter

Koblede sporskifter anvendes ikke.

To sporskifter forbundet med en sporforbindelse i samme gren (transversal), kan etableres som koblede sporskifter, dvs. med fælles betjening og eventuelt også centralt teknisk udstyr.

For at sikre dækning af togveje, kan sikringsanlægget kodes således, at et eller flere sporskifter omstiller til dækningsgivende stilling i forbindelse med togvejsindstillingen, som om de var koblede.

2.3.4 Antal sporskiftedrev

Det fremgår af konstruktionstegningerne for de enkelte sporskifter, hvorledes disse skal være udrustet med drev.

Sporskiftets hældning	Antal sporskiftedrev
1:19	3
1:14	2
1:12	2
Øvrige (< 1:12)	1

Tabel 2 sporskiftedrev og hældning

Antallet af drev på centralbetjente og el-stedbetjente sporskifter bestemmes af tungens længde og dermed normalt af sporskiftes krydsningsforhold.

Formålet er dels at fastholde tilliggende tunge, dels at føre tungerne så præcist, at slitage bliver mindst mulig.

Ovenstående antal af sporskiftedrev er fremkommet efter anvisning fra leverandøren af det samlede anlæg.

2.3.5 Kontrolboks

På sporskifter på 1:12 eller større skal der monteres kontrolboks(e) af typen Unistar ELP til detektering af sporskiftetungens position. Kontrolboks(ene) skal placeres mellem sporskiftedrevene.

Formålet med kontrolboksen er at detektere en evt. deformitet af mellemliggende tungestykker i sporskifter (1:12 og større).

Antallet af kontrolbokse vil altid være én mindre end antallet af drev.

Kontrolboks Unistar ELP er indtil videre eneste godkendte type.

2.4 Ledig

2.5 Sikring mod utidig omstilling (SMUTO)

Alle centralbetjente sporskifter skal være udstyret med en funktion, som sikrer det mod omstilling, når der holder/kører køretøjer i et eller flere specificerede togdetekteringsafsnit, benævnt SMUTO-området.

Togdetekteringsafsnit har en udstrækning foran sporskiftets tungespids og bag sporskiftets frispormærke på mindst 5 m (for længder af togdetekteringsafsnit, se afsnit 4.3 samt Figur 2.5-1 og Figur 2.5-2).

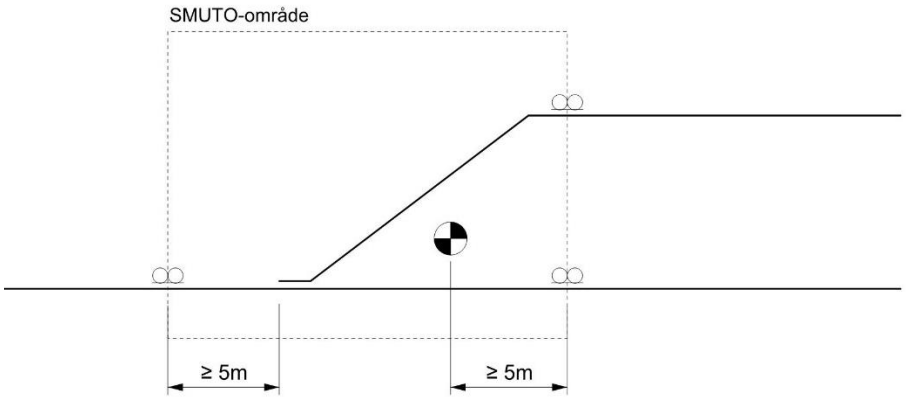
Såfremt disse afstande ikke kan overholdes, skal det tilstødende togdetekteringsafsnit inkluderes i SMUTO-området.

SMUTO-området får derved en større udbredelse.

De 5 m stammer fra leverandørens dokumenter, der tager udgangspunkt i at rangering ikke forekommer i togvejsspor, og afstandene er derfor fastsat ud fra leverandørens konstruktioner, som er er godkendt som en del af anlægsgodkendelsen.

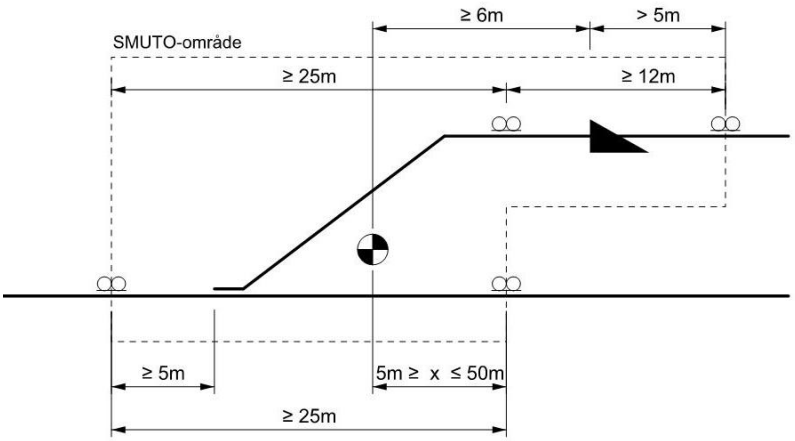
Aarhus Letbanes materiel opfylder UIC normen for afstand mellem forreste aksel og køretøjets front (litra 1XXX Variobahn 3,5 m og litra 2XXX Tango 3,7 m).

Aarhus Letbane vurderer, at afstanden på de 5 m er sikkerhedsmæssigt acceptabelt, da andre jernbanestyrelser kan anvende lignende afstande, og da der ikke foregår planmæssigt tograngering i togvejsspor samt, at al kørsel med arbejdskøretøjer foregår i en sporspærring, hvor hastigheden er max. 20 km/t, og hvor ansvaret for sporskifternes eventuelle omstilling er pålagt føreren af arbejdskøretøjet.



Figur 2.5-1 SMUTO-område for et centralbetjent sporskifte

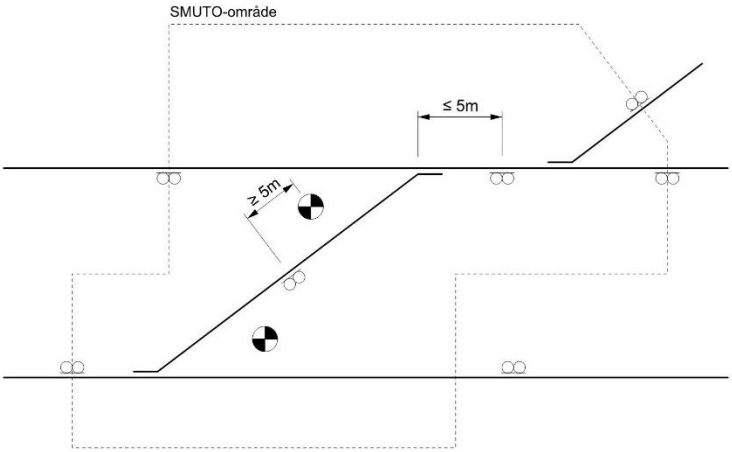
Dette gælder også ved anvendelse af afløbssko, der her betragtes som et sporskifte, hvorfor SMUTO-udbredelsen foran afløbsskoen fastsættes til 5 m.



Figur 2.5-2 SMUTO med afløbssko og længder

SMUTO for sporskifter i kombination med afløbssko skal altid omfatte sporskiftets togdetekteringsafsnit plus togdetekteringsafsnittet for afløbskoen.

Ved afløbssko tillades afstanden nedsat til mindst 12 m (jf. afsnit 4.3). For at sikre, at køretøjer med større akselafstand end 12 meter (f.eks. bogievogne) der vil kunne "skræve" over togdetekteringsafsnittet omkring afløbsskoen, ikke vil kunne medføre utilsigtet omstilling af afløbsskoen, vil det tilknyttede sporskiftes togdetekteringsafsnit altid blive medtaget i SMUTO på pågældende afløbssko.



Figur 2.5-3 udvidet SMUTO område

Sidespor udgør et særligt forhold og her er følgende løsninger valgt:
Aarhus H: Aksetæller er placeret 5 m foran afløbssko (i køreretning mod afløbssko 28B)
Hornslet: Akseltæller er placeret 5 m bag frispormærket til togvejsspor.
Ryomgård: Akseltælleren er placeret 6 m foran afløbssko (i køreretning mod afløbssko 1B)

Hvis sporet skal benyttes hyppigt af vedligeholdelseskøretøjer, skal akseltællerens placering afmærkes således, at det undgås, at et køretøj kører helt frem til afløbsskoen og dermed passerer akseltælleren og det tilhørende togdetekteringsafsnittet, hvilket medfører, at afløbskoen ikke kan frigives og omstilles.

Udkobling af SMUTO anvendes ikke ved Aarhus Letbane.

Det af ASAL leverede og godkendte anlæg indeholder ikke funktionen, der tillader udkobling af SMUTO-funktionen. Efter ca. 1 år i drift er det Aarhus Letbanes vurdering, at dette forhold ikke har medført driftsproblemer af væsentlig karakter. Dette skyldes Letbanens driftskoncept (kørsel med letbanekøretøjer, der ikke omrangerer i togvejsspor). Kørsel med andre køretøjer foregår i sporspærring, hvor reglerne foreskriver, at eventuelle utilsigtede besættelser bliver nulstillet inden sporspærringen ophæves.

Ved en tællefejl (aksler) vil et togdetekteringsafsnit (her SMUTO) meldes besat. Trafikoperatøren har således ikke mulighed for at omstille sporskiftet, hvorfor det fejlramte togdetekteringsafsnit enten må gennemkøres efter forberedende nulstilling foretaget af trafikoperatøren, eller nulstilles af sikringsteknisk personale efter regler som er beskrevet i [TSF].

2.6 Sporskiftesignaler

Sporskiftesignaler (sporspærresignaler) skal kun anvendes ved afløbssko og afløbssporskifter. Ved øvrige sporskifter anvendes ikke sporskiftesignaler.

Sporskiftesignaler (sporspærresignaler) skal altid udføres som drejelig signaler med refleksbelægninger.

Aarhus Letbane anvender ikke sporskiftesignaler til at signalere kørsel til/fra spor med eller uden kørestrøm. Dette vises ved brug af mærke Ks6, jf. [TSF].

2.7 Stedbetjening

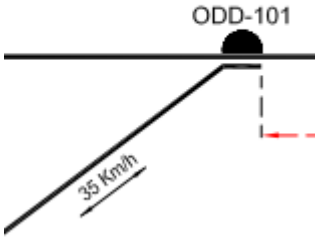
Stedbetjening af centralbetjente sporskifter findes for nærværende ikke på Aarhus Letbane.

Aarhus Letbane har planer om at erstatte nøgleaflåste sporskifter med el-stedbetjente sporskifter. Specifikationerne af disse betjeninger og funktioner vil blive udarbejdet, når behovet opstår.

2.8 Ledig

2.9 Nummerering af sporskifter

Ethvert sporskifte skal være nummereret med stationsforkortelse og fortløbende nummer, hvilket giver det et unikt navn i systemet.



Figur 2.9-1 eks ODD-101

Ved etablering af nye sporskifter skal numre på disse fastsættes under hensyn til andre sporskiftenumre på stationen, så brug af samme nummer til to sporskifter ikke finder sted.

2.9.1 Centralbetjente sporskifter

Centralbetjente sporskifter skal nummereres fortløbende pr. station (101 og 102):

- 101 i "Grenaa enden"
- 102 i "Odder enden"

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.2).

2.9.2 Centralaflåste sporskifter

Nummereringen er foretaget i forbindelse med ASALs projektering, hvilket medfører følgende nummerering:

- Ryomgård: Sporskifte i togvejssporet benævnes RA-1a med tilhørende afløbssko RA-1b
- Hornslet: Sporskifte i togvejsspor benævnes OS-104 med tilhørende afløbssporskifte OS-105

2.10 Manuel sporskifteomstilling

Ved centralbetjente sporskifter skal forefindes mulighed for at omstille sporskiftet manuelt.

Følgende sikkerhedskrav gælder ved funktionen manuel omstilling:

- Ved åbning af boks med "omstiller" (pumpe) mistes kontrollen på tilhørende sporskifte
- Ved omstilling afbrydes motorstrøm
- Ved omstilling mistes kontrollen
- Når manuel omstilling er tilendebragt, skal der, før kontrol på ny kan opnås, kvitteres for ny stilling i OCC, som beskrevet i betjeningsvejledningen.

Ved samtlige centralt betjente sporskifter ved Aarhus Letbane findes der en boks, som indeholder en elektrisk hydraulisk pumpe, der anvendes ved manuel omstilling af sporskiftet. Funktionen kan

anvendes i sporspærring (planlagt), eller når sporskiftet ikke kan omstilles på normal vis fra OCC (nødprocedurer), men kun hvis der er givet tilladelse jvf. [SIT].

Til omstilling af sporskifterne anvendes en hydraulisk pumpe, da der ikke er mulighed for at omstille med håndsving. Betjeningen af pumpen fremgår af [SIT] og er blevet gennemgået som en del af letbaneführer- og OR-uddannelse.

2.11 Låsebolte

Låsebolte anvendes i henhold til [TSF] afsnit 9.

Låsebolte skal benyttes, når der ønskes mekanisk aflåsning af tungerne på et sporskifte (til – og fraliggende) i en given stilling, og dette ikke kan sikres med sporskiftedrevet alene.

Låseboltene har generelt til formål at kunne opretholde driften i uregelmæssige situationer på et sikkerhedsmæssigt forsvarligt niveau.

Låsebolte skal forefindes ved vedligeholdelsesentreprenøren (VHE).

Ved Aarhus Letbane er der ikke krav om, at der er monteret låsebolte i sporskifterne eller at disse findes tilgængelige på stationerne.

2.11.1 Faste låsebolte

Faste låsebolte anvendes ikke ved Aarhus Letbane.

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.3).

2.11.2 Transportable låsebolte

Transportable låsebolte anvendes til at sikre opskårne sporskifter eller ved andre uregelmæssigheder eller infrastrukturarbejder i henhold til [TSF].

Transportable låsebolte forefindes hos vedligeholdelsesentreprenøren (VHE). Indtil videre er det VHE der håndterer af-og påsætning efter aftale med OCC. Instruktion for transportable låsebolte kan findes i Aarhus Letbane ´s D&V regler, som er tilgængelig for VHE.

2.11.3 Låsebolte til indbyggede sporskifter

Til indbyggede sporskifter (i Slab-track-sporkonstruktion) findes en særlig type låsebolt, der monteres i selve sporskiftedrevet (af sikringsteknisk personale), og låser dette i den valgte stilling.

Låsebolte til indbyggede sporskifter forefindes hos vedligeholdelsesentreprenøren (VHE). Indtil videre er det VHE der håndterer af-og påsætning efter aftale med OCC. Instruktion for disse låsebolte kan findes i Aarhus Letbane ´s D&V regler som er tilgængelig for VHE.

3 Ledig

4 Togdetektering

Der anvendes kun togdetektering med akseltællere.

Ved overkørsler anvendes dog tænde-/slukkesteder hvortil, der anvendes sløjfeudstyr til togdetektering, se [ANLOVK].

For køretøjer, der befarer sporene, er der krav om hjulstørrelse på minimum 300 mm, for at sikre pålidelig detektion af køretøjer.

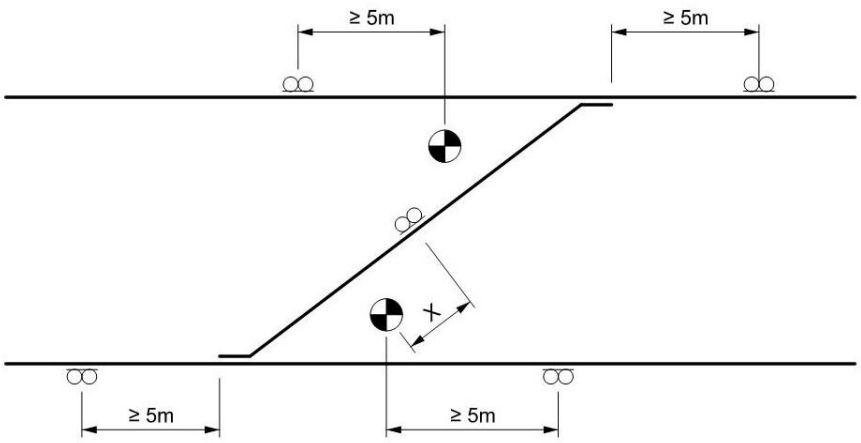
Kravet om de 300 mm fremgår af ASALs tekniske dokumentation. Der findes i det fra Banedanmark overtagede anlæg én enkelt overkørsel (Ovk. 202) med hastighedsafhængigt tændested (HT3), som kræver minimum 330 mm hjulstørrelse. Dette tændested har ingen praktisk anvendelse, idet tændestedet aktiveres ved en hastighed over 80 km/t, men på det pågældende sted er hastigheden dog højest 70 km/t.

4.1 Omfang på stationer

Stationernes togvejsspor skal i hele deres udstrækning (inklusive forbindelsen til sidespor) være udstyret med udstyr til detektering af køretøjer i sporet.

Sidespor kan udstyres med togdetektering efter konkrete projektvurdering af det lokale behov. Denne vurdering skal godkendes af den instans der forvalter disse anlægsbestemmelser.

Hvert sporskifte har normalt ét togdetekteringsafsnit.



Figur 4.1-1 Sporskifte med togdetekteringsafsnit

Da Aarhus Letbane ikke anvender koblede sporskifter, men at denne sporkonstruktion (transversal) forekommer, er det særdeles hensigtsmæssigt at hvert sporskifte udstyres med separat togdetekteringsafsnit (se Figur 4.1-1). I modsat fald ville samtidig kørsel i de parallelle spor ikke være muligt.

Om sikring mod utidig omstilling af sporskifter, se afsnit 2.5.

4.2 Formelder

Foran stationerne skal etableres et togdetekteringsafsnit, hvis formål er:

- at formelde tog med henblik på at sikringsanlægget automatisk indstiller en togvej ind på stationen.
- at nødopløsningen foregår med den fastsatte tidsforsinkelse.

For at sikre at letbanekøretøjet formeldes tidligt nok til at undgå uhensigtsmæssige nedbremsninger i ATP-systemet, skal begyndelsespunktet for formelder-togdetekteringsafsnittet placeres foran forvarslingsbalisen tilhørende hovedsignalet for indkørsel.

De på fri bane etablerede togdetekteringsafsnit til formelding, skal også overvåges i forbindelse med udkørselstogveje til pågældende strækning.

De krævede afstande mellem begyndelsespunkt og forvarslingsbalisen (se afsnit 11.3.2) er angivet i afsnit 4.2.1 og 4.2.2.

Togdetekteringsafsnittets har især betydning i forbindelse med at indstille indkørselstogveje i sikringsanlægget så tidligt, at letbanekøretøjet ved passage af forvarslingsbalisen med aktuel strækningshastighed undgår at blive nedbremset af togkontrolanlægget, fordi sikringsanlæggets togvej ikke er indstillet.

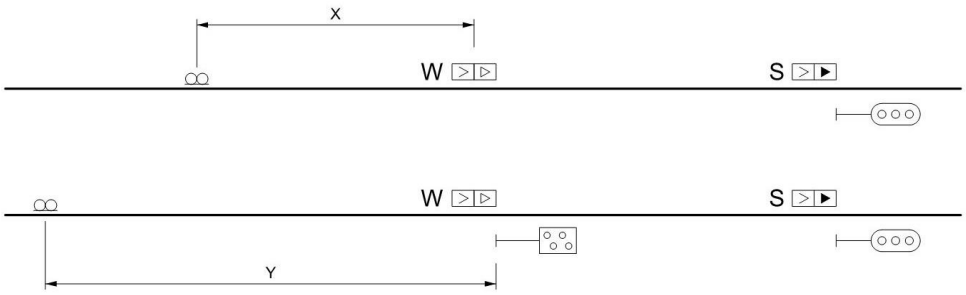
Et særligt forhold gør sig gældende, når der i indkørselstogvejen bag hovedsignalet for indkørsel er placeret overkørsel med afhængighed til dette hovedsignal, og/eller der er opsat forvarslingssignal, som følge af reduceret synlighed på hovedsignal for indkørsel. Begge forhold medfører at formelder-togdetekteringsafsnittet får en større udbredelse.

4.2.1 Afstande mellem begyndelsespunkt og forvarslingsbalisen ved hovedsignal uden O-mærke

De nævnte afstande er nominelle og må højest afvige +/- 5 m.

Strækningshastighed	Med forvarslingssignal (y)	Uden forvarslingssignal (x)
75 km/t	225 m	105 m
100 km/t	300 m	140 m

Tabel 3 Afstande som vist i Figur 4.2-1



Figur 4.2-1 Afstande fra begyndelsespunktet til forvarslingsbalisen foran hovedsignal uden O-mærke

De anførte afstande er beregnet ud fra følgende parametre:

- Sikringsanlæggets tekniske reaktionstid (omstilling af sporskifter, togvejs – og signalstilling): 4 sek.
- Reaktionstid i ATP-systemet: 1 sek
- Signalsynlighed: 6,6 sek (se baggrundstekst i afsnit 5.2)

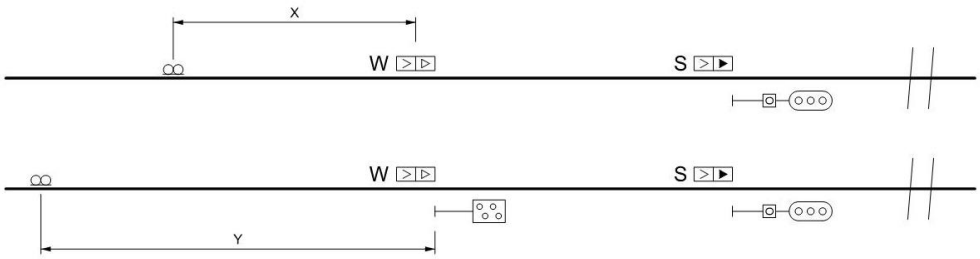
De 6,6 sek. er kun relevante, når der er opsat forvarslingssignal. Ved beregningen af afstandene med forvarslingssignaler, er ATP-systemets reaktionstid indlagt i letbaneførerens uopmærksheds tid.

4.2.2 Afstande mellem begyndelsespunkt og forvarslingsbalisen ved hovedsignal med O-mærke

De nævnte afstande er nominelle og må højest afvige +/- 5 m.

Strækningshastighed	Med forvarslingssignal (y)			Uden forvarslingssignal (x)		
	Halvbom	Langbom	Helbom	Halvbom	Langbom	Helbom
75 km/t	700 m	745 m	850 m	590 m	625 m	730 m
100 km/t	935 m	990 m	1130 m	780 m	835 m	975 m

Tabel 4 Afstande som vist i Figur 4.2-2



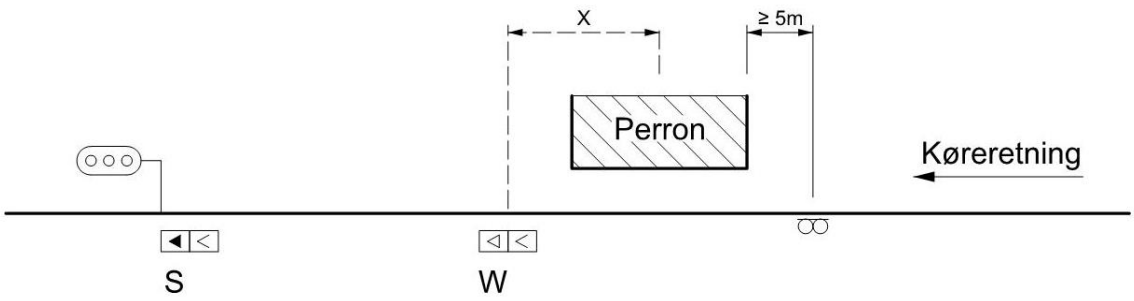
Figur 4.2-2 Afstande fra begyndelsespunktet til forvarslingsbalisen foran hovedsignal med O-mærke

Ud over de i afsnit 4.2.1, baggrundstekst, nævnte parametre, er der i disse afstande også medregnet sikringstiden for de angivne typer af overkørsler jf. [ANLOVK] (afsnit 1.5.3).

Ved det af ASAL leverede og godkendte anlæg, kan letbaneføreren opleve, at forvarslingssignalet viser "Forvent stop" og at det efterfølgende hovedsignal viser en kørtilladelse, da overkørslen efter passage af forvarslingssignaler er blevet sikret. Dette imødegås, når begyndelsespunktet for formelder-togdetekteringsafsnittet placeres som angivet i Tabel 4.

4.2.3 Særlige forhold for placering

Hvis placeringen af togdetekteringsafsnittets yderste akseltæller efter reglerne i afsnit 4.2.1 og 4.2.2 ligger ved et standsningssted, skal akseltælleren placeres 5 meter før standsningsstedet se Figur 4.2-3.



Figur 4.2-3 Akseltællerens placering ved standsningssted

4.3 Længde af togdetekteringsafsnit

Et togdetekteringsafsnit skal mindst være 15 m langt på Type 1 infrastruktur. På spor med Type 2 infrastruktur skal længden dog være mindst 25 m.

Type 2 infrastruktur er de spor, hvor der kan køre andet end letbanekøretøjer, herunder normalt jernbanemateriel. Længdereglen er magen til Banedanmarks krav (SODB Anlægsbestemmelser, afsnit 4.2) [SODB].

Der er ingen maksimal længde for et togdetekteringsafsnit, som ikke dækker et sporskifte. For togdetekteringsafsnit, som dækker et eller flere sporskifter, er den maksimale længde foran tungespids 25 m.

Der er indført en regel for maksimale længder af togdetekteringsafsnit, der dækker sporskifter. Dette for at forhindre uhensigtsmæssige forhold som er afdækket i forbindelse med det af ASAL leverede og godkendte anlæg, hvor der er eksempler på at en ikke-eksisterende maksimal udstrækning har medført en "SMUTO" på 200 m foran tungespids på sporskifte 28a på Aarhus H.

Dog tillades togdetekteringsafsnit ved afløbssko på mindst 12 m (se i afsnit 2.5).

Togdetekteringsafsnittet omkring en afløbssko er af hensyn til sikring af fritrumsprofil udstrakt mindst 5 m bag frispormærket (Figur 2.5-2). Hvor reglen om min. 25 m´s længde af togdetekteringsafsnit overholdes, vil det i praksis betyde, at der "på den anden side af afløbsskoen" vil være ca. 20 m´s togdetekteringsafsnit. Dette har erfaringsmæssigt vist sig at give driftsmæssige gener ved Banedanmark. Aarhus Letbane har derfor valgt at afkorte togdetekteringsafsnittet omkring afløbsskoen til en længde på mindst 12 m. Da spor, som dækkes med afløbssko, fortrinsvis anvendes

af arbejdskøretøjer hvis akselafstand ikke overstiger 12 m, er der ikke risiko for at disse kan spænde over togdetekteringsafsnittet.

Ved Banedanmark har der igennem tidens løb været givet dispensation for længden foran afløbssko til maksimalt 10 m. Aarhus Letbane har valgt 5 m da dette er afstanden foran sporskifter hvor togdetekteringen anvendes til SMUTO.

4.4 Overvågning i signalgivning

Ved overvågning i signalgivning forstås i dette afsnit, at der kun kan gives signal til en togvej, når de pågældende betingelser er opfyldt (herunder at togdetekteringsafsnittet er ubesat).

Det skal overvåges ved signaler, der viser en kørtilladelse, at

- togdetekteringsafsnit i togvejens befarede del og
- i dens sikkerhedsafstand samt
- togdetekteringsafsnit mellem de dækningsgivende objekter og togvejen

er frie (se afsnit 7.4.1).

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.4).

I det af ASAL leverede og godkendte anlæg er der ingen overvågning af togdetekteringsafsnit mellem den befarede del af togvej og dækningssporskifte/dækningssignal. Dette princip differentierer sig fra traditionel dansk sikringsfilosofi. Det eksisterende forhold forudsættes risikovurderet i forbindelse med assesseringen og godkendelsen af det samlede system.

4.5 Nulstilling af akseltæller

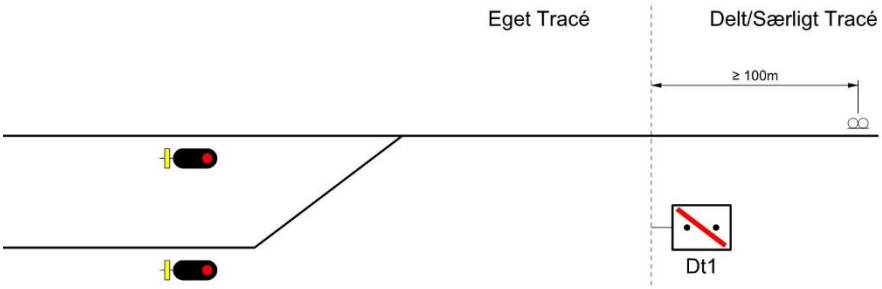
For hvert akseltællerafsnit skal der etableres en funktion, som ved fejl og vilkårlig fejltælling gør det muligt for trafikoperatøren at nulstille det.

Nulstilling sker principielt med følgende sekvens og efter regelsætningen i [TSF] kap 18 og LBN1-183 afsnit 12:

1. Trafikoperatøren sender ordre om nulstilling til det pågældende togdetekteringsafsnit.
2. Herefter gennemkøres togdetekteringsafsnittet.
3. Såfremt antal aksler ind i og ud af togdetekteringsafsnittet er ens, er togdetekteringsafsnittet frit.

4.6 Overgang fra Eget Tracé til Delt/Særligt Tracé

Ved overgangen mellem Eget Tracé og Delt/Særligt Tracé skal der placeres en akseltæller, der sikrer frit spor ved kørslen ud af Eget Tracé og 100 m ind i Delt/Særligt Tracé, se Figur 4.6-1.



Figur 4.6-1 Placering af akseltæller ved overgangen mellem Eget Tracé og Delt/Særligt Tracé

Ved Aarhus Letbane er det på denne måde teknisk sikret, at der altid er en afstand (mere end 100 m som krævet i [TSF]) mellem to letbanekøretøjer i samme køreretning ved balisen (EP), der markerer grænsen mellem de to tracétyper (Eget Tracé til Delt/Særligt Tracé).

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.5).

4.7 Overgang til Eget Tracé

4.7.1 Fra Delt/Særligt Tracé

Overgangen til Eget Tracé skal markeres med et hovedsignal på selve grænsen mellem tracétyperne.

Hovedsignalet skal placeres 23-25 m foran det første togdetekteringsafsnit i Eget Tracé.

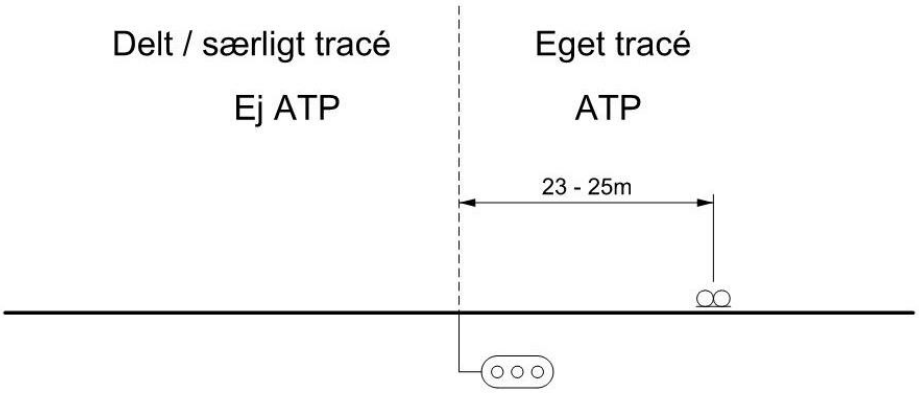
Afstanden er fremkommet ved at sammenligne driftsbremseafstand (med 1m/s^2 giver 15 m) tillagt afstanden mellem togets forende og ATP-balisen (maksimalt 8 m), når et tog passerer signalet med 20 km/t. Hvis toget nødbremses af ATP-systemet, bremses det på en kortere afstand. Beregningen med driftsbremse tager også hensyn til letbanekøretøjer, der ikke er har virksomt ATP-system. For arbejdskøretøjer, der arbejder omkring grænsen mellem Særligt Tracé og Eget Tracé, sikres området som beskrevet i [TSF].

I det af ASAL leverede og godkendte anlæg er afstanden fra hovedsignal til efterfølgende togdetekteringsafsnit kun 6 m, ligesom løsehastighederne mod de aktuelle hovedsignaler ikke er konsistente. Disse forhold ønsker Aarhus Letbane ikke at videreføre, hvorfor de vil blive ændret i overensstemmelser med disse bestemmelser, når mulighed for ændringer er til stede.

I forbindelse med udarbejdelsen af disse bestemmelser, har arbejdsgruppen identificeret en hasard, som tager udgangspunkt i, at et letbanekøretøj har passeret hovedsignalet, der danner grænsen til Eget Tracé, men endnu ikke påvirket togdetekteringsafsnittet, der vil sætte hovedsignalet på ”Stop”. Dette vil for efterfølgende tog betyde, at dette letbanekøretøj i ATP-systemet vil modtage informationer om, at hovedsignalet viser en kørtilladelse, selv om der faktisk holder et letbanekøretøj mellem signal og togdetekteringsafsnit. Med en afstand på maksimalt 25 m mellem hovedsignal og togdetekteringsafsnit sikres det, at et letbanekøretøj ikke kan ”gemme sig” mellem signalet og togdetekteringsafsnittet, idet det korteste letbanekøretøjs totallængde er 32 m (25 m mellem yderste aksler). Hvis et letbanekøretøj standser med forreste aksel lige foran togdetekteringsafsnittet, vil letbanekøretøjets bagende stadigt være foran hovedsignalet, og dermed

befinde sig på Særligt Tracé, hvor reglen om mindst 100 m afstand mellem to letbanekøretøjer er gældende.

Sikkerhedsafstanden bag signaler er normalt (mindst) 38 m (se afsnit 7.2), men da Letbanens mindste togtype er 32 m, vil et krav om at placere togdetekteringsafsnittet 38 m bag hovedsignalet, betyde, at et køretøj kan befinde sig bag signalet men før togdetekteringsafsnittet. Kørsel på sigt ophører foran hovedsignalet, og dermed er reglen om 100 m afstand til forankørende køretøj formelt også ophørt. Ved at placere togdetekteringsafsnittet op til 25 m fra hovedsignalet sikres det, at det korte letbanekøretøj ved et utilsigtet stop vil befinde sig med bagenden i området, hvor reglen om 100 m afstand forsat gælder.



Figur 4.7-1 Overgang fra Delt/særligt Tracé til Eget Tracé

Udlægning af baliser i forhold til hovedsignalet, der påbegynder kørsel i Eget Tracé, er beskrevet i afsnit 11.4.2.

4.7.2 Fra Depotområder/depotspor

Ved overgangen til Eget Tracé skal mærket Et1 placeres på det hovedsignal, der angiver grænsen mellem de to tracétyper.

ATP-systemet aktiveres ved balisegruppen placeret ved pågældende hovedsignal, se afsnit 11.4.3.

4.8 Nummerering / benævnelse

4.8.1 Tællepunkter

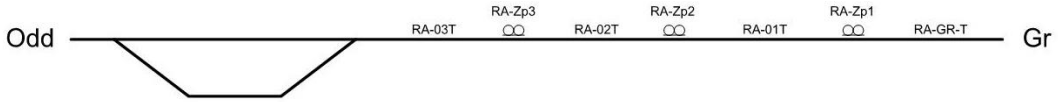
Akseltællerne, der afgrænser et togdetekteringsafsnittet, skal identificeres ud fra følgende punkter:

- Fortløbende numre i retning fra Grenaa (Nord/Øst) mod Odder (Syd/Vest)
- Stationsforkortelser fulgt af fortløbende nummerering startende med 01
- Først nummereres gennemgående spor, dernæst øvrige togvejsspor og sidst sidespor.

- Er der flere gennemgående spor, nummereres først i gennemgående spor med køreretningen Grenaa mod Odder, og dernæst gennemgående spor i køreretningen Odder mod Grenaa.
- Herefter nummereres øvrige togvejsspor i rækkefølge efter spornummer på tilsvarende vis som ved gennemgående spor.

Nummerering i sidespor skal besluttes af den der forvalter disse anlægsbestemmelser.

Der er normalt kun ét tællepunkt i sidespor og der er et begrænset antal sidespor i den infrastruktur der forvaltes af Aarhus Letbane. At lave generelle regler for få tilfælde vurderes ikke hensigtsmæssigt.



Figur 4.8-1 Nummerering (navngivning) af tællerpunkter og togdetekteringsafsnit

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.6.1.).

4.8.2 Togdetekteringsafsnit på stationer

Togdetekteringsafsnit skal nummereres på følgende måde:

- Fortløbende numre i retning fra Grenaa mod Odder
- Stationsforkortelser fulgt af fortløbende nummerering startende med 01
- Først nummereres gennemgående spor, dernæst øvrige togvejsspor og sidst sidespor.

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.6.2.).

Lystrup er i princippet udført i henhold til reglen, men pga. at stationen er en forgreningsstation med dobbeltspor, kan dette system ikke følges stringent.

Nummereringen af detekteringsafsnit sker fortløbende pr. station, med flg. systematik i navngivningen:

[STATIONSFORKORTELSE] - [Fortløbende nr.][T]

Eksempler jf. Figur 4.8-1:

Ryomgård afsnit 02: RA-02T

Ryomgård afsnit 03: RA-03T

Den officielle forkortelse for Ryomgård er Rå, men da "å" er skandinavisk bogstav har ASAL i det leverede system erstattet "å" med "a". Lignede forhold findes med "Ø"

4.8.3 Togdetekteringsafsnit på fri bane (strækningsafsnit)

Strækningsafsnit mellem to stationer skal benævnes med følgende systematik i navngivningen:

[STATIONSFORKORTELSE_1] _ [STATIONSFORKORTELSE_2] _ [T]

[STATIONSFORKORTELSE_1] angiver forkortelsen for den station hvorpå det fysiske anlæg for togdetektering er anbragt.

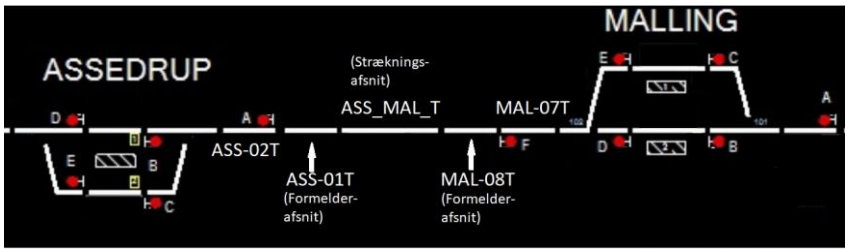
[STATIONSFORKORTELSE_2] angiver forkortelsen for nabostationen

Eksempler:

Strækningsafsnit mellem Ryomgård – Grenaa: RA_GR_T

Strækningsafsnit mellem Assendrup – Malling: ASS_MAL_T

Se Figur 4.8-2.



Figur 4.8-2 Benævnelse af strækningsafsnit

4.9 Placering af signaler i forhold til togdetekteringsafsnit

I det ved Aarhus Letbane anvendte sikringsanlæg er signalers placering i forhold til akseltæller (togdetekteringsafsnit) reelt bestemt af ATP systemets balise placering. Der henvises derfor til afsnit 11, hvor de indbyrdes afstande mellem signaler og togdetekteringsafsnit er beskrevet i dette henhold.

5 Signaler og mærker

Dette afsnit indeholder retningslinjer, som skal anvendes ved opstilling af signaler og mærker.

Signaler opstilles som hovedregel til højre for sporet set i køreretningen. Signalkommissionen kan godkende/beslutte en afvigende opstilling.

For en oversigt over signalaspekter og hvilke krav der stilles til tilladelser ifm. afviklingen af trafikken, henvises til [TSF].

Kontrol af signalplacering sker ved opmåling iht. [LBN1-18].

5.1 Signallys

Som lyskilde skal anvendes LED (lysdioder) i hoved- og forvarslings- og traktorvejssignaler.

I overkørsels- og uordenssignaler anvendes glødelamper. Dette er beskrevet i [ANL_OVK].

5.1.1 Farvet lys i hoved- samt forvarslingssignaler

Signallys skal overholde: **DIN6163:2015-01 [DIN6163]**

Denne DIN-norm definerer følgende farver: Rød, gul, grøn, blå og hvid. Blå og hvid anvendes ikke umiddelbart, men blå har tidligere fundet anvendelse som passagersignal og kan i fremtiden også anvendes til dette formål.

Uanset om en signalfarve i Anlægsbestemmelserne er angivet som gul eller brandgul, menes der brandgul.

Signalernes lanterner skal være af en konstruktion, som gør det muligt at se lyset i mindst 200 m´s afstand og indtil 7 m før signal under normale sigtbarhedsforhold.

I det leverede og godkendte signalsystem fra ASAL er der angivet krav til synlighed for hovedsignaler på 200 m [ASAL-IXL_DESIGN]. Dette synlighedskrav stemmer fint overens med Aarhus Letbane ´s egne krav, som tager udgangspunkt i Banedanmarks SODB anlægsbestemmelser [SODB], hvor der kræves en synlighed på 6,6 sekunder beregnet ud fra den aktuelle hastighed.

5.1.2 Hvide lys

Hvide lys anvendes ikke i hoved- og forvarslingssignaler.

For hvide lys i overkørsels- og uordenssignaler, se [ANLOVK].

5.2 Signalsynlighed, generelt

Den krævede synlighed på de farvede signallys i de enkelte signaltyper fremgår af afsnittene om de enkelte signaler nedenfor.

Hvor kravet til synlighed på hovedsignaler, der anvendes ved indkørsel, ikke kan opfyldes, skal der opstilles forvarslingssignaler.

Ud fra ASALs designprincip skulle reglen finde anvendelse på alle hovedsignaler. Ved Aarhus Letbane er det dog kun ét hovedsignal for udkørsel som indtil videre er suppleret med forvarslingssignal. Der

er tale om hovedsignalet for udkørsel fra Sporgruppe 500 mod Aarhus Depot som er suppleret med forvarslingssignal. Aarhus Letbane skønner ikke, at denne anvendelse vil blive aktuel fremadrettet, idet den maksimalt tilladte hastighed på stationer er 45 km/t, og hovedsignaler for udkørsel fremadrettet opstilles, så bestemmelsernes synlighedsregler er efterlevet. I særlige tilfælde på stationer, hvor der vil være behov for at opstille mere end ét hovedsignal med betydning for tog under udkørsel, vil hastigheden frem mod det pågældende signal blive bestemt ud fra hvilken synlighed, der vil kunne opnås, f.eks. på Lystrup.

Ved signalopstillingen skal det tilstræbes at optimere signalsynligheden. Dette kan ske ved følgende tekniske løsninger:

- Flytning af signalet
- Anvendelse af høje signaler
- Anvendelse af lave signaler
- Signaler anbragt på den "unormale" side af sporet
- Signaler ophængt i rammer over sporet
- Køreledninger anbragt på galger på modsat side af sporet i forhold til signalet.

Signalsynligheder under minimum må kun anvendes, når der er opstillet forvarslingssignal, og

- der foreligger dokumentation for, at der er foretaget undersøgelser af tekniske løsninger,
- signalkommissionen har accepteret løsningen,
- den instans der forvalter disse anlægsbestemmelser har givet tilladelse (jf. reglerne i afsnit 1.1).

5.3 Signalsynlighed samt opstilling for de enkelte signaltyper

5.3.1 Hoved- og forvarslingssignaler

For hoved- og forvarslingssignaler gælder synligheder som angivet i nedenstående tabel, idet der skal tages hensyn til den maksimale aktuelle hastighed inden for synsafstanden.

Hastighed, km/t	Signalsynlighed M
100	190
90	170
80	150
75	140
70	130
60	110
50	100
45	85
30	85

Tabel 5 Maksimale aktuelle hastighed indenfor synlighedsafstanden.

45 km/t er medtaget, da det er den i dag normalt anvendte hastighed ved indkørsel på stationer.

Konstruktionen af signallanternen giver en mindste synlighed på 4-7 m. Denne er er erfaringsbaseret [MoM 2423], idet det afhænger af signalets konkrete placering i forhold til afstand og højde i forhold til spor. Ved normering af togvejsspor må synligheden ikke være mindre end 7 m [MoM 2423].

I det leverede og godkendte signalsystem fra ASAL er der angivet krav til synlighed for hovedsignaler [ASAL-IXL_DESIGN]. Dette synlighedskrav stemmer fint overens med Aarhus Letbanes egne krav som tager udgangspunkt i Banedanmarks SODB anlægsbestemmelser [SODB], hvor der kræves en synlighed på 6,6 sekunder beregnet ud fra den aktuelle hastighed foran signalets synlighedsafstand.

De 6,6 sek. opdeles således:
- Signaliagttagelsestid 3,6 sek.
- Uopmærksomhedstid 3 sek.

Ved uopmærksomhedstid forstås den tid, hvor letbaneføreren kan være optaget af andre kørselsfunktioner end signaliagttagelse.

Hvor 200 m synlighed til hovedsignal ikke kunne opnås, har ASAL konsekvent opstillet et forvarslingssignal foran hovedsignal ([ASAL-IXL_DESIGN], afsnit 2.2.2).

Tog uden virksomt ATP vil ikke kunne bringes til standsning indenfor de beregnede synlighedsafstande.

- Hastighed for letbane materiel uden virksomt ATP: Maks. 70 km/t og 30 km/t på stationer (driftsbremselængde på hhv. 189 m og 35 m)
- Hastighed for arbejdskøretøjer: Maks. 20 km/t (driftsbremselængde 26 m)

De valgte synlighedsafstandene er således for korte til at, et tog uden virksomt ATP (med 70 km/t) vil kunne bringes til standsning indenfor den tilhørende synlighedsafstand (130 m). Aarhus Letbanes koncept bygger derfor på, at foran stationer, hvor der ikke er opstillet forvarslingssignal, bliver letbaneføreren i en afstand af hhv. 380 m (strækningshastighed maks. 75 km/t) eller 600 m (strækningshastighed maks. 100 km/t) via hastighedstavlen Ha5, instrueret om at nedbringe hastigheden til 30 km/t eller derunder, så der kan standes foran det efterfølgende hovedsignal for indkørsel. Under denne forudsætning kan de anførte synlighedsafstande betragtes som acceptable. Der er hidtil ikke været registreret hændelser på baggrund af de anvendte synlighedsregler. Ha5 tavlen opsættes foran alle stationer, uanset om der er opstillet forvarslingssignal eller ej, idet hastigheden, som er angivet på tavlen, gælder for køretøjer uden virksom ATP ved deres kørsel på pågældende station, jf. [TSF].

Hvor den til strækningshastighedens krævede synlighed ikke kan opnås, skal der etableres lokal hastighedsnedsættelse svarende til den opnåelige synlighed, således at den aktuelle synlighed fortsat svarer til signaliagttagelse på 6,6 sekunder.

Eksempelvis er der i Malling fra Odder-siden kun 116 m synlighed på indkørselssignalet, men der er en lokal hastighedsnedsættelse til 60 km/t gældende ca. 250 m foran signalet og gennem Malling station. Her er kravet om 110 m synlighed således i orden.

Der er væsentligt større synlighedskrav til signaler knyttet til overkørsler [ANLOVK].

Signaler, der er placeret med henblik på at signalere udkørsel fra en perron, skal altid kunne ses fra letbanetogets forende, når dette holder ved perron.

5.4 Typer af hovedsignaler

5.4.1 Hovedsignaler, der skal kunne vise 2 kør-begreber

Hovedsignaler, der er placeret foran sporskifter, hvor der er mulighed for at befare sporskifternes rette grene, eller ad afvigende gren i mindst ét af skifterne, skal udstyres med 3 lanterner:

- rød (cirkel)
- gul (trekant)
- grøn (cirkel)

De 3 visningers betydning fremgår af [TSF].

Der skal vises grøn i signalet, hvis alle sporskifter i togvejen befares i ret gren, og der skal vises gul i signalet, hvis blot ét sporskifte i togvejen befares i afvigende gren.

5.4.2 Hovedsignaler, der skal kunne vise 1 kør-begreb

5.4.2.1 Togvej gennem ret gren

Hovedsignaler, der signalerer "Kør" til togveje, der udelukkende kan befares i sporskifternes rette grene, skal udstyres med 2 lanterner:

- rød (cirkel)
- grøn (cirkel)

De 2 visningers betydning fremgår af [TSF].

5.4.2.2 Togvej gennem afvigende gren

Hvor mindst ét sporskifte i togvejen kun kan befares i afvigende gren, skal hovedsignalet udstyres med 2 lanterner:

- rød (cirkel)
- gul (trekant)

De 2 visningers betydning fremgår af [TSF].

5.4.2.3 Indkørsel i eget tracé

Hvor kørsel overgår til eget tracé, skal hovedsignalet udstyres med 2 lanterner:

- rød (cirkel)
- grøn (cirkel)

De 2 visningers betydning fremgår af [TSF].

5.4.2.4 Dækning for overkørsel

Hovedsignal, der udelukkende har til formål at dække en overkørsel, skal udstyres med 2 lanterner:

- rød (cirkel)

- grøn (cirkel)

De 2 visningers betydning fremgår af [TSF].

5.5 Anvendelse og overvågning af hovedsignaler

Hovedsignaler anvendes til

1. at angive stationsgrænsen [TSF] (og signalerer indkørsel).
2. at signalere udkørsel fra stationer [TSF]
3. at give adgang til kørsel i eget tracé.
4. at opdele en station eller strækning i mindre dele, hvis anlægstekniske forhold gør det ønskeligt
5. at erstatte overkørsels- og uordenssignal ved overkørsler på fri bane [ANLOVK].

Ved Aarhus Letbane findes der på næsten alle stationer signaler, der signalerer udkørsel (nr. 2). Dog er der på Aarhus Depot ikke etableret signaler, der signalerer udkørsel mod Odder og mod Aarhus ved kørsel fra Odder. Der er i de trafikale instruktionsstoffer instrueret herom.

Hovedsignalerne LIB-C ved stoppested Lisbjerg-Terp og NOP-G mellem Østbanetorvet og Torsøvej er eksempler på nr. 3.

Signalet, der giver indkørsel til Aarhus H (AR-G), er en kombination af nr. 1 og 3.

Signalerne LP-M, LP-N, LP-R, LP-P på Lystrup og signalet LIB-D er eksempler på signaler, der opdeler en station hhv. den frie bane (nr. 4).

Signalet, som er opstillet ved overkørsel 226a (TOV-J) ved Vestre Strandallé, er eksempel på nr. 5 Denne opstilling ved overkørsel 226a er overtaget fra Banedanmark i forbindelse med etableringen af Aarhus Letbane.

Ved hovedsignaler skal der placeres en ATP balisegruppe, der sikrer, at signalets udvisning samt en evt. vent-hastighed (ved kør-begreber) transmitteres til ATP-udstyret i letbanekøretøjet. Om ATP balisernes placering og nærmere beskrivelse af telegrammer: se afsnit 11.2.

Hovedsignalers visning skal overvåges i sikringsanlægget, når signalet er endepunkt eller dækningsgivende for en togvej. Ved fejl skal der gives en alarm til trafikoperatøren.

Overvågningskravet gælder også i forbindelse med linjeblok for endepunkts- og dækningsgivende signaler, se afsnit 10.1.

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.8.1).

5.6 Identifikation af hovedsignaler

Hovedsignaler skal forsynes med identifikationsmærker (signalets navn), der refererer til

- sikringsanlægget, som styrer signalet (stationsforkortelsen) og
- en bogstavsidentifikation (signalets id på stationen).

5.6.1 Stationsforkortelser

Ved Aarhus Letbane er alle sikringsanlæg betegnet med en forkortelse benævnt stationsforkortelser. Stationsforkortelsen består af op til 3 bogstaver. De enkelte anlægs forkortelser fremgår af Tabel 6.

Stationsnavn	Stationsforkortelser
Odder	ODD
Assedrup	ASS
Malling	MAL
Mårslet	MST
Tranbjerg	TRG
Viby	VIJ
Aarhus Depot	ARD
Sporgruppe 500	D_500
Aarhus H	AR
Østbanetorvet	ØS
Nørreport	NØA
Universitetshospitalet	AUH
Lisbjerg Bygade	LIB
Lisbjerg Terp	LIO
Vestre Strandallé	VSA
Torsøvej	TOV
Lystrup	LP
Skødstrup	ØDS
Hornslet	OS
Ryomgård	RÅ
Trustrup	TU
Grenaa	GR

Tabel 6 Stationsforkortelser

Det er sikringsanlæggene, som har fået en kode. Ofte er sikringsanlæggene sammenfaldne med stationer (ikke at forveksle med stoppesteder jf. [TSF]). Stationsforkortelserne, som er anvendt på Grenaabanen, er de samme, som Banedanmark anvendte, da de var infrastrukturforvalter på banen dog med en undtagelse for Ryomgaard, hvor ASAL har anvendt RA, da Å er et skandinavisk bogstav. De for Odderbanen anvendte forkortelser stammer fra Midtjyske jernbaner, som indtil 2016 har været infrastrukturforvalter på Odderbanen.

Når det anføres, at det er navnet på sikringsanlægget, skyldes dette, at der er signaler, der ikke er opstillet ved en station. Der er tale om de signaler, som afgrænser kørsel i eget tracé ved Lisbjerg og mellem Østbanetorvet og Torsøvej/Vester Strandalle, samt signalet til dækning ved overkørsel 226a.

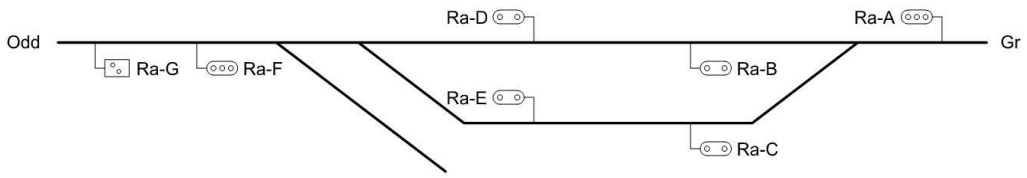
For afvigende nummerering i de eksisterende sikringsanlæg, se afsnit 12.7.

I sporgruppe 500 er forkortelsen besluttet af Aarhus Letbane i projekteringsfasen.

Sporgruppe 500 er afvigende i forhold til reglen, da signaler er tilføjet "500" til deres bogstav. I projekteringsfasen var nærværende anlægsbestemmelser ikke udfærdiget.

5.6.2 Navngivning af signaler med bogstaver (signalets ID)

Forvarslings- og hovedsignaler skal identificeres ved angivelse af bogstavkode svarende til det sikringsanlæg, som signalet hører til, efterfulgt af et stort bogstav (eks. GR-A). Bogstaveringen er fortløbende for hver enkelt station med udgangspunkt i bogstav A med start fra Grenaa i retning mod Odder (se Figur 5.6-1).



Figur 5.6-1 Bogstavering af signaler

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.7.1).

5.7 Regler for opstilling af signaler

5.7.1 Regler for opstilling af signaler, der dækker en station

Hovedsignaler, der opstilles ved stationsgrænsen, skal placeres mindst 50 m før første farepunkt (sporskiftetungespids, frispormærke, overkørsel).

Der anvendes signaltyper, der er beskrevet under afsnit 5.4 afhængig af køremuligheden fra det pågældende signal.

Hovedsignaler opstilles normalt ikke for venstre spor, i stedet skal stationsgrænsen markeres med mærke Sg1 "stationsgrænse"(se afsnit 5.13.9).

5.7.2 Hovedsignaler, der signalerer udkørsel

Hovedsignaler skal placeres mindst 6 m bagved frispormærket.

Der skal placeres ét signal for hvert togvejsspor.

Der skal anvendes signaltyper, der er beskrevet under afsnit 5.4 afhængig af køremuligheden fra det pågældende signal.

5.7.3 Hovedsignaler, der giver adgang til kørsel i Eget Tracé uden for stationsgrænsen

Hvor overgangen mellem Delt/Særligt Tracé til Eget Tracé sker på den fri bane, skal opstilles et hovedsignal af typen med 1 kør-begreb se afsnit 5.4.2.

Opstillinger af denne type er p.t. anvendt to steder ved Letbanen:

- Lisbjerg-Terp i køreretning mod Lystrup
- Østbanetorvet – Torsøvej i køreretning mod Lystrup

Den specifikke grænse af de pågældende steder er besluttet ved projekteringen af Letbanen.

Reglerne for kørsel over tracégrænsen er beskrevet i [TSF].

Helt oprindeligt blev grænserne mellem særligt –, delt- og eget tracé forslået placeres således, at skiftet enten foregik ved en stationsgrænse eller ved et standsningssted på fri bane. Det har senere vist sig svært at gennemføre dette princip, og de nuværende grænser er derfor at opfatte som værende det muliges kunst. De konkrete overvejelser, der måtte ligge til grund for den eksakte placering, har ikke været tilgængelig for arbejdsgruppen og derfor ikke yderligere behandlet.

Det er den instans, der forvalter anlægsbestemmelserne, der beslutter, om de eksisterende grænser skal ændres i forbindelse med ombygninger.

5.7.4 Hovedsignal, der opdeler en station

Signalerne bør placeres, så det er trafikalt optimalt men under hensyn til reglerne for indkørsel og udkørsel (se afsnit 5.7.1).

Ved trafikalt optimalt forstås de situationer, hvor hovedsignalerne dækker automatisk sikrede overkørsler og samtidig sikrer en fleksibel trafikafvikling (kapacitet). Her kan en opdeling af en station, som det eksempelvis er sket i Lystrup, være med til at skabe den bedste kombination af kapacitet og samtidigt mindske spærretider i overkørsler.

5.7.5 Hovedsignaler, der dækker en overkørsel

Hovedsignaler, der opstilles til dækning af en overkørsel (jf. [ANLOVK]), skal placeres-mindst 50 m fra nærmeste kørebanekant.

5.8 Forvarslingssignaler

Forvarslingssignaler skal opstilles de steder, hvor signalsynlighedskrav til hovedsignal for indkørsel ikke kan opnås, se afsnit 5.3.1. De skal opstilles sammen med tilhørende ATP balisegruppe, se 11.3.2.

Forvarslingssignaler skal placeres således:

- mellem 380 – 450 m før, hvor den aktuelle hastighed er højest 75 km/t (Odderbanen)
- mellem 600 – 660 m før, hvor den aktuelle hastighed er højest 100 km/t (Grenaabanen)

I det af ASAL leverede og godkendte anlæg er der foran hovedsignal D (udkørsel) i spor 0 i Sporgruppe 500, anbragt et forvarslingssignal. Signalet er opsat på grund af kurveforhold, da den af ASAL anvendte synlighedsregel (min. 200 m synlighed til hovedsignal uanset hastighed) ikke er opfyldt. Med Aarhus Letbanes regler gældende for kørsel uden ATP, vil en lignende opstilling ikke være relevant fremadrettet.

Forvarslingssignaler skal forsynes med identifikationsmærker (signalets navn), der refererer til

- sikringsanlægget, som styrer signalet (stationsforkortelsen) og
- en bogstavsidentifikation (signalets id på stationen).

For signalaspekter henvises til [TSF].

5.8.1 Synlighed

Synlighedskravene fremgår af afsnit 5.3.1.

5.8.2 Udrustning med lanterner

Forvarslingssignaler skal udrustes med 4 lanterner:

- 2 brandgule
- 2 grønne

Placeret parvis i farverne skråt fra hinanden i en vinkel af 45° fra vandret.

5.9 Signaler til overkørsler

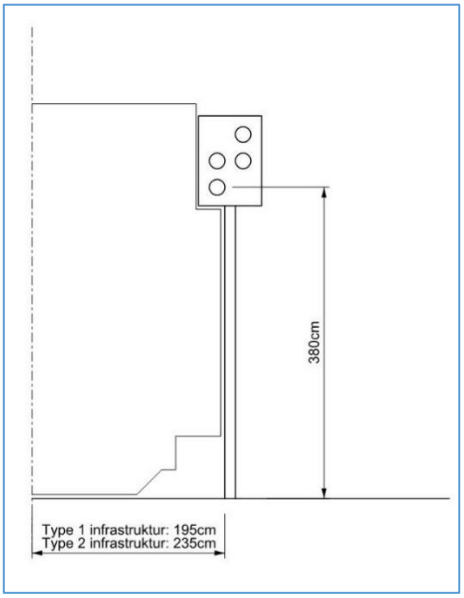
For uordens - og overkørselsignaler henvises til [ANLOVK].

5.10 Signalers højde og afstand til sporet

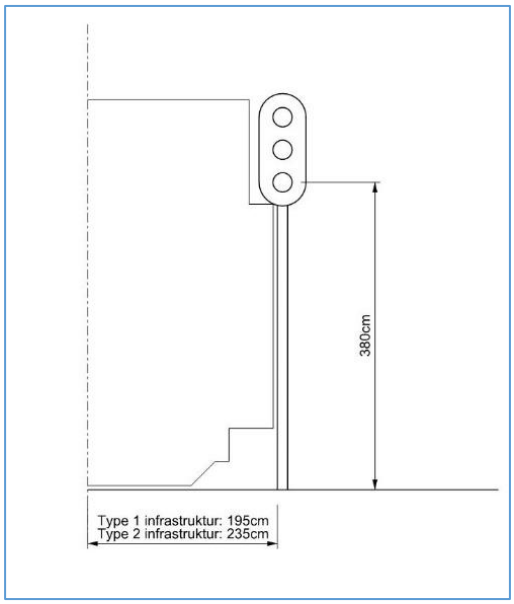
Eksemplerne i afsnit 5.10.1-5.10.2 er vejledende, men indeholder et lille spillerum for placering af signalet af hensyn til, at det ikke i praksis kan placeres med en nøjagtighed på under ca. 5 cm.

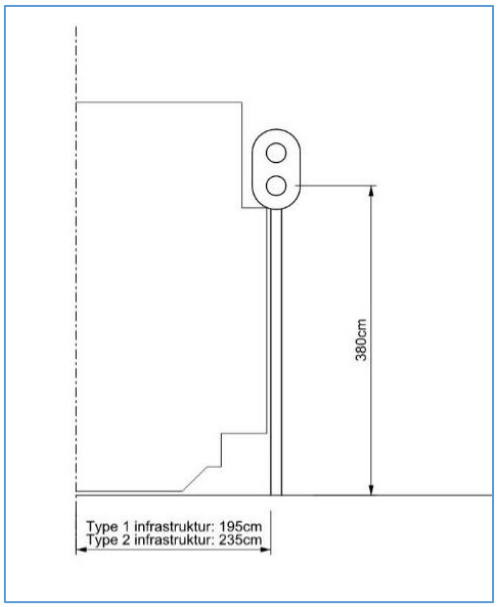
De angivne mål er i centimeter målt fra spormidte (SM) på ret spor. I spor med kurver eller andre særlige sporforhold skal målene forøges i henhold til reglerne for fritrumsprofiler [LBN1-166].

5.10.1 Forvarslingssignaler



5.10.2 Hovedsignaler





5.11 Traktorvejssignaler

Kan etableres ved overgange, som ikke er beregnet for publikum, men hvor der køres over togvejsspor med perronkarrer, og lignende, eller hvor der i øvrigt færdes personer, som ikke er uddannet til at færdes i spor.

Beslutningen om en etablering af traktorvejssignaler skal baseres på en risikovurdering, som skal indeholde en risikoanalyse af de forhold og de hasarder, som etablering eller undladelsen af disse signaler vil medføre.

Signalerne viser brandgult blinklys, når de er tændt.

Der opstilles et traktorvejssignal på hver side af det spor, hvor overgangen findes. Såfremt der er flere parallelle spor, og der mellem disse ikke er plads til at tage ophold, kan traktorvejssignaler mellem disse spor udelades.

Traktorvejssignalerne tændes ved togvejsindstilling over pågældende overgang, og slukkes enten ved togvejsopløsning eller udstyr til slukning af signalerne. De må tidligst slukke, når køretøjets forende er nået over overgangen.

Traktorvejssignaler skal være tændt ved signal "Kør" og dette skal være overvåget i signalgivningen.

Såfremt traktorvejssignaler fremadrettet etableres ved Aarhus Letbane (hvilket anses for højest usandsynligt), medfører ovenstående regel, at det blinkende lys i traktorvejssignalet bliver overvåget i signalgivningen for "Kør".

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.8.2).

5.12 Signalkommission

5.12.1 Formål

Projekter, der foretager:

- Nyopsætning,
- Ændring, som påvirker synligheden,

af signaler og mærker, af de typer som fremgår af afsnit 5 eller etablerer synshindrende anlæg af enhver art, skal sikre, at der afholdes signalkommission.

Den projektende bestiller signalkommission hos den, der forvalter disse anlægsbestemmelser, og skal ved bestilling fremsende forslag til placering af signaler og mærker.

Signalkommissionen skal bedømme signalernes placering, med det mål at opnå den krævede synlighed set fra letbaneførerens plads.

Signalkommissionens sammensætning og afholdelse fremgår af [SLS] procedure 418 Signalkommission.

5.12.2 Omfang

5.12.2.1 Signaler og mærker

Følgende signaler og mærkers synlighed og placering skal behandles af en signalkommission:

- Hovedsignaler og forvarslingssignaler.
- Alle mærker nævnt i afsnit 5.13.

Bestemmelser for overkørsels- og uordenssignaler samt mærke for "Automatisk sikret overkørsel følger" findes i [ANLOVK].

5.12.2.2 Forhold ved nyanlæg

Signalkommissionen skal afholdes så tidligt, at dens arbejde kan indgå i planlægningen af projektet.

5.12.3 Protokol

I forbindelse med en signalkommission udarbejdes en protokol, der skal indeholde oplysning om:

- Identifikation af signalet/mærke
- Signalets type og udformning
- Signalets/mærkets placering (kilometrering)
- Synlighedsafstanden

Oplysninger om protokollen, herunder arkivering mm, er beskrevet i [SLS], procedure 418 Signalkommission.

Hvis den signalopstilling, signalkommissionen har besluttet, kræver dispensation fra reglerne i disse anlægsbestemmelser, skal den instans, som har ansvaret for det pågældende projekt, sørge for, at den nødvendige dispensation udarbejdes og godkendes, jf. afsnit 1.1.

Herefter er protokollen grundlag for arbejdets udførelse. Kopi skal sendes til det projekt, der har bedt om afholdelse af signalkommission.

Signalkommissionsprotokol for alle de signaler og mærker i et givet sikringsanlæg, der er krav om signalkommission på, skal opbevares sammen med anlæggets tegningsdokumentation, så det til enhver tid kan slås fast, hvilken synlighed, det enkelte signal/mærke havde ved etableringen, og som derfor efterfølgende skal være til stede.

5.12.4 Opfølgning

Udgifterne til at udbedre eventuelle utilfredsstillende forhold, skal afholdes af det pågældende projekt.

5.13 Mærker

Mærker, som ikke er beskrevet i [TSF], må ikke opstilles.

Mærker skal opstilles med mindst 200 cm fra skinneoverkant (SO) til underkant af pågældende mærke, hvis der ikke er angivet andet for det enkelte mærke. Mærket må ved sin opstilling ikke tage synlighed fra andre mærker eller signaler. Mærker skal opstilles 235 cm fra spormidte til mærkets yderste venstre kant og til højre for sporet set i køreretningen. Signalkommissionen kan beslutte afvigende opstilling.

Mærker skal opstilles så de er uafbrudt synlige i 3 sek. (hvilket svarer til 65 m ved 75 km/t og 85 m ved 100 km/t), hvis andet ikke er angivet ved det enkelte mærke.

> Synligheden på mærker, der har en funktion som et "endepunkt" for tog- eller rangerbevægelser, følger reglerne i Tabel 5 i afsnit 5.3.1

Den instans, der forvalter disse anlægsbestemmelser, kan i samråd med Signalkommissionen beslutte, at en mindre synlighed accepteres.

Kontrol af mærkeplacering sker ved opmåling i hht. [LBN1-18].

5.13.1 ”Hastighed maksimalt 30 km/t, men har kun betydning ved kørsel uden virksom ATP” (Ha5)

Mærket skal opstilles foran stationer på strækninger med eget tracé i bremseafstand til hovedsignal for indkørsel.

5.13.2 ”Stoppested følger” (St1)

Mærket skal opstilles som angivet i [TSF] foran et stoppested på fri bane.

5.13.3 ”Perron ved stoppested, perron begynder” (Pr1)

Mærket skal opstilles ved perronkanten til et stoppested set i køreretningen. På strækninger med flere spor opstilles mærket kun i den retning perronen planmæssigt anvendes.

5.13.4 ”Giv agt” (Ga1/Ga2)

Mærket skal opstilles 210 m foran overkørsler eller overgange åbne for almindelig færdsel, som alene er sikret med skiltning (usikret overkørsel).

> I henhold til Vejregler 1993 [VEJ93] opstilles mærket 170 m før overkørslen. På Aarhus letbane opstilles mærket 210 meter før overkørslen, hvilket giver 2 sekunders længere rømningstid. Denne forøgede varslingstid er fastsat som et vilkår i forbindelse med godkendelsen af letbanemateriellet af typen VarioBahn til kørsel på Odderbanen.

Mærke Ga1 skal opstilles hvor oversigtsforholdene for krydsende vejtrafik ikke er opfyldt jf. bilag A [VEJ93].

Mærket Ga2 skal opstilles, hvor der under normale betingelser i dagslys er den krævede udsigtslængde for krydsende trafik, men hvor der i usigtbart vejr skal afgives signal "Giv agt".

> Regler for de krævede udsigtslængder samt de krævede vejafmærkninger er gengivet i bilag A

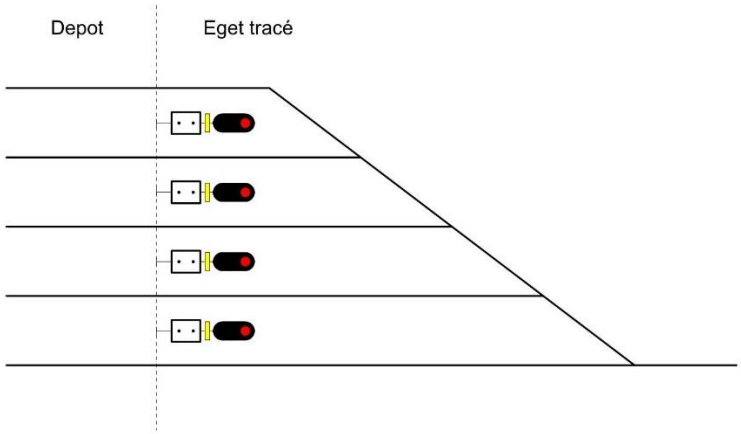
Reglerne for overkørsler alene sikret med afmærkning eller tinglyst oversigt hører ikke til anlægsbestemmelser for sikringstekniske anlæg, men indtil disse bestemmelser kan udgives i eget regelsæt, er bestemmelserne optaget som i bilag A i herværende bestemmelser.

5.13.5 ”Kørsel på Eget Tracé begynder ved næste hovedsignal” (Et1)

Mærket skal opstilles ud for den balisegruppe, der aktiverer køretøjets Togkontrolanlæg (se 11.4).

Hvor der køres til Eget Tracé og hvor balisegrupperne BG RL, L and W ikke er udlagt, transmitteres al nødvendig information ved systemgrænsen (ved S BG). I denne situation placeres mærket på hovedsignalet, der markerer grænsen fra depotområdet.

På Aarhus Depot, er mærkerne anbragt på selve hovedsignalet, hvorfra der køres ud i Eget Tracé. ATP-overvågning aktiveres ved de pågældende hovedsignaler.



Figur 5.13-1 Mærke på hovedsignal

På risikoworkshoppen [RefWSjuni2019] blev følgende farer identificeret:

1. Førerne mistolker ”dotmærker” (Et1), som er placeret direkte på hovedsignalet, således at kørsel på eget trace først starter fra **efterfølgende** hovedsignal (konsistensproblemer imellem trafikale regler og opstilling af mærket).

2. I Odder er farepunktet (ovk. 46) 2 meter bagved hovedsignalerne, hvor ATP'en kun overvåger hastigheden (til 30 km/t), og nedbremsning først påtvinges ved passage af hovedsignalet, da der i modsætning til ATP-anlæggets normale virkemåde ikke er baliser foran for hovedsignalerne.

Tiltag til håndtering af identificerede farer:

Ad 1) Det fremgår af det trafikale instruktionsmateriale (TSF og TIL), hvorledes mærket forstås og opstilles.

Ad 2) Mærkets placering i Odder og Grenaa ændres, så det kommer i overensstemmelse med de trafikale regler, der herefter instruerer om, at der køres på sigt frem mod mærket.

Regelgruppen vurderer, at ovenstående løsning vil finde anvendelse fremover, hvilket fremgår af regelteksten.

5.13.6 ”Kørsel på Eget Tracé slutter. Kørsel på Særligt og Delt Tracé begynder” (Dt1)

Mærket skal opstilles, hvor kørsel på Eget Tracé ophører, og hvor ATP-overvågning begrænses til kun overvågning af køretøjets maksimalhastighed (se 11.4.1).

5.13.7 "Stands senest ved mærket" (Hm1)

Hm1 mærket skal opstilles, hvor balisegruppen ligger mere end 2 m foran det tilhørende hovedsignal. Hm1 mærket opstilles ved balisen tættest på signalet (se Figur 1.6-1 og Figur 1.6-2).

Hm1 mærket skal opstilles i togvejsspor, hvortil der ikke er togvej for den pågældende køreretning. Mærket angiver, hvor et køretøj senest skal standse.

> Mærke Hm1 bliver anvendt som administrativt standsningssted for rangerbevægelser eller for køretøjer, der har modtaget tilladelse til at passere mærke Stationsgrænsen (Sg1).

Mærket skal være synligt svarende til de synlighedskrav, der gælder for hovedsignaler med en hastighed på 30 km/t, se Tabel 5 i afsnit 5.3.1.

5.13.8 "Stop" (Ms1)

Mærket skal opstilles:

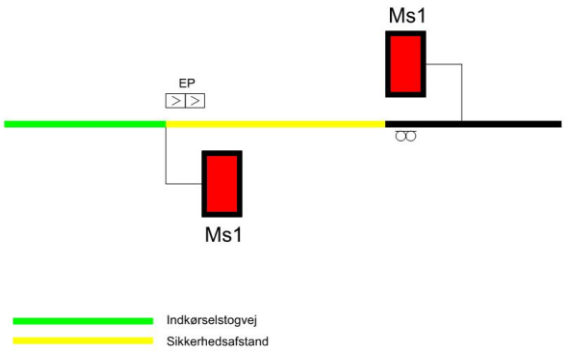
1) til at angive togvejens endepunkt på stationer, hvor viderekørsel kun kan finde sted som rangering
2) på sporstoppere i togvejsspor
3) hvor der fra et depotspor er mulighed for at køre ind i et togvejsspor.

ad 1) Mærket anbringes minimum 38 m før den akseltæller, der afslutter togdetekteringsafsnittet.

ad 2) Mærket anbringes på selve sporstopperen, så den flugter med anslagspladen.

ad 3) Mærket anbringes 2 meter foran første akseltæller i togdetekteringsafsnittet i kørselsretningen, se Figur 5.13-2.

> De 38 meter er den minimalt forekomne sikkerhedsafstand som gælder ved en hastighed på maks. 30 km/t (se afsnit 7.2).



Figur 5.13-2 Opstilling af Ms1 mærket (sikkerhedsafstanden ≥ 38m, se afsnit 7.2)

Generelt anbringes mærket med underkant 2,5 m over SO.

Mærket skal opstilles til højre for sporet, på sporstoppere dog ud for spormidten. Kan mærket på grund af fritrumsprofilet ikke anbringes i den foreskrevne højde, kan mærket placeres

- højere end foreskrevet, for eksempel på eksisterende master, broer etc.
- lavere end foreskrevet.

Ovenstående er udtryk for en prioritering.

Mærket anvendes også til etablering af stedlig dækning i forbindelse med en sporspærring, jf. [TSF].

Mærket skal have en synlighed svarende til den krævede signalsynlighed ved den aktuelle hastighed jf. Tabel 5 afsnit 5.3.1.

5.13.9 "Stationsgrænse" (Sg1)

Mærket anvendes til markering af stationsgrænsen ved kørsel ad venstre spor.

Mærket er aktuelt, når der køres efter reglerne i SIT Instruks 7 eller ved sporspærring.

Mærke, der angiver stationsgrænsen, skal kun opstilles hvor alle følgende betingelser er opfyldte:

- hvor der er dobbeltspor,
- hvor der ikke er opstillet et hovedsignal (for venstre spor).

Opstillingsregler:

1. Mærket skal altid opstilles mindst 50 m før første farepunkt og opstilles så vidt muligt overfor hovedsignalet i højre spor.
2. Hvor Tracé typen på fri bane skifter til Eget Tracé opsættes mærket på bagsiden af Dt1 mærket.
3. Hvor stationsgrænsen er beliggende i området mellem Særligt/Delt Tracé og Eget Tracé, opstilles mærket 23-25 m fra akseltælleren, der afgrænser det sikrede område.

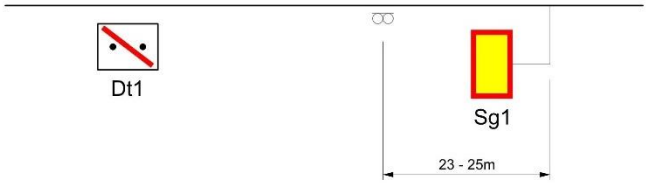
Ad 1) For at sikre at stationsgrænsen bliver respekteret ved kørsel af venstre spor, gøres den lettere at identificerer både i forhold til højre og venstre spor (føreren standser det samme sted)

Ved kørsel fra sporgruppe 500 mod Aarhus H ad venstre spor, kan der i spor A være placeret letbanekøretøj, som gør det svært at se hovedsignalet for indkørsel og dermed erkende stationsgrænsens placering.

Ad 2) Dette forhold findes på strækningen mellem Lisbjerg Bygade og Lystrup, hvor Tracé typen skifter i området omkring standsningsstedet Lisbjerg-Terp. Det må forudses, at lignende situationer bliver aktuelle i fremtidige anlæg. Mærket er opsat for at sikre en kontrolleret overgang mellem driftsformerne i de forskellige Tracétyper (kørsel på sigt vs. overvåget kørsel med togdetektering).

Ad 3) På grund af den meget uhensigtsmæssige placering af togdetekteringsafsnittet (i det leverede anlæg), der afslutter det sikrede område på Aarhus H (højre spor – køreretning mod Grenaa), er stationsgrænsen ikke sammenfaldne i venstre spor med stationsgrænsen i højre spor. Det har vist sig formålstjenligt at køretøjer ad venstre spor ikke befarer det sikrede område (togdetekteringsafsnittet på stationen) uden særskilt tilladelse fra trafikoperatøren.

Aarhus Letbane overvejer dog muligheden for at kunne opsætte hovedsignal ved stationsgrænsen for venstre spor, hvor dette vurderes sikkerhedsmæssigt eller trafikalt at være hensigtsmæssigt.



Figur 5.13-3 Mærke for stationsgrænse

Mærket skal være synligt svarende til de synlighedskrav der gælder for hovedsignaler med en hastighed på 30 km/t, se Tabel 5 i afsnit 5.3.1.

Generelt anbringes mærket med underkant 2,5 m over SO.

Mærket opstilles til venstre for sporet. Kan mærket på grund af fritrumsprofilet ikke anbringes i den foreskrevne højde, kan mærket placeres

- højere end foreskrevet, for eksempel på eksisterende master, broer etc.
- lavere end foreskrevet.

Ovenstående er udtryk for en prioritering.

6 Ledig

7 Togveje

Togveje er de togveje, der i [TSF] er defineret som ind- eller udkørselstogveje. For togveje gælder, at de fastholder sporskifter, indtil togvejen er opløst.

7.1 Togvejslængder

Togvejslængden beregnes ved at sammenlægge:

1. Den "rå" bremsevej ved indgangshastigheden til togvejen og retardation (Rt) på 0,6 m/s^2 (for arbejdskøretøjer) og 1.0 m/s^2 (for letbanetog).
2. Vejlængden, som tilbagelægges på 3 sek. ved den samme hastighed

Hvor T er togvejslængden, V er hastigheden og Rt er retardationen, fås således:

$$T = \frac{V^2}{2 \times Rt(\frac{m}{s^2})} + 3(sek.) \times V$$

Tabel 7 angiver togvejslængder, bestemt af den største hastighed, som toget må passere hovedsignalet ved "togvejens begyndelse" med:

Højeste hastighed (km/t) (letbanetog)	Højeste hastighed (km/t) (arbejdskøretøj)	Togvejslængde (m)
100	75	469
90	70	388
80	60	314
75	55	280
70	55	247
65	50	217
60	45	189
55	40	163
50	40	138
45	35	116
40	30	95
35	25	76
30	20	60
25	20	45
20	15	45
15	10	45
10	5	45

Tabel 7 Minimums togvejslængder samt tilhørende hastighed.

Tabel 7 viser minimums togvejslængder og den tilhørende hastighed. Ved Aarhus Letbane er alle tog som udgangspunkt ATP overvåget, hvorfor togvejslængder i intervallet 100 km/t til 70 km/t alene er medtaget for at de pågældende afstande i videst muligt omfang kan anvendes, for derved at sikre en så optimal hastighed som muligt ved designet af stationer (se også afsnit 11). For letbanetog med ikke- virksomt ATP er der fastsat en maks. hastighed på 70 km/t, som på stationer kun er maks. 30

km/t. For arbejdskøretøjer, som kun må fremføres i et sporspærringslignende kørselskoncept, er hastigheden maks. 20 km/t, som både gælder på fri bane og på stationer.

Disse afstande normerer "togvejslængder" i bred forstand, dvs. afstande:

- fra hovedsignal til togvejens endepunkt
- fra hovedsignal til hovedsignal (gælder både på stationer og på fri bane)

hvor der i alle tilfælde er en sikkerhedsafstand bagved endepunktet.

Normeringen gælder i forhold til togveje på stationer, men også på den fri bane, hvor der enkelte steder er opstillet signaler, der afgrænser kørsel til eller fra Eget Tracé.

7.2 Sikkerhedsafstand i togveje

Sikkerhedsafstanden defineres som togvejens forløb fra togvejens endepunkt til det punkt, hvorefter der er risiko for kollision, afsporing, opskæring af sporskifte eller berøring med en fjendtlig togvej.

Aarhus Letbane har valgt at følge anerkendt praksis med hensyn til fastsættelse af begrebet sikkerhedsafstand. Det er således de ved Banedanmark anvendte principper for fastsættelse af sikkerhedsafstanden, som er blevet implementeret i nærværende anlægsbestemmelser. Dog tilpasset det faktum, at køretøjer, som ikke måtte være teknisk overvåget (ATP-overvåget), alle fremføres med en meget lav hastighed (hhv. 70 km/t på fri bane og 30 km/t på stationer for letbanetog og maks. 20 km/t for arbejdskøretøjer).

Dette betyder at:

- letbaneførerens uopmærksomhedsperiode (3 sek.) ikke indregnes i sikkerhedsafstanden.
- der i stedet er der taget højde for uopmærksomhedsperioden i de fastsatte signalsynlig-heder.
- at der endvidere ved normeringen af togvejslængder er indregnet en ekstra tid, som sammen med synlighedsafstanden gør det muligt at: foretage en "rolig" signalobservation med efterfølgende udramatisk påbegyndelse af bremsningen.

Sikkerhedsafstanden tager ikke højde for:

- uopmærksomhed overfor signaler
- forkert adfærd fra letbaneføreren
- anden forsømmelighed fra letbaneførerens side
- fejl ved bremsesystemet

I det af ASAL leverede og godkendte anlæg, er anført to sikkerhedsafstande på hhv. 50 m bag et hovedsignal for indkørsel og 38 m i øvrige tilfælde, herunder i togveje med samtidig indkørsel. Der synes ikke at være nogen beregningsmæssig begrundelse for de 50 m. For letbanetog, som ikke har virksomt ATP, er hastigheden fra et indkørselssignal maks. 30 km/t, og toget er i en afstand af ca. 400-600 m blevet forvarslet jf. [TSF] om at kunne standse foran hovedsignalet, såfremt dette viser ”Stop”. Toget må derfor antages at være under nedbremsning mod signalet. Ved en eventuel fejlbedømmelse af bremseafstanden til hovedsignalet for indkørsel, som vil medføre at signalet forbikøres, vil de 38 m være tilstrækkelig til at sikre, at det pågældende letbanetog med en driftsbremsning, vil kunne blive bragt til standsning indenfor den fastsatte sikkerhedsafstand.

For ATP overvågede tog gælder, at disse vil blive nødbremset, hvis de passerer et togvejsendepunkt. Den normale "løsehastighed" ved endepunktssignalet er maks. 30 km/t, hvilket medfører en nødbremsevej på ca. 12 m (se afsnit 11).

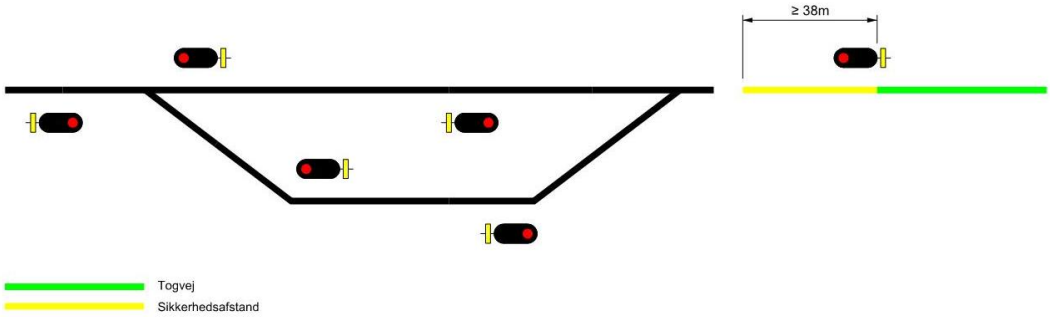
Et arbejdskøretøj, hvis retardation er lavere (0.6 m/s^2) end letbanemateriellets (1.0 m/s^2) vil ikke kunne nå at bringes til standsning på de 38 m. Der er derfor truffet følgende foranstaltninger i forbindelse med arbejdskøretøjer:

- Maksimal hastighed 20 km/t (jf. TSF)
- Sporspærring fra stationsgrænse til stationsgrænse ved signalmæssig ekspedition af arbejdskøretøjer.
  I forhold til TSF-bestemmelser vedr. sporspærringer er der krav om, at en sporspærring, der ender ved stationsgrænsen, kræver hindring af signalgivningen på nabostationen. Årsagen hertil er, at Aarhus Letbane efter hovedsignalet for udkørsel ikke har et punkt (mærke), der kan afgrænse sporspærringen i forhold til stationsgrænsen. Som konsekvens heraf må nabostationens togveje mod den pågældende stationsgrænse ikke benyttes. Samme problemstilling og også til stede ved rangering.

På baggrund af ovenstående overvejelser er Aarhus Letbane nået frem til følgende regler for sikkerhedsafstand som er beskrevet i afsnit 7.2.1, 7.2.2 og 7.2.3.

7.2.1 Hovedsignal for indkørsel

Sikkerhedsafstanden bag et hovedsignal for indkørsel består af et togdetekteringsafsnit med en minimumslængde på 38 meter, se Figur 7.2-1.



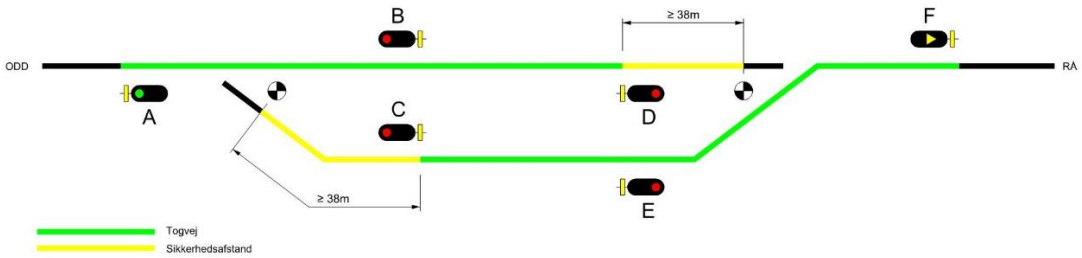
Figur 7.2-1 Mindste sikkerhedsafstand bag hovedsignal for indkørsel

Den reelle sikkerhedsafstand, som overvåges i signalgivningen frem mod et hovedsignal for indkørsel, er togdetekteringsafsnittet bag signalet, og dette afsnit er typisk 38 m langt. Der vil derfor teoretisk set være risiko for en kollision hvis et køretøj, var parkeret på næstfølgende togdetekteringsafsnit. Derfor har Aarhus Letbane valgt at sikkerhedsafstanden svarer til de 38 m, der er overvåget i signalgivningen.

7.2.2 Endepunkt for indkørselstogveje

Sikkerhedsafstanden bag det hovedsignal eller mærke, der er endepunkt for en indkørselstogvej, skal være minimum 38 m, se Figur 5.13-2.

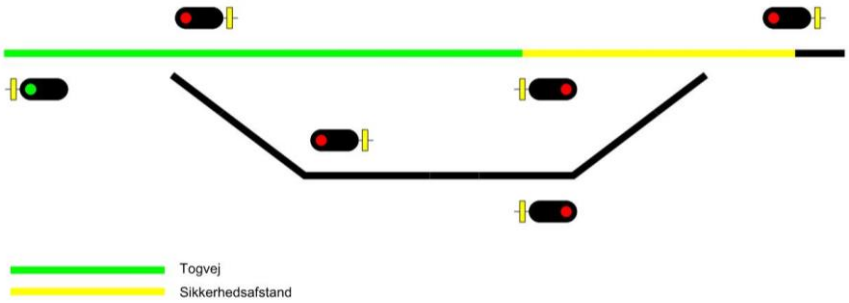
På stationer med mulighed for togveje, der tillader samtidig indkørsel, skal togvejens sikkerhedsafstand dækkes ved at sporskiftet bag togvejens endepunkt kræves i dækningsgivende stilling, se Figur 7.2-2.



Figur 7.2-2 Eksempel på spormæssig dækning af sikkerhedsafstand

Den krævede minimumsafstand for at tillade samtidig indkørsel (38 m), er oprindelig fastsat af ASAL. Denne afstand er blandt andet fastsat med udgangspunkt i, at et letbanetog uden virksomt ATP har en driftsbremseafstand på 35 m fra den tilladte hastighed (maks. 30km/t) til stilstand. Da sikkerhedsafstanden ved andre infrastrukturforvaltere også har valgt at se bort fra uopmærksomhedsfaktoren (de 3 sek.), er det Aarhus Letbanes vurdering, at samme filosofi kan anvendes her. Da Aarhus Letbane ved både fastsættelse af synlighedsafstand til togvejens endepunkt og normering af togvejslængder har valgt at bekende sig til den anerkendte praksis ved Banedanmark, vurderes den afstand, som svarer til den reelle afstand, at være tilstrækkelig.

Er sporskiftet bag togvejens endepunkt, stillet og aflåst fra sikringsanlægget, så det står i retning mod stationsgrænsen, vil den spormæssige dækning af sikkerhedsafstanden blive afløst af overvågning af togdetekteringsafsnittene fra togvejens endepunkt til stationsgrænsen, se Figur 7.2-3.



Figur 7.2-3 Indkørselstogvej med sikkerhedsafstand og forløb til stationsgrænsen

På stationer med togveje, der tillader samtidig indkørsel, vil det være muligt i forbindelse med togvejsindstillingen at vælge et andet forløb for sikkerhedsafstanden. Dette sker ved en manuel

omstilling af sporskiftet efterfulgt af en aflåsning fra sikringsanlægget. Disse betjeningshandlinger kan foretages fra sikringsanlæggets betjeningsmedier.

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.9).

7.2.3 Overgang fra Eget Tracé til Delt/Særligt Tracé

Sikkerhedsafstanden bag mærke "Kørsel på Eget Tracé slutter" (Dt1) skal være mindst 100 m.

I det af ASAL leverede og godkendte anlæg er der fra mærke Dt1, der markerer overgangen fra Eget Tracé til Delt-/Særligt Tracé, indbygget en sikkerhedsafstand, der alle steder er over 200 m. Ifølge ASALs forklaring er denne afstand fremkommet som en "fordobling" af den afstand som jf. [TSF] kræves mellem 2 køretøjer.

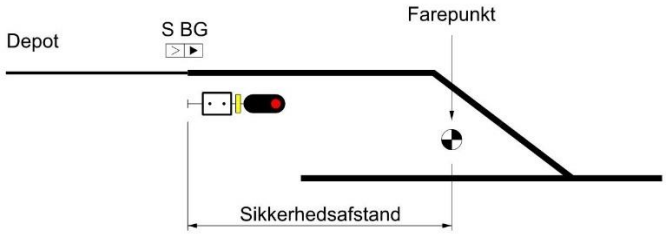
Fremadrettet ønsker Aarhus Letbane at nedsætte afstanden til 100 meter, idet denne afstand svarer til den afstand, der, jf. [TSF] bind 1 afsnit 5, skal være mellem to letbanekøretøjer i det pågældende Tracé, hvor der køres på sigt.

Aarhus Letbane vurderer samtidig, at de 100 m er en tilstrækkelig lang sikkerhedsafstand til, at letbaneføreren, med en mindre uopmærksomhed og pligt til at "kvitterere" for overgang til kørsel i Delt-/Særligt Tracé, stadig vil kunne bringe letbanetoget til standsning, inden der sker en evt. påkørsel af forankørende tog.

Hvor der er overgang fra Delt/Særligt Tracé til Eget Tracé, gælder særlige regler, se afsnit 11.4.

7.2.4 Overgang til Eget Tracé fra Depot

Bagved hovedsignalet skal der etableres en sikkerhedsafstand (se 7.2), der er tilstrækkelig til at standse køretøjet, såfremt det kører forbi hovedsignalet, der ikke tillader viderekørsel. Denne sikkerhedsafstand fastlægges på baggrund af den instruktorisk tilladte hastighed fra depotområdet/depotsporet.



Figur 7.2-4 Indkørsel fra Depot til Eget Tracé - sikkerhedsafstand til farepunkt

Til at aktivere ATP-anlægget anvendes balisetyperne RL og L, der er placeret foran forvarslingsbaliser og selve signalbalisen til hovedsignalet; se afsnit 11.4.

I Odder og Grenaa (endestationer), samt ved Aarhus Depot, er depotsporene (sidespor) umiddelbart op til togvejsspor, og der er ikke plads til at udlægge yderligere balisegrupper. Balisegruppen ved

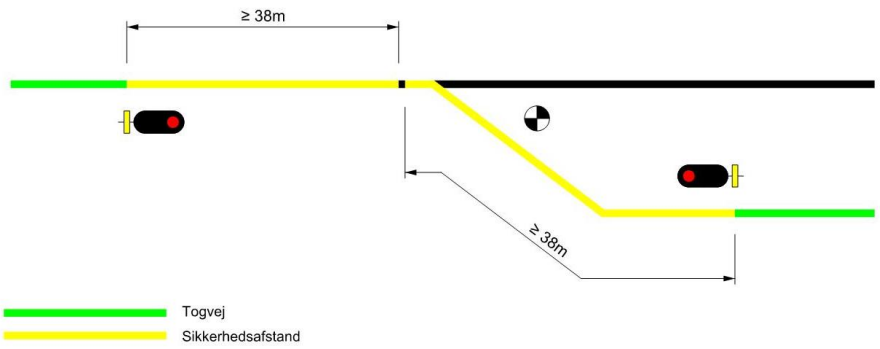
hovedsignalet virker derfor som opstartspunkt for ATP-systemet. En situation som i Odder med en overkørsel umiddelbart bagved et hovedsignal tillades ikke fremover.

7.2.5 Fælles sikkerhedsafstand

Det er ikke tilladt at etablere fælles sikkerhedsafstand mellem to togveje.

Afstanden mellem endepunkter for to modsatrettede togveje skal mindst være 86 meter.

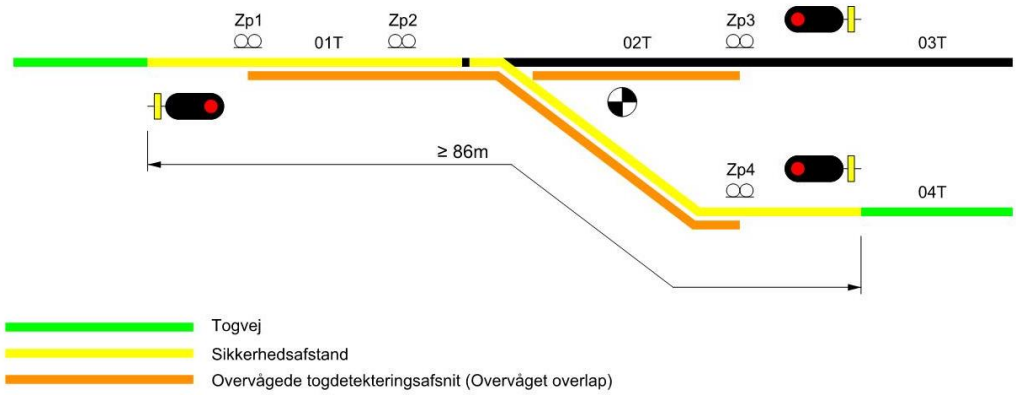
Alle togveje ved Aarhus Letbane har normalt mindst 38 meters sikkerhedsafstand. Denne afstand kan ikke deles mellem f.eks. to modsatrettede togveje, se Figur 7.2-5. Derimod kan de fjendtlige togveje godt overvåge de samme togdetekteringsafsnit, som udgør de to sikkerhedsafstande (se afsnit 7.2.6). Der medfører, at afstanden mellem hovedsignaler, der kan være endepunkt for fjendtlige togveje, mindst bliver 2 x 38 meter + 2 x 5 meter (afstanden fra et hovedsignal til akseltælleren jf. afsnit 11.3).



Figur 7.2-5 Sikkerhedsafstand

7.2.6 Overlap af overvågning

For modsatrettede togveje, hvor sikkerhedsafstandene, der udgøres af to separate togdetekteringsafsnit, skal disse afsnit overvåges i begge togveje (overlappende overvågning), se Figur 7.2-6.



Figur 7.2-6 Overlap af overvågning

7.3 Togvejsendepunkter

Aarhus Letbane anvender signaler og mærker som togvejsendepunkter.

7.3.1 Signaler

Hovedsignal, der kan vise signal ”Stop” (H0), se TSF.

7.3.2 Mærker

Følgende mærker kan anvendes som togvejsendepunkter (se TSF):

- ”Stop” (Ms1)
- "Kørsel på Eget Tracé slutter" (Dt1)

Dt1 må opfattes som et teknisk endepunkt for en togvej sat i det sikrede system og er af det kørende personale mere at opfatte som et "grænsemærke" mellem to forskellige kørselskoncepter (Eget Tracé og Særligt Tracé).

Den hidtidige anvendelse af mærke Hm1 som togvejsendepunkt for "afkortede togveje” til spor A i Sporgruppe 500 er ikke længere mulig, da TSF fra version 10 (feb. 2019) ikke længere beskriver Hm1, som et egentligt togvejsendepunkt, men som et mærke, der angiver et ekspeditionsmæssigt standsningssted i forbindelse med rangering eller togkørsel. Se også punkt 5.13.7.

7.3.3 Togveje, der ender foran sporstoppere

For togveje, der ender foran en sporstopper, tillades sikkerhedsafstanden efter endepunktet, erstattet af en sporstopper, der skal overholde kravene i [LBN1-95].

Der findes kun én togvej af denne type på Aarhus Letbane, nemlig i ”Pocket-sporet” på Aarhus H (se TIL). Alle øvrige sporstoppere er placeret i depotområder eller Særligt Tracé.

I spor, der benyttes af køretøjer med såvel ATP som uden ATP (fejlbehæftede letbanemateriel og arbejdskøretøjer), skal der foran sporstopperen etableres en hastighedsnedsættelse på

højest 5 km/t gældende minimum 32 m foran sporstopperen, som skal sikre, at føreren af køretøjet nedbremser til en lavere hastighed end det, som sporstopperen er dimensioneret til at kunne modstå. Denne hastighed skal fremgå af TIL, og der skal opsættes mærke Ha2.

For ATP overvåget tog vil en balise placeret foran sporstopperen sikre en tilsvarende teknisk nedbremsning til maks. 5 km/t (se afsnit 11.6).

For at sikre at køretøjer uden virksomt ATP på tilsvarende vis kan nedsætte hastigheden, er der etableret fast hastighedsnedsættelse markeret med Ha2 fra det punkt, hvor også det ATP overvågede tog vil nedsætte sin hastighed. For opsætning af mærke Ha2, se [TSF]. Det er Aarhus Letbane vurdering, at såvel køretøj med udkoblet ATP som et arbejdskøretøj, kan nå at stoppe på de 32 meter før sporstopperen.

7.4 Dækning af togveje

7.4.1 Definition

Ved dækning forstås, at det tilstræbes at hindre kørsel ind i en togvej fra siden (flankedækning) eller mod dens endepunkt (endepunktsdækning). Såfremt en togvej har en sikkerhedsafstand, skal denne dækkes, som var den en del af togvejen.

Endvidere skal signalgivning med visning af kørtilladelse til togvejen forhindres, hvis togdetekteringsafsnit mellem dækningsgivende objekter og togvejen er eller bliver besat (f.eks. ved forbikørsel af et dækningsgivende signal).

De af ASAL leverede og godkendte sikringsanlæg har ikke medtaget ”endepunktsdækning” af sikkerhedsafstanden for togvejen, som det er krævet efter herværende bestemmelser.

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.10).

7.4.2 Krav til dækningsgivende objekter

Til objekter, der efter ovenstående yder dækning, stilles følgende krav:

- Sporskifter skal have kontrol i dækningsgivende stilling og være aflåst, medmindre der forud for en ønsket omstilling er skaffet anden dækning.
- Signaler, der giver dækning skal være spærret i ”Stop”.

I denne sammenhæng dækker betegnelsen sporskifter også centralbetjente/aflåste afløbssko.

De af ASAL i 2017-18 leverede og godkendte sikringsanlæg indeholder ikke overvågning af signallanterner. Fremadrettet stilles der krav om overvågning af signalernes lanterner (jf. afsnit 5.5 samt Risikoworkshoppen afholdt d. 26 -27. juni 2019).

For togdetekteringsafsnit mellem de dækningsgivende objekter og togvejen gælder:

- at er disse besat ved togvejsindstilling, skal hovedsignal der er begyndelsespunkt i togvejen ikke kunne vise ”Kør”.
- er en togvej indstillet og et af de pågældende togdetekteringsafsnit besættes, skal det kør-visende signal i togvejen falde på ”Stop”.

Pågældende krav kan dog ikke imødegå den situation, hvor et andet letbanekøretøj illegalt trænger ind i det definerede dækningsområde, efter at togvejen er indstillet, og det kør-visende hovedsignal i togvejen er faldet på ”Stop” efter at det letbanekøretøj, togvejen var stillet for, har passeret det kør-visende hovedsignal.

7.4.3 Dækning fra sidespor

Der skal sikres dækning for, at materiel opstillet på sidespor ikke ved uheld kan give indløb i togvejsspor.

Hvor sidesporet har fald mod togvejssporet, skal dette dækningsforhold altid være spormæssig, med nedennævnte prioritet:

- sporskifte
- afløbssporskifte
- afløbssko

Afløbssporskiftes tungespids hhv. afløbsskoen skal anbringes mellem 5 og 7 m bag frispormærket mod togvejssporet og skal afspore væk fra togvejssporet.

Dækning fra sidespor kan på særlig betingelser ske ved brug af mærker (Ms1 eller Hm1) efter godkendelse fra den instans der forvalter disse anlægsbestemmelser.

Det dækningsgivende mærke opsættes mindst 40 m bag togvejens endepunkt dog mindst 2 m bag togvejens sidste togdetekteringsafsnit, se Figur 5.13-2.

I Odder og Grenaa benævnes de spor, som letbanekøretøjerne hensættes i efter kørsel, som sidespor. Disse spor er en fortsættelse af stationens togvejsspor. Det er på baggrund af den tidligere assessering og godkendelse af det leverede system vurderet, at den spormæssig dækning har kunne undlades her. Den instans der forvalter disse anlægsbestemmelser, kan efter eksplicit risikovurdering tillade, at dækning med mærker som beskrevet ovenfor anvendes på lignende lokationer.

7.4.4 Dækning af togvejsspor

Som udgangspunkt anvendes signalmæssig dækning mellem togvejsspor. Hvor der ikke er opsat signal, og dermed ikke er normal togvejsmulighed, kan mærke Ms1, Hm1 eller Sg1 anvendes.

På Aarhus H og sporgruppe 500 er der eksempler, hvor der ikke er etableret dækningsgivende signaler i forhold til andre togvejsspor. Det er af arbejdsgruppen vurderet, hvorvidt denne manglende dækning kan rumme en fare. Efter arbejdsgruppens opfattelse, kan faren imødegås ved opsætning af Hm1 mærket i "bagenden" af spor, som kun anvendes som togvejsspor ved kørsel ad højre spor. Eksempel herpå er Spor 1 i sporgruppe 500 mod Odder. Ved at opsætte H-mærke (Hm1) i dette spor sikres det, at et tog, der rangeres ind i dette spor fra venstre spor (hvor der ikke er etableret en togvej), vil kunne have et punkt, der kan erkendes som et standsningssted før et givent farepunkt (sporskifte, eller frispormærke), se afsnit 5.13.8. Hm1 mærket sikrer således instruktorisk, at der ikke køres frem mod en fjendtlig togvej.

7.4.5 Dækning fra spor under anlæg

Dækning fra spor under anlæg skal i alle tilfælde etableres som spormæssig dækning. Hvis forholdet skal bestå i mindre end 3 måneder, kræves dækningen ikke centralsikret, men må etableres efter [TSF]s regler for sporskifter, hvor sporskiftedrev og/eller trækstænger ikke er monteret.

7.4.6 Tekniske betingelser for kørtilladelse

For at et hovedsignal skal kunne vise en kørtilladelse skal følgende betingelser være opfyldte:

- Kravene til centralsikring skal være opfyldt jf. [TSF].
- Krav til frie togdetekteringsafsnit jf. afsnit 4.4.
- Såfremt signalet er udstyret med "O-mærke" (Ov7), skal de dækkede overkørsler melde "sikret".
- For hovedsignal for udkørsel og hovedsignal ved overgang til Eget Tracé skal de til linjeblokken tilhørende betingelser være opfyldt, se afsnit 10.

7.5 Nødopløsning

Nødopløsningstiden skal være så lang, at togvejen først opløses, når toget er standset.

Der skelnes ikke mellem indkørsel- og udkørselstogveje. Disse skal beregnes på samme måde.

Tiden beregnes som summen af følgende tre tider:

1. **Køretid (Kt) i sek**. fra forvarslingspunkt til synlighedspunkt på hovedsignal.

   Det betragtes som positiv forsignalering, når der i ATP transmitteres et telegram med information om "Kør" i næste hovedsignal.

   Selv om der er opstillet forvarslingssignal, skal køretiden regnes fra forvarslingsbalisen.

2. **Bremsetid (Bt)** i sek. fra den aktuelle hastighed (V) til 0 km/t med en retardation (Rt) på 1.0 m/s^2 (letbanekøretøjernes driftsbremseevne).

$$Bt\ [s] = \frac{V[\frac{m}{s}]}{Rt[\frac{m}{s^2}]}$$

   Med den aktuelle hastighed menes den hastighed, hvorved forvarslingsbalisen passeres (den hastighed der tillades) indtil synlighedspunktet nås, hvorefter det antages, at letbaneføreren selv påbegynder en bremsning til 0 km/t.

3. Tre sek. til **reaktionstid (Rk)**.

   Synlighedspunktet er det punkt, fra hvilken det hovedsignal, som er skiftet til "Stop", kan ses baseret på en den fastslåede synlighed (jf. signalkommissionsprotokollen). Såfremt nødopløsningstiden fastsættes, før et signal er sat op i marken, og der derfor kun findes en foreløbig "papir" signalkommissionsprotokol, regnes signalsynlighed som de af Tabel 5 anførte værdier.

Nødopløsningstiden beregnet efter ovenstående regler er en minimumstid og oprundes til nærmeste hele sekund.

Nødopløsningstiden beregnes for hver togvej. Såfremt anlægget kun har en fælles nødopløsningstid, skal den største (længste) nødopløsningstid anvendes for alle togveje.

Gradienterne er regnet ind i afstanden til forvarslingsbalisen og det efterfølgende hovedsignal.

Nødopløsningstiden for disse togveje er baseret på at skulle tage højde for følgende hændelsesforløb:
a) Der er stillet indkørselstogvej/udkørselstogvej, som medfører positiv forsignalering.
b) Toget på vej mod stationen med strækningshastighed, dog maks. 100 km/t, passerer den balise, som forsignalerer hovedsignal for indkørsel
c) Umiddelbart herefter tages signalgivningen tilbage, uden at letbaneføreren underrettes.
d) Toget fortsætter med uændret hastighed, indtil letbaneføreren opdager signalet i dettes synlighedsafstand jf. signalkommissionsprotokollen.
e) Nu farebremses der.

Hastigheden omregnes fra km/t til m/s ved at dividere hastigheden i km/t med 3,6 (f.eks. svarer 100 km/t til 27,77 m/s). 1.0 er den vedtagne retardation (bremseevne) for almindelige letbanetog målt i m/s^2.
Da hastigheden for arbejdskøretøjer eller køretøjer med udkoblet ATP er så lav (hhv. er 20 km/t og 30 km/t) kan der i forbindelse med fastsættelse af nødopløsningstid forudsættes, at de altid vil kunne standse på den signalsynlighedsafstand som er til stede på stationen. Samme forhold vil også gøre sig gældende for kørsel frem mod et hovedsignal for indkørsel.

Hvor der ikke findes et forvarslingspunkt, skal nødopløsningstiden beregnes fra det punkt, hvor signalet kræves synligt, jf. 5.3 i forhold til den aktuelt tilladte hastighed foran pågældende signal.

Ovenstående regel vil være aktuel at anvende ved udkørsel fra Depotområder. Reglen finder i aktuelt anvendelse fra Depotet ved kørsel mod Aarhus H, I Grenaa og i Odder, hvor der ikke er etableret forvarslingsbaliser foran de hovedsignaler som leder til Eget Tracé.

På en station, hvor en togvej forlænges med yderligere én eller flere togveje (en sammensat togvej) skal nødopløsningstiden aktiveres på alle de individuelle togveje, uagtet togets aktuelle position i den sammensatte togvej. Nødopløsningstiden for den "sammensatte togvej" skal være så lang, at den dækker den længste af de enkelte togveje.

I tråd med Banedanmarks analyser om nødopløsningstid, er Aarhus Letbane kommet frem til, at en togvej for udkørsel, der kan opløses uden tidsforsinkelse, kan udgøre en fare for et tog der netop har passeret togvejens forvarslingspunkt. Ved dette punkt har toget fået en positiv forsignalering af efterfølgende hovedsignal (hovedsignal for udkørsel). Idet afstanden mellem det dækkende hovedsignal og første farepunkt efter det hovedsignal er meget kort, vil passage af den tilhørende balise, som sender "STOP" telegram ikke kunne forhindre, at toget køre ind i en fjendtlig togvej, som er kommet til udførelse fordi togvejen blev opløst uden tidsforsinkelse. Dette imødegås derfor med krav om, at der for sammensatte togveje (typisk togveje for indkørsel i kombination med togveje for udkørsel) aldrig må nødopløses uden en tidsforsinkelse. Det følger samme princip, som er gældende

ved Banedanmark, hvor det svarer til togvejen for indkørsel, eller den længste togvej såfremt der er tale om en sammensat togvej for udkørsel.

Der findes i det eksisterende anlæg forhold, som afviger fra ovenstående regel (se afsnit 12.11).

7.6 Opløsning af indkørselstogvejens ikke-befarede del samt sikkerhedsafstand

Opløsningstiden for den del af indkørselstogvejen, som findes efter standsningsstedet, samt dens sikkerhedsafstand skal være så lang, at toget med sikkerhed må anses at være bragt til standsning, før opløsning finder sted.

Opløsningstiden beregnes i tre trin:

1. Afstanden fra starten af det togdetekteringsafsnit, hvor opløsningstiden startes til togvejens endepunkt målt i meter.
2. Hastigheden ansættes til gennemsnitlig 24 km/t i hele dette sporstykke (dvs. 6,67 meter pr. sekund; 3 sek./20m).
3. Tiden findes som forholdet: afstanden fra pkt. 1 (målt i meter) divideret med hastigheden fra pkt. 2 (6,67 m/s).

Hvor flere togveje deles om en sådan opløsningsfunktion, fastsættes opløsningstiden til den længste af de beregnede.

ASAL har anvendt andre "parametre" til at fastsætte tiden for sikkerhedsafstanden og ikke-anvendte dele af indkørselstogvejen. Som det fremgår af ASAL dokumentation, er anvendt parametrene svarende til en hastighed på 6,67 m, hvilket giver god mening, idet letbanekøretøjerne bevæger sig med forholdsvis lave hastigheder på stationer blandt andet på grund standsning ved perron samt lavere løsehastigheder frem mod stopvisende hovedsignaler.

8 Automatisk signalgivning

På stationer skal etableres en funktion for automatisk signalgivning både for indkørsel og udkørsel.

Funktionen må kun aktiveres i sikringsanlægget, når alle følgende betingelser er opfyldte:

- Når der fra sikringsanlægget ikke er forbindelse til OCC.
- Der ikke anvendes lokaldrift.
- Det udvendige betjeningsskab ikke anvendes.
- For udkørsler: Der er forbindelse til nabostationens sikringsanlæg.

Togvejsindstilling og signalgivning iværksættes ved togets kørsel ind i et nærmere defineret togdetekteringsafsnit. Det skal af Control Table for stationen fremgå, hvilke togveje, der kan stilles automatisk.

Signalgivning for indkørsel skal iværksættes så betids, at tog med den største tilladte hastighed på stedet ikke får restriktiv signalgivning ved passage af forvarslingsbalisen (forvarslingssignalet).

For endestationer skal der indbygges en tidsforsinkelse på indstilling af udkørselstogveje efter et indkørende togs ankomst, såfremt samme spor benyttes.

Denne tidsforsinkelse vil muliggøre et normalt retningsskifte samt sikre, at en overkørsel, der tændes på en udkørselstogvej, ikke får en lang spærretid, mens toget skifter køreretning.

9 Ledig

10 Signaler og sikringsanlæg på fri bane

Fri bane skal være udrustet med linjeblokfunktion, der sikrer mod samtidig signalgivning i begge retninger på samme strækning.

Den fri bane mellem to stationer kan være inddelt i et eller flere blokafsnit.

Hvert blokafsnit skal have et hovedsignal i køreretningen, der dækker kørslen i blokafsnittet - for opstilling af signaler henvises til afsnit 5.

10.1 Linjeblok

Linjeblok på Aarhus Letbane skal indrettes med

- spærring mod samtidig signalgivning mod fri bane fra begge retninger
- spærring af signal "Kør" til et blokafsnit såfremt dette ikke er registreret som frit i sikringsanlægget
- overvågning af både endepunkts- og dækningsgivende hovedsignalers visning jf. afsnit 5.5.
- overvågning af de til linjeblokken tilhørende togdetekteringsafsnit.

Linjeblokken skal være udstyret med togdetektering i hele dens udstrækning. Togdetekteringen omfatter formeldingsafsnit jf. afsnit 4.2 og togdetekteringsafsnittet herimellem, benævnt strækningsafsnittet.

10.1.1 Blokinddeling

En linjeblok kan være inddelt i et eller flere blokafsnit.

Et blokafsnit skal mindst være en længde, så et tog, som passerer et bloksignal med største tilladte hastighed, kan bringes til standsning, før det efterfølgende, jf. afsnit 7.1 "togvejslængder".

Der er ikke nogen maksimal længde på blokafsnit.

> På nuværende tidspunkt er der ikke opstillet signaler, der opdeler blokken mellem to stationer. Når behovet for blokinddeling opstår, vil der blive opstillet funktionskrav og opstillingsregler for sådanne "mellembloksignaler".

10.1.2 Betjening af linjeblok

Linjeblokken aktiveres i forbindelse med indstilling af togvej ud af en station.

Linjeblokken kan ikke betjenes selvstændigt.

> Den leverede og godkendte linjeblok er en integreret del af ASALs sikringsanlæg og betjenes via togvejsindstillinger.

10.1.3 Sporisolationer

Anvendes ikke ved Aarhus Letbane på Eget Tracé til brug for linjeblok.

Ved tændesteder til automatisk sikrede overkørsler kan i stedet for tændesløjfer anvendes 100kHz-sporisolation som tændested; se nærmere i afsnit 11.2.3.

10.2 Signaler på fri bane

De hovedsignaler, som er etableret på fri bane, inddeler ikke banen i egentlige blokafsnit, men anvendes til

- begyndelsespunkt for Eget Tracé eller
- dækkende hovedsignal for automatisk sikrede overkørsler, se afsnit 10.2.1.

De overordnede regler for synlighed, opstilling, forsignalering, skilte og mærker mv. samt reglerne for signaler, fremgår af afsnit 5.

10.2.1 Dækkende hovedsignal for overkørsel

Se afsnit 5.4.2.4 og [ANLOVK].

10.3 Sidespor på fri bane

Findes ikke ved Aarhus Letbane.

11 ATP-anlæg (Automatic Train Protection)

Togkontrolanlægget, der benyttes ved Aarhus Letbane, er et integreret system, der er leveret af Ansaldo STS (nu Hitachi Rail). Systemet er baseret på europæiske standarder og er ikke sammenligneligt med andre ATP- systemer, der anvendes i Danmark.

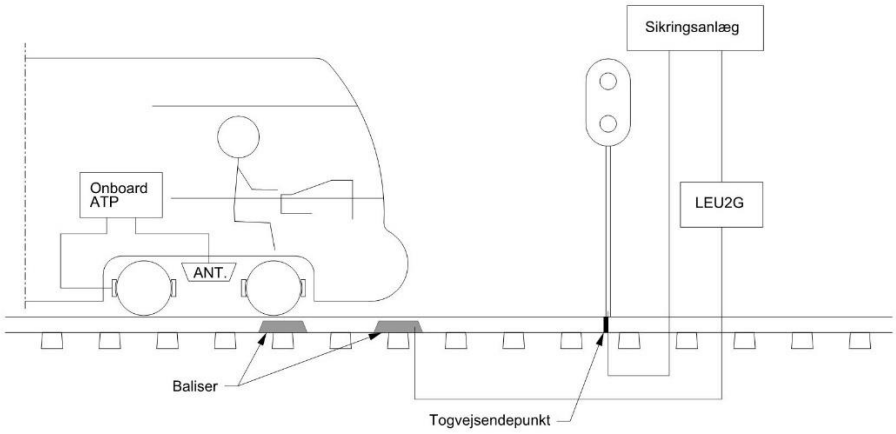
Dette afsnit tjener som overordnet beskrivelse. Detaljeret information om ATP-anlæggene i deres helhed findes som ASAL-dokumentation, med den overordnede beskrivelse i ATP System definitionen [ATP-SYSDEF].

Den tekniske projektering og programmering af togkontrolanlægget kan kun foretages af Hitachi Rail (tidl. Ansaldo STS). Denne tekniske detailprojektering er derfor ikke beskrevet i dette regelsæt.

11.1 Opbygning

Togkontrolanlægget sikrer togenes fremførelse. Hvor letbanen kører i eget tracé, skal der være etableret fast togkontrolanlæg, der sender telegrammer til det mobile ATP-anlæg.

Det faste anlæg består af sikringsanlægsdele, kabler og baliser. Det mobile anlæg består af antenner og computersystem, der er installeret i det enkelte køretøj.



Figur 11.1-1 Togkontrolanlæg

Det mobile togkontrolanlæg overvåger køretøjet og vil dermed nedbremse dette til en hastighed, der sikrer, at køretøjet ikke kan passere første farepunkt efter togvejens endepunkt. Det mobile togkontrolanlæg beskrives ikke yderligere i disse bestemmelser.

Begrebet ”togvejens endepunkt” betragtes her bredt, f.eks. således at hovedsignal for indkørsel i "Stop" betragtes som togvejens endepunkt for en togvej med begyndelsespunkt på den foranliggende stations hovedsignaler for udkørsel.

Formålet med beskrivelsen i dette regelsæt er at opnå mulighed for at trafikalt projektere et bygbart anlæg. Den detaljerede tekniske projektering af Togkontrolanlægget kræver kendskab og ekspertise, som ikke findes hos andre end leverandøren.

Projekteringen af ATP sker i en to-delt proces, hvor der først projekteres det trafikale grundlag, som tager udgangspunkt i disse bestemmelser. Dernæst foretages en teknisk detailprojektering.

11.2 Baliser

Der benyttes Eurobaliser.

Da baliserne er placeret midt i sporet, vil de blive læst for begge køreretninger. For at Togkontrolanlægget kan afkode, hvilken køreretning, en balise gælder for, anvendes disse altid i grupper af 2 baliser (en såkaldt BaliseGruppe; BG), hvormed det bliver muligt at retningsbestemme disse.

Overordnet findes der 2 former for baliser – én med fast kodet telegram og én styrbar, der har forbindelse til et sikringsanlæg. Det er sikringsanlægget der, for disse styrbare baliser, bestemmer, hvilke telegrammer, der sendes til køretøjerne.

Detaljeret regelsæt for placering og projektering af de positionelle krav til baliser, findes i ASAL dokument [ASAL-ATP_WAYSIDE].

Baliserne udlægges i angiven afstand og rækkefølge, da togkontrolanlægget ellers vil generere en fejl. Ligeledes vil det give fejl, hvis en balise fjernes. Fejlens alvors afhænger af balisens type og dens kodning, idet eksempelvis fejl i signalbaliser vil generere en fejl med umiddelbar standsning til følge, hvorimod en manglende/fejlbehæftet kalibreringsbalise vil give anledning til fejlmelding, når køretøjet holder stille næste gang.

11.2.1 Balise ID

Samtlige baliser har et unikt ID-nr. samt et navn bestående af typeforkortelse samt evt. tilknyttet signal el. PCS-ID (’Point of Change Speed’-ID).

Baliser hørende til hovedsignal B vil således have navnet ”S-B”, og forvarslingsbaliser til forvarslingssignal A hedde ”W-A”.

11.2.2 Balisetype

Balisegrupperne (BG) opdeles i typer efter deres anvendelse.

Alle baliser er udlagt I grupper på to, således kaldet balisegrupper (BG). Disse typebenævnes efter deres funktion, og hos Aarhus Letbane findes følgende:

<u>Signalbaliser:</u>

- type S (<u>S</u>ignal) - findes ved signaler, der kan vise ”Stop” (hovedsignaler); Disse består af en fast samt en styrbar balise. Ligeledes findes S BG på stationer (uden viderekørselsmulighed) før mærke ”Stop”[Ms1]. Her udgøres de af to fastkodede baliser.

- type W (Warner)- findes ifm. signaler, der kan vise "Stop" (hovedsignaler) med disse funktioner:
    - telegram viser STOP i næste hovedsignal;
    - telegram viser KØR i enten ret eller afvigende gren;

  ELLER

  ved forvarslingssignal (hvor hovedsignal ikke er synligt 200 m)
    - funktionen er som ovenfor, blot med tilhørende visuelt signal.

  Hvor der forekommer:
    - et hovedsignal i afhængighed med en overkørsel (O-mærket hovedsignal)
    - at to stationer ligger tæt (mindre end 1000 m)
    - kørsel ind på Eget Tracé (se afsnit 11.4.2)

  kan W-balisegruppen dubleres således, at der placeres en ekstra balisegruppe (opdateringsbalise) mellem den egentlige forvarslingsbalise og tilhørende signalbalise.

  Placeringsregler for opdateringsbalise ved O-mærket hovedsignal er beskrevet i [ANLOVK].

  Det har ved projekteringen af ny station ved Vestre Strandallé vist sig, at hvis der ikke anvendes en opdateringsbalise på den fri bane mellem Torsøvej og Vestre Strandallé, vil der kunne forekomme et regel-kutymeproblem med kørsel mod et stopvisende signal, der, når toget er meget tæt på, forventes at skifte til en kørtilladelse. Derfor er det en god idé at placere en opdateringsbalise for at sikre at togvejen ind på Vestre Strandallé er indstillet, når forvarslingsbalisen passeres. For at det indkørende tog ikke får en restriktiv bremsekurve, placeres en opdateringsbalise på dette stykke fri bane uagtet de normale afstande ikke kan opnås på stykket mellem den nye station og den eksisterende station (de ligger unormalt tæt).

  S- og W-balisegrupperne består begge af en fastkodet samt en styrbar balise.

Rekalibrerings- og positionsbaliser:

- type R (Rekalibrering) – findes i alle togvejsspor på stationer og rekalibrerer om-bord udstyrets afstand til endepunkt for togvej – udgøres af to fastkodede baliser.
- type RL (Recalibrate Linking) – findes i tilknytning til en L BG, eller før W BG ved kørsel fra ikke-ATP overvåget område til ATP-overvåget – udgøres af to fastkodede baliser.
- type L (Linking) – findes som start på alle linjeblokke (afsnit 10.1), eller efter en RL BG (se denne) samt ved kørsel fra ATP-overvåget til ikke-ATP overvåget område - udgøres af to fastkodede baliser.

Hastighedsændring:

- type SP (SPeed)– bruges ved en hastighedsændring, f.eks. ved kørsel ud af en kurve hvor hastigheden kan øges. Udgøres af to fastkodede baliser, eller sammen med type wSP ved en nedsættelse af hastigheden.
- type wSP – (warner SPeed) bruges ved en ændring med nedsat hastighed, f.eks. ved kørsel ind i en kurve, hvor hastigheden skal nedsættes. Udlægges før balise type SP i en afstand

svarende til bremsekurven ned mod målhastighedens begyndelsespunkt - udgøres af to fastkodede baliser.

- type TSR (Temporary Speed Restriction) – bruges ved midlertidige hastighedsnedsættelser og udgøres af 3 balisegrupper: 2 varslingsbalisegrupper og en ophørsbalisegruppe. Placering af disse fremgår af [ATP-TSR]. Alle 6 baliser er fastkodede.

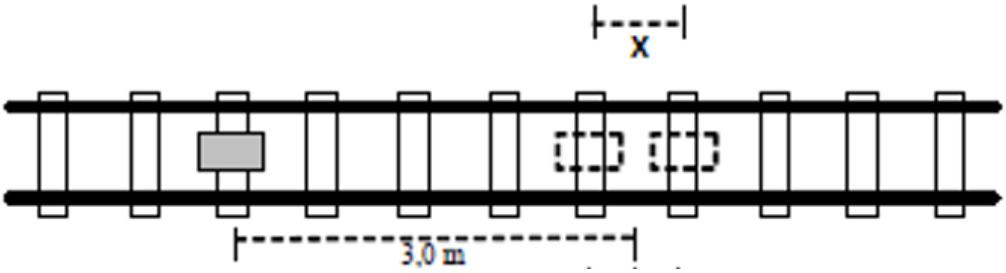
Transitionsbaliser:

- type EP (End Protection) – findes efter en L BG ved udkørsel fra ATP-overvåget kørsel, eller ved kørsel ind i depotområde; ligeledes etableres de på sækstationer efter S BG, der lægges ifm. mærke "Stop" (Ms1)- udgøres af to fastkodede baliser
- type AT (Approach Trunk) – findes på alle spor op med sporstopper - udgøres af to fastkodede baliser.

Hvad angår hardware, er alle BG identiske.

11.2.3 Baliseafstand

Samtlige baliser i en gruppe, både midlertidige og permanente, udlægges med indbyrdes afstand på 3 m, se Figur 11.2-1.



Figur 11.2-1 Afstand mellem baliser i samme gruppe, X= Svelleafstand

Baliser skal placeres mindst 3 m fra nærmeste tværforbinder i en 100kHz sporisolation og FSSB-sløjfer.

En 100 kHz sporisolation (anvendes som tændested for overkørsel) består af et sporstykke der strækker sig over min. 20 meter. Den er afgrænset af to kabler, de såkaldte tværforbindere, der kortslutter de to skinnestrenge for dermed at begrænse udbredelsen af sporisolationen. FSSB-sløjfer anvendes som tænde- og slukkesteder til overkørsler, og har hver en udbredelse på 7 meter.

Ved hastigheder op til 65 km/t skal afstanden (D) mellem 2 balisegruppers nærmeste to baliser være mindst 10 m. Hvis den tilladte hastighed i sporet, hvor baliserne er placeret, overstiger 65 km/t gælder følgende:

D =0,14 *V+ 1 m (hvor V er hastigheden i km/t, D er afstanden i meter) [ASAL-ATP_WAYSIDE]

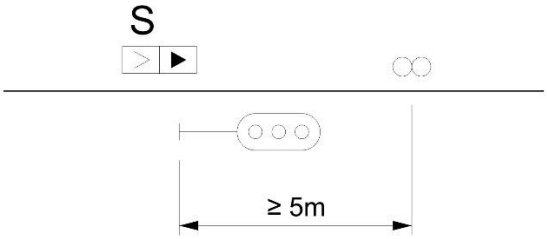
Formlen regnes dimensionsløst, og afstanden D angives i meter.

11.3 Signaler og mærker

11.3.1 Baliser ved hovedsignaler

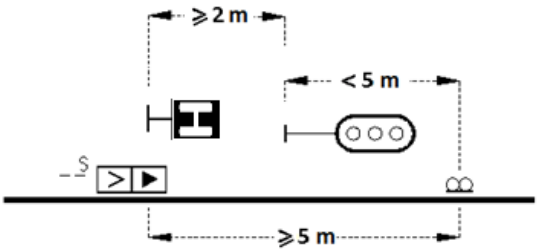
Der skal udlægges signalbaliser ved ethvert hovedsignal samt ved mærke ”Stop”(Ms1).

Signaler og balise skal placeres min. 5 m fra tællepunkt (akseltæller) se Figur 11.3-1.



Figur 11.3-1 Signalbalise ved signalfod

Hovedsignalet kan placeres tættere på akseltælleren [ASAL-ATP_WAYSIDE], ligesom balisen kan placeres længere væk. Er afstanden mellem signal og balise mere end 2 meter, skal der opsættes mærke Hm1 ("H-mærke"), som vist i Figur 11.3-2, ud for balisen.



Figur 11.3-2 Signalbalise før signal

11.3.2 Forvarslingsbaliser

I tilknytning til alle hovedsignaler for indkørselstogveje skal der udlægges forvarslingsbaliser. Disse skal placeres i en afstand angivet i bilag B [ATP-SAFEBRAKE].

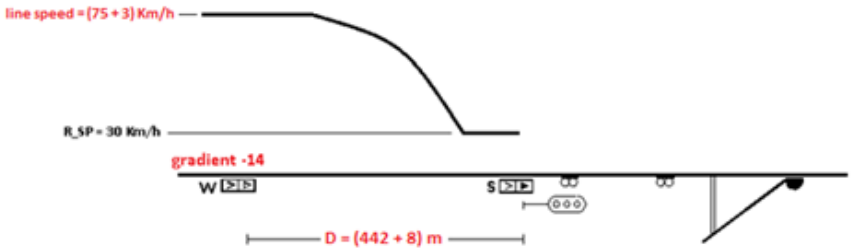
1. Hvor øvrige hovedsignaler ikke kan opnå den krævede synlighed, skal der også udlægges forvarslingsbaliser.
2. Ved hovedsignaler, der er etableret af hensyn til kapacitet og/eller dækning af automatisk sikrerede overkørsler, skal der også udlægges forvarslingsbaliser.

For at opnå den endelige D værdi skal følgende medtages

- afstanden skal øges med 8 m (maksimal afstand mellem antennen og fronten på køretøjet.
- en tolerance på +3 km/t

Se eksempel i Figur 11.3-3.

FORCED BRAKE CURVE						
		GRADIENT (‰)				
		-16	-15	-14	-13	-12
SPEED (Km/h)	80	470	466	461	457	452
	79	461	456	452	447	443
	78	451	447	442	438	434
	77	442	438	433	429	425
	76	433	428	424	420	416
	75	423	419	415	411	407
	74	414	410	406	402	399
	73	406	402	398	395	391
	72	397	393	390	386	382
	71	389	385	381	377	374
	70	380	376	372	369	365



Figur 11.3-3 Beregning af endelig afstand (D) mellem forvarslingsbalisen og signalbalisen [ASAL-ATP_WAYSIDE]

I sporgruppe 500 er der, på grund af manglende mulighed for at opnå den krævede synlighed på hovedsignal D(500)-D (hovedsignal for udkørsel), udlagt forvarslingsbaliser, ligesom der også at opsat forvarslingssignal.

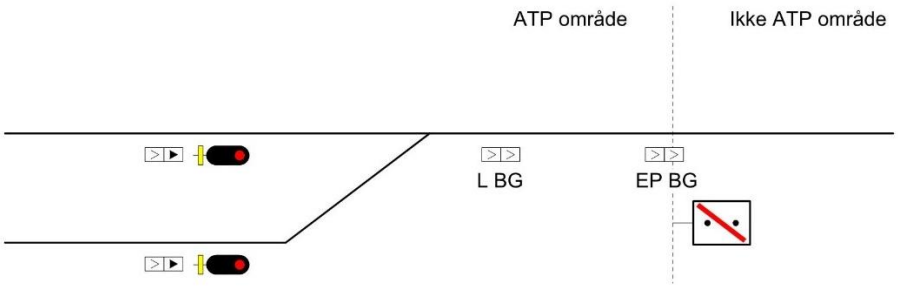
Der er i Lystrup udlagt forvarslingsbaliser foran hovedsignaler, der opdeler stationen (afsnit 5.7.4), som angivet i under punkt 2 i ovenstående.

11.4 Overgang mellem Eget Tracé og Delt eller Særligt Tracé

11.4.1 Kørsel fra Eget Tracé

Hvor Eget Tracé ophører, er der udlagt en endepunkts-balise, der signalerer til køretøjets ATP-udstyr, at togkontrolanlæggets overvågning begrænses til kun at overvåge køretøjets maksimale hastighed.

Letbaneføreren kvitterer for denne melding, og samtidig overgår kørslen til "Kørsel sigt". Det havde været optimalt om der ved denne overgang kunne ske en overvågning af den aktuelle hastighed på den Tracé som følger. Denne hastighed er angivet instruktorisk i [TIL] (for Delt- og Særligt Tracé) og [SIT] for så vidt angår kørsel i depotområdet.



Figur 11.4-1 Kørsel ud fra Eget Tracé

Når grænsen mellem Eget Tracé og Særligt/Delt Tracé passeres, kvitterer føreren af køretøjet, ellers vil køretøjet blive nødbremset.

11.4.2 Kørsel ind på Eget Tracé fra Delt/Særligt Tracé

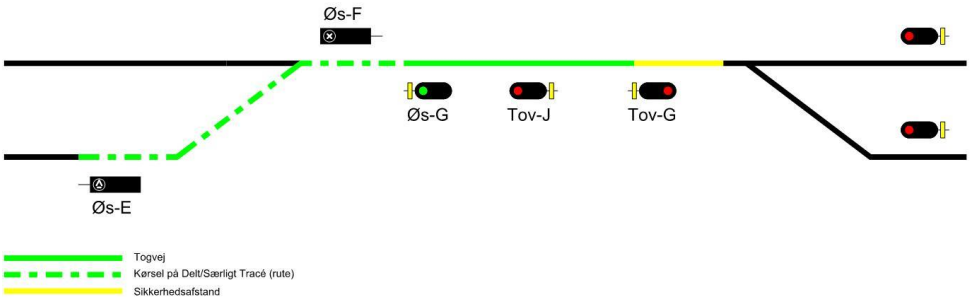
Før grænsen udlægges de nødvendige balisegrupper til at aktivere køretøjets ATP-udstyr til fuld overvågning, som vist på Figur 11.4-3.

Der udlægges i minimum 200 m afstand før det efterfølgende hovedsignal en fastkodet balise, der forvarsler hovedsignalet i ”Stop”. Mellem forvarslingsbalisen og hovedsignalet placeres en opdateringsbalise mellem 80 m og 90 m foran hovedsignalet.

Afstanden på de 200 m sikrer, at letbanekøretøjet kan nedbremse fra 70 km/t til 0 km/t, hvis efterfølgende hovedsignal viser "Stop".

Ovenstående løsning vil indebære, at der foran Aarhus H fra Dokk1 og ved Lisbjerg-Terp vil skulle udlægges ekstra W-baliser med den nødvendige tilpasning af balise-linkninger.

Ved Østbanetorvet mod Torsøvej vil den ovennævnte situation ikke kunne forekomme, idet signalanlægget på Østbanetorvet rent faktisk er en del af sikringsanlægget, forstået på den måde, at når der gives signal til kørsel mod Torsøvej, er hele sporstykket frem mod Torsøvej, inkl. sikkerhedsafstanden, frit. Betingelserne for en kør-tilladelse i signal Øs-E, er således, at der er frit helt op bag signal Tov-G (se Figur 11.4-2).

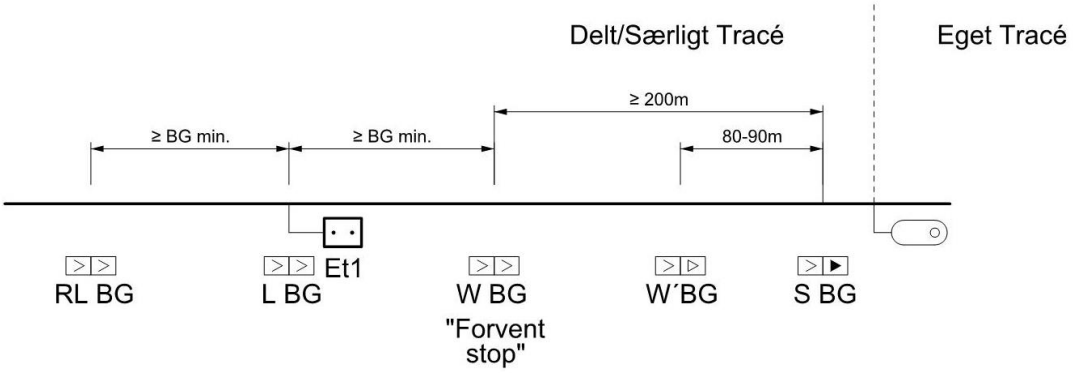


Figur 11.4-2 Skematisk sporplan for strækningen Østbanetorvet-Torsøvej

I forbindelse med beskrivelsen af overgangen fra Særligt Tracé til eget Tracé er der identificeret et forhold omkring opsamling af baliseinformation i forvarslingsbalisen, der betyder, at der reelt signaleres "Kør" fra efterfølgende signal, selvom der mellem balisen og signalet kan befinde sig et køretøj. Dette imødegås med ovenstående regel om fastkodet balise samt efterfølgende opdateringsbalise. Det eksisterende anlæg planlægges ændret i henhold til herværende regelsæt indenfor den næste 3-årige periode.

Som midlertidig foranstaltning er der udsendt en instruks, der instruerer letbaneføreren om, at selvom der modtages "Kør" information, gælder kørslen på sigt helt frem til det efterfølgende hovedsignal.

Denne situation er principielt magen til den ved Lyntogsulykken ved Odense i august 1967, idet der dog ved Aarhus Letbane er regler om kørsel på sigt helt frem til signalet samt en minimumsafstand mellem to på hinanden følgende letbanekøretøjer.



Figur 11.4-3 Placering af balisegrupper ved overgang til Eget Tracé

RL-BG og L-BG placeres med minimumsafstande mellem balisegrupperne (BG min.) jfr. afsnit 11.2.3.

BG i Figur 11.4-3 har funktionerne:

- RL BG -> aktiverer linkning
- L BG -> aktiverer On Board ATP systemet i førerrum.
- W BG -> giver den første bremsekurve hen mod S BG (signal balisegruppe) ved systemgrænsen

Der opsættes mærke [Et1] ved L BG (jf. afsnit 5.13.5). Mærket sættes ved det punkt, hvor Togkontrolanlæget skal være aktiveret.

11.4.3 Kørsel ind på Eget Tracé fra depot eller sidespor

I togvejsspor, hvor der ikke er anbragt L og W baliser, gives ATP informationen først fra S balisen, der er placeret ved det først kommende hovedsignal.

> På Aarhus Depot, Odder og Grenaa er der ikke anbragt L og W baliser, som kan opdatere køretøjets ATP- system, før køretøjet når frem til S balisen og dermed det signal, som vil kunne give køretøjet en Kør-tilladelse. Denne konfiguration er en del af det af ASAL leverede og godkendte anlæg.

Mærke Et1 opsættes på hovedsignalet, hvor systemskiftet sker, se afsnit 5.13.5.

11.5 Overkørsler

Findes ikke som objekter i togkontrolanlægget, og er således kun håndteret implicit via de baliser, der relaterer til hovedsignaler med O-mærke [Ov7].

11.6 Sporstoppere

40 m foran en sporstopper placeres en balisegruppe (type AT) for at sikre en nedbremsning til maks. 5 km/t.

Ved Aarhus Letbane er det togvejsspor som ender i en sporstopper ikke dimensioneret til at der kan etableres et standsningssted 10 meter før sporstopperen som det er foreskrevet ved Banedanmark. I stedet er der etableret ATP-mæssig sikring af, at et køretøj med virksomt ATP vil blive nedbremset til maks. 5 km/t ca. 32 meter før sporstopperen.

For køretøjer uden virksom ATP-er forholdet beskrevet i afsnit 7.3.3.

11.7 Trafikale parametre i Togkontrolanlægget

Med disse parametre menes værdier, som ved den trafikale projektering kan fastsættes til det specificerede projekt:

1. Løsehastighed
2. Tilladt hastighed
3. Togvej gennem station
4. Gradienter
5. Afstand til farepunkt
6. Opdatering af ATP-information

11.7.1 Løsehastighed

Løsehastigheden er hastigheden op mod et endepunkt, hvorunder togkontrolanlægget ikke nedbremser køretøjet.

Togkontrolanlægget vil dog stadig sikre nedbremsning senest ved første farepunkt bag et signal der viser ”Stop”, eller andet endepunkt for togvejen som passeres med den angivne løsehastighed.

Løsehastighed er minimum 10 km/t og maksimum 30 km/t med intervaller af 5 km/t.

Løsehastigheden aflæses i tabellen i [ATP-SAFEBRAKE]. Den fastsættes på baggrund af:

1. Tabelopslagets meterangivelse fratrækkes 8 m (maksimal afstand mellem køretøjets forende og baliseantenne), hvilket vil give mindsteafstand mellem forende og farepunkt, aflæst i kolonnen med den givne gradient
2. Denne hastighed fratrækkes worst-case usikkerheden af hastighed, af ASAL oplyst som værende 2 km/t
3. Denne aflæste hastighed rundes ned til nærmeste 5 km/t, altså aflæste f.eks. 17 km/t bliver løsehastighed 15 km/t, aflæst 33 km/t bliver løsehastighed 30 km/t etc. etc.

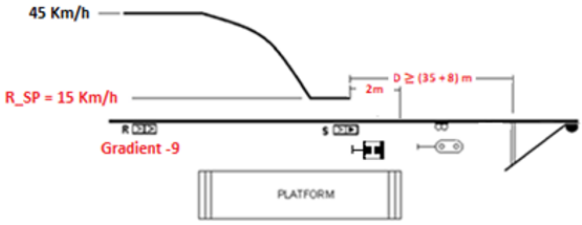
Eksempel: Det trafikale grundlag angiver et farepunkt 43 m efter et signal med et sporstykke som har en hældning på -9 ‰

1. I kolonnen '-9' findes den første værdi ≤ 35 (43 – 8): *35 m*

2. Hastigheden aflæses i denne række: *17 km/t*

3. Dette fratrækkes 2 km/t, hvilket giver løsehastigheden: *15 km/t*

SECURITY BRAKE CURVE					
	GRADIENT (‰)				
SPEED (Km/h)	-11	-10	-9	-8	-7
18	39	38	38	37	37
17	36	36	35	35	34
16	33	33	33	32	32
15	31	30	30	30	29
14	28	28	27	27	27
13	26	25	25	25	24
12	23	23	23	22	22
11	21	21	21	20	20
10	19	19	18	18	18
9	17	17	16	16	16
8	15	15	14	14	14
7	13	13	12	12	12
6	11	11	11	10	10
5	9	9	9	9	8



Figur 11.7-1 Beregning af løsehastighed fra signal til farepunkt [ASAL-ATP_WAYSIDE]

11.7.2 Tilladte hastighed

Som udgangspunkt skal togkontrolanlægget tillade den højest mulige hastighed.

På den fri bane såvel som på stationer kodes hastigheden i ATP-baliserne ud fra følgende forhold [LBN1-402]:

- De sporgeometriske forhold.
- De komfortmæssige hensyn.
- Faste lokale hastighedsnedsættelser.

Hvor de tre forhold ikke stemmer overens, kodes den mest restriktive hastighed.

> Letbanenormen LBN1-402 henviser til tyske regler (BoStrab). I dette regelsæt er angivet beregninger for letbanekøretøjers hastighed, der også tager hensyn til passagerernes komfort og ikke kun fokuserer på materiellets og sporets tilladelige hastigheder. Eksempelvis er hastigheden i afvigende gren i et sporskifte med hældning 1:19 for letbanekøretøjer 70 km/t, hvor det for traditionelt jernbanemateriel tillades op til 100 km/t.

Togkontrolanlægget skal overvåge hastigheder ved passage af perron på stationer.

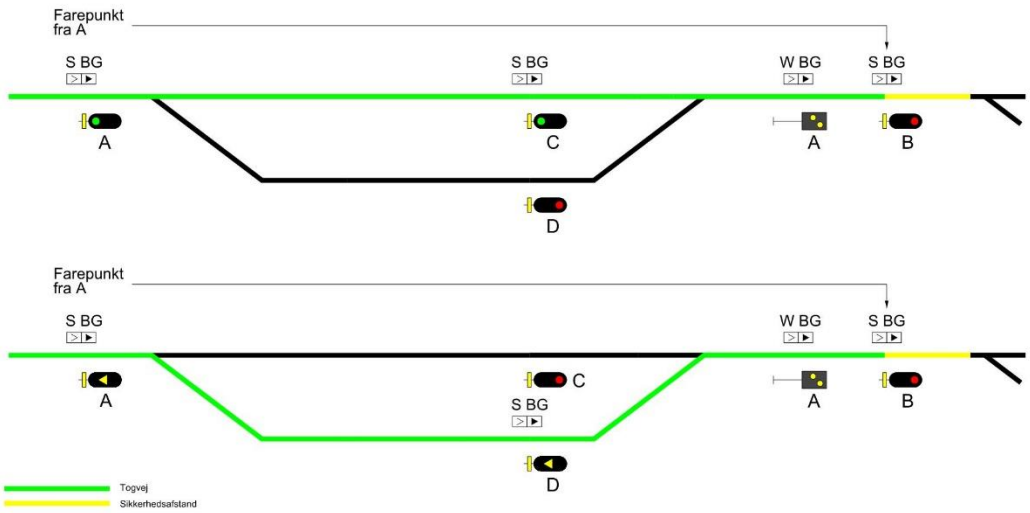
Det eksisterende togkontrolanlæg har indbygget en overvågningshastighed på 45 km/t ved indkørsel ved stationer. Hastigheden gælder fra stationsgrænsen og til enden af perronen. I en række tilfælde øges hastigheden efter passage af perronen.

Der er her tale om et ikke-specificeret forhold, som ikke kræves videreført nuværende udformning, idet dette virker regularitetshæmmende ved at lade letbanekøretøjet køre langsommere end sporet tillader. Fremover vil maks. hastigheden der gælder ved passage af perron blive kodet, så den først har virkning fra perronen og ikke fra stationsgrænsen.

Ved stoppesteder på fri bane overvåges hastigheden ikke.

11.7.3 Togvej gennem station

Når der på en station er indstillet såvel togvej for indkørsel og togvej for udkørsel (i samme retning i samme spor), skal telegrammet ved hovedsignalet for indkørsel afspejle dette, idet næste farepunkt vil være det efter stationen følgende hovedsignal, hvortil ATP bremsekurven gælder.



Figur 11.7-2 Togvej gennem en station

Selvom Aarhus Letbane ´s signaler ikke kan signalere "frit gennem stationen", aflæser Togkontrolanlæggets faste anlæg togvejene i sikringsanlæggene, og derved kan en "bedre" signalgivning gives i førerrumssignalet end den, der vises i det/de optiske signaler i togvejen.

11.7.4 Gradient

Enhver balisegruppe, hvorfra der transmitteres en målafstand, og dermed giver input til køretøjets mobile udstyr til beregning af bremsekurver, skal også transmittere en gradient til dette.

Gradienten udarbejdes ifm. projekteringen af ATP-anlægsdata, efter en beregningsmetode beskrevet i [ASAL-ATP_WAYSIDE].

Der skal foreligge længdeprofiler omfattende det projekterede område til og med nærmeste balisegruppe på hver side.

Gradienterne skal angives særskilt for begge køreretninger.

Ovenstående er ikke et trafikalt krav, men beskrivelse af en parameter, der anvendes i det mobile togkontrolanlægs beregning af bremsekurven, og indgår som angivet i den tekniske projektering af balisernes telegrammer, hvilket ikke er omfattet af dette regelværk. Bestemmelsen medtages i disse anlægsbestemmelser for at sikre at data er til rådighed for den tekniske projektering.

11.7.5 Afstand til farepunkt

Farepunkter skal markeres på de skematiske planer med minimum en kilometrering og med en nøjagtighed bedre end 1 m.

11.7.6 Opdatering af ATP-information

Hvis der er mere end 2000 m mellem to balisegrupper i samme køreretning, skal der foran den følgende balisegruppe udlægges en rekalibrering- og linkingbalisegruppe (type RL). Denne balisegruppe sikrer, at køretøjets afstandsmåling opdateres ligesom baliserne indbyrdes sammenkædning ("linking") genoprettes.

Et eksempel på ovenstående situation findes mellem Ryomgård og Grenaa hvor der er en hastighedsbalise (SP-18) i km 46.615 og næste balise (w1SP123) er i km 57.394, idet der ikke har været behov for hastighedsnedsættelse mellem baliserne. Afstanden mellem de to baliser er 10779 m. Derfor er der placeret en rekalibrering- og linkingbalise (RL-wSP123) 16 m foran w1SP123.

11.8 Midlertidig hastighedsnedsættelse

Ved planlagte arbejder på en station eller strækning, som medfører hastighedsnedsættelse, skal arbejdsområdet ATP-mæssigt dækkes af et TSR-område (Temporary Speed Restriction).

Der er i [TSF] angivet regler for, hvorledes underretning af letbaneføreren og trafikoperatørerne foretages.

Den midlertidige hastighedsnedsættelse skal altid udlægges, så den svarer til den i arbejdsområdet gældende hastighed eller lavere.

For tiden haves kun balisegrupper, der er fastkodet til maksimal hastighed på 30 km/t eller 75 km/t. Derfor vil en hastighedsnedsættelse til eksempelvis 60 km/t i praksis blive en hastighedsnedsættelse til 30 km/t, idet Aarhus Letbane ikke pt. råder over baliser, der muliggør en anden hastighed.

Før arbejdsområdets begyndelse (i køreretningen) skal udlægges to balisegrupper, der varsler hastighedsnedsættelsen. Det fremgår af Tabel 8, i hvilken afstand baliserne skal udlægges foran området med hastighedsnedsættelse.

80 m efter arbejdsområdets ophør (set i køreretningen) skal udlægges én balisegruppe, der ophæver hastighedsnedsættelsen.

> To 'TSR-begynd' balisegrupper indleder strækningen med hastighedsnedsættelse. Informationerne fra disse baliser medfører, at alle efterfølgende baliser læses, men hastighedsinformationen ignoreres, såfremt den læste tilladte hastighed er højere, end hvad TSR-balisegruppen angiver. Den laveste hastighed er gældende, indtil der modtages balisetelegram fra én 'TSR-ophæv'-balisegruppe, som frigiver køretøjets On-board ATP-udrustning til højere hastighed. De 80 m er længden af det længste tog fremført med koblede letbanekøretøjer.

Der er forskellig afstand for udlægning af baliser, som det fremgår af Tabel 8. Det er systembetinget, at der ikke anvendes en fælles, konstant udlægningsafstand uafhængig af målhastigheden [ATP-TSR].

Maksimal hastighed	Første balisegruppe udlægges	Anden balisegruppe udlægges
30 km/t	1090 m	890 m
75 km/t	800 m	600 m

Tabel 8 Udlægning af TSR balisegrupper før et arbejdsområdes begyndelse afhængig af hastigheden i arbejdsrådet

12 Overgangsbestemmelser

Reglerne i dette afsnit omfatter de konstaterede afvigelser i de leverede og godkendte anlæg i forhold herværende anlægsbestemmelser. Det er angivet i de enkelte afsnit, under hvilke forhold/betingelser afvigelserne tillades videreført.

I dette afsnit beskrives eksisterende forhold, der afviger fra de beskrevne regler i afsnit 1-11 samt 13. Desuden beskrives, hvordan forholdet er mitigeret, og under hvilke betingelser forholdet tillades videreført.

12.1 Centralaflåste sporskifte (afsnit 2.2.2)

I Hornslet findes sporskifte 104/105, som var centralbetjent i det tidligere SiCas-anlæg. Sporskifterne forbinder sidesporet med togvejssporet på stationen. Sporskifterne er fortsat sporskiftedrev type DSB1957, som er overtaget fra Banedanmark og ikke erstattet af de ved Aarhus Letbane normalt anvendte sporskriftedrevtyper. Sporskifterne er aflåst med låsebolte iht. [TSF], og kontrolstrømløbet er indført i sikringsanlæggets overvågning.

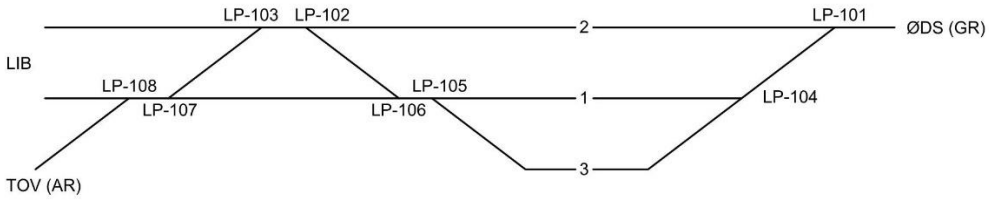
Sporskiftet kan kun omstilles med håndsving jf. [SIT]. Disse sporskifter er således ikke direkte centralaflåst, men vil på grund af overvågningen af deres kontrolstrømløb sikringsmæssig bedst kunne sammenlignes med et centralaflåst sporskifte.

Denne form for sporskiftesikring samt drevtypen, vil fremover ikke blive anvendt ved Aarhus Letbane, men forholdet tillades videreført, indtil sikringsanlægget i Hornslet ombygges.

12.2 Centralaflåste sporskifter – nummerering (afsnit 2.9.1)

På stationerne Lystrup, Aarhus H, Sporgruppe 500 og Aarhus Depot er nummereringen som beskrevet nedenfor:

- Lystrup:

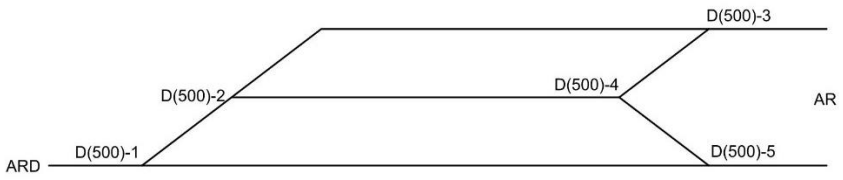


Figur 12.2-1 Anlægstegning Lystrup

Nummereringen er foretaget i forbindelse med projekteringen af anlægget af ASAL

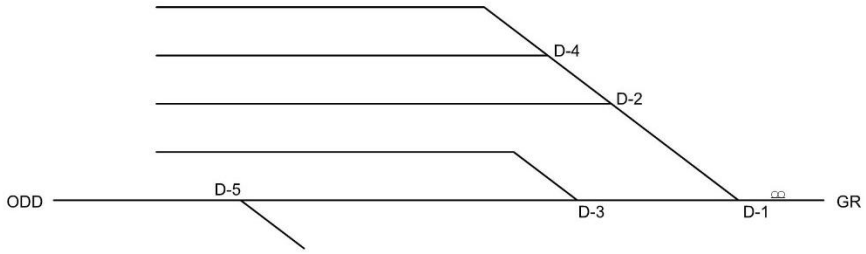
- Aarhus H: Sporskifterne er nummereret fortløbende svarende til deres geografiske placering fra 101 til 107 med start i "Odder enden" mod "Grenaa enden"

Sporgruppe 500:



Figur 12.2-2 Anlægstegning sporgruppe 500

- Aarhus Depot: Sporskifterne er nummereret fortløbende svarende til deres geografiske placering (sporskiftetungespids) fra 1 til 5 med start i "Grenaa enden" mod " Odder enden "



Figur 12.2-3 Anlægstegning Aarhus Depot

Afvigende nummerering i de eksisterende sikringsanlæg kan tillades videreført i disse sikringsanlægs levetid.

12.3 Faste låsebolte (afsnit 2.11.1)

Faste låsebolte monteret på sporskifter findes på flere lokationer på Aarhus Letbanes infrastruktur, der er overtaget fra Midtjyske Jernbaner og Banedanmark. Der eksisterer ikke en samlet opgørelse over deres placering.

Anvendelsen af faste låsebolte indgår ikke i Aarhus Letbanes driftsbetingelser jf. [TSF]. Faste låsebolte vedligeholdes ikke og fjernes løbende i forbindelse med andet vedligeholdelsesarbejde eller ombygning.

12.4 Overvågning af togdetektering (afsnit 4.4)

I det af ASAL leverede og godkendte anlæg er der ingen overvågning af togdetekteringsafsnit mellem den befarede del af togvej og dækningssporskifte/dækningssignal. Dette princip afviger fra traditionel dansk sikringsfilosofi.

Dette forhold er gældende for følgende lokationer/togveje:

- Aarhus H
  - Ar-G til Ar-K
  - Ar-J til ZP-22

- Aarhus Depot
    - Ard-E til A1 (spor R1)
    - Ard-E til A2 (spor R2)
    - Ard-E til B8 (spor R3)
    - Ard-E til B7 (spor R4)

En skematisk plan for Aarhus Depot kan ses i [SIT] instruks 1.

Forholdet tillades videreført, indtil der sker ændringer i det pågældende sikringsanlægs software. Forholdene skal fremgå af det trafikale instruktionsstof.

Det eksisterende forhold forudsættes risikovurderet i forbindelse med assesseringen og godkendelsen af det samlede system.

Til at mitigere den manglende overvågning er der optaget en trafikal instruks ([SIT] instruks 17), som stiller krav til trafikoperatøren til i uregelmæssige situationer, at sikre at signalgivningen til ovennævnte togveje kan ske uden fare.

12.5 Overgang fra Eget Tracé til Delt/Særligt Tracé (afsnit 4.6)

Overgang fra Eget Tracé til Delt/Særlig Tracé findes på følgende lokaliteter:

- Aarhus H (køreretning mod Dokk1)
- Strækningen Torsøvej – Østbanetorvet (køreretning mod Østbanetorvet)
- Lisbjerg – Terp (køreretning mod Lisbjerg Bygade).

På disse lokaliteter er afstandene mellem mærke Dt1 med tilhørende EP-balise og akseltæller minimum 200 m på de etablerede anlæg. Denne afstand afviger fra den i afsnit 4.6 anførte hovedregel der kræver 100 m´s afstand, svarende til driftsbremseafstanden.

Forholdet tillades videreført, indtil ombygning skal finde sted, i det pågældende spor.

12.6 Nummerering og navngivning

12.6.1 Nummerering – tællepunkter (afsnit 4.8.1)

Undtagelser til de angivne regler i afsnit 4.8.1 findes på følgende lokationer:

- Grenaa
- Lystrup
- Aarhus H
- Aarhus Depot
- Sporgruppe 500

På disse lokaliteter er identifikationen foretaget ”modsat" reglen dvs. med startpunkt i Odder.

Lystrup er i princippet udført i henhold til reglen, men pga. at stationen er en forgreningsstation med dobbeltspor (2 gennemgående spor), er dette system ikke fulgt stringent i det leverede og godkendte anlæg.

12.6.2 Nummerering af togdetekteringsafsnit på stationer (afsnit 4.8.2)

Eksisterende forhold som ikke følger reglen i afsnit 4.8.2 :

- Grenaa
- Aarhus H
- Aarhus Depot
- Sporgruppe 500
- Lystrup

Disse 5 lokaliteter er nummeret "modsat" reglen dvs. med startpunkt fra Odder. Aarhus Depot er der pga. de mange spor en tilpasning af detekteringsafsnit.

På Aarhus er afsnittene nummereret som en "sløjfe" således forstået at detekteringsafsnittene er nummereret først i spor 1 (Odder mod Grenaa - afvigende) dernæst spor 0 og transversalen inkl. spor A (Grenaa mod Odder – efter reglen).

Forholdet tillades videreført indtil ombygning skal finde sted, hvor den der forvalter disse anlægsbestemmelser, tager stilling til eventuel anvendelse af hvorvidt nummerering fastholdes eller om nummereringen skal ske i henhold til reglerne angivet i afsnit 4.8.2.

12.7 Stationsforkortelser (afsnit 5.6.1)

Der har i den tidlige projektering ikke været taget hensyn til de nationale fælles stationsforkortelser, hvorfor såvel leverandøren som bygherre har fået anvendt nogle forkortelser, der ikke var i overensstemmelse med den nationale liste. Ligeledes har der været anvendt navne, som efterfølgende af andre hensyn er blevet ændret (eksempelvis Universitetshospitalet), men hvor det ikke har slået igennem på alle dokumenter.

Følgende forkortelser er i ældre dokumenter:

- D (Depotet) – nu Aarhus Depot; officielt forkortet Ard
- NOP (Nørreport)
- RA (Ryomgård; å-et ikke anvendt da det ikke var i ASALs alfabet)
- SSY (Skejby Sygehus), senere AUH (Aarhus Universitetshospital – senere Universitetshospitalet)
- Tr (Trustrup)
- VI (Viby Jylland)

Afvigende nummerering i de eksisterende sikringsanlæg kan tillades videreført i disse sikringsanlægs levetid.

12.7.1 Navngivning af signaler med bogstaver (signalets ID) (afsnit 5.6.2)

Ved Aarhus Letbane er signaler på følgende stationer afvigende fra hovedreglen beskrevet i afsnit 5.6.2:

- Grenaa station hvor bogstav A er anført for signal for indkørsel, og de efterfølgende signaler er B og C anvendt.
- På Aarhus H, i Sporgruppe 500 og på Aarhus Depot er der også anvendt afvigende bogstaveringsprincip, idet stationernes spormæssige kompleksitet har gjort det svært at følge hovedreglen.

De ovenfor anførte afvigelser i de eksisterende sikringsanlæg kan tillades videreført i disse sikringsanlægs levetid.

12.8 Overvågning af signaler

12.8.1 Overvågning af hovedsignaler (afsnit 5.5)

I det af ASAL leverede og godkendte sikringsanlæg er hovedsignalernes visning ikke overvåget.

Dette afviger fra dansk sikringsfilosofi. Driftserfaringer viser også, at det er uhensigtsmæssigt at betjeningspersonalet ikke kan se hvis signalernes slukkes.

Forholdet tillades videreført indtil ombygning skal finde sted i det pågældende sikringsanlæg.

12.8.2 Overvågning af traktorvejssignaler (afsnit 5.11)

I det af ASAL leverede og godkendte sikringsanlæg er traktorvejssignalerne visning ikke overvåget.

Forholdet tillades videreført indtil ombygning skal finde sted i det pågældende sikringsanlæg. Ved ombygning af traktorvejssignaler, skal reglerne angivet i afsnit 5.11 følges.

På risikoworkshoppen i juni 2019 [RefWSjuni2019] blev de eksisterende traktorvejssignaler på Aarhus H vurderet. Risikoworkshoppen konkluderede at signalerne ikke giver en øget sikkerhed, pga. deres virkemåde, som er en del af det af ASAL leverede og godkendte anlæg.

Med den tætte toggang, der er på Aarhus H, og som formentligt vil øges, betyder det, at traktorvejssignalet vil være tændt oftere end det vil være slukket. Derfor vil respekten for traktorvejssignalerne ikke have den ønskede effekt [RefWSjuni2019]. Det forhold, at traktorvejssignalerne ikke er overvåget i signalgivningen, bidrager ikke til den ønskede sikkerhed ved benyttelsen af overgangen.

12.9 Endepunkt for indkørselstogveje (afsnit 7.2.2)

12.9.1 Togveje med forløb til stationsgrænse

I det af ASAL leverede og godkendte sikringsanlæg er overvågningen kun udstrakt til togdetekteringsafsnittet omkring sporskiftet bag togvejens endepunkt også på stationer hvor samtidig indkørsel ikke er mulig. Dette forhold skønnes ikke at være hensigtsmæssigt, hvorfor der fremadrettet vil være krav om overvågning af samtlige togdetekteringsafsnit mellem

togvejens endepunkt og det modrettede hovedsignal (typisk hovedsignal for indkørsel) jfr. afsnit 4.4 og 7.4.

Dette forhold tillades ikke videreført i forbindelse med ombygning eller ændringer i det område i det pågældende anlæg, hvor afvigelsen forekommer.

12.9.2 Sikkerhedsafstand på Odder station

På Odder station er sikkerhedsafstanden bag de to togvejsendepunkter kun 27 m. På grund af de fysiske forhold kan denne afstand ikke øges til de foreskrevne 38 m. Dette betyder, at tog uden virksom ATP ikke nødvendigvis vil kunne standse indenfor den til rådighed værende sikkerhedsafstand. Aarhus Letbane har vurderet forholdet og følgende mitigering er etableret:

1. Hastigheden for letbanetog uden virksomt ATP og arbejdskøretøjer er nedsat til maks. 20 km/t. Forholdet er bekendtgjort i [TIL].
2. Løsehastigheden i ATP baliserne R1 og R2 skal omkodes fra 30 km/t til 20 km/t.

Dette forhold tillades videreført i det pågældende anlægs levetid.

> Den anførte omkodning af baliserne er endnu ikke foretaget, men i driftsperioden på nu knapt 2 år har det pågældende forhold indtil videre ikke givet anledning til sikkerhedskritiske hændelser. Indtil baliserne er blevet omkodet, burde der etableres en hastighedsnedsættelse for alle køretøjer gældende ca. 20 m foran togvejens endepunkt. En sådan opsætning af standsignaler, der ikke understøttes af togkontrolanlægget (ATP), vurderes at ville give anledning til usikkerhed omkring det samlede systems virkemåde (standsignaler i kombination med ATP signaleret hastighed). Aarhus Letbane har derfor valgt ikke at opsætte de pågældende tavler, men at fremskynde omkodningen af de pågældende baliser, så denne planlægges udført senest, når disse anlægsbestemmelser træder i kraft.

12.10 Dækning af togveje – definition (afsnit 7.4.1)

De af ASAL leverede og godkendte sikringsanlæg har ikke medtaget ”endepunktsdækning” af sikkerhedsafstanden for togvejen, som det er krævet efter herværende bestemmelser.

Dette forhold tillades videreført indtil ombygning eller ændring af det eksisterende sikringsanlæg.

12.11 Nødopløsning (afsnit 7.5)

I det af ASAL leverede og godkendte anlæg er der defineret en nødopløsningstid på 36 sek. i samtlige sikringsanlæg for alle togveje.

> Aarhus Letbane har valgt at anvende anerkendt praksis fra Banedanmarks [SODB] for nødopløsningstid for togveje til og fra stationer, som beskrevet i afsnit 7.5, idet beregninger har vist, at på enkelte stationer er de 36 sek. ikke fuldt dækkende efter disse regler.

Forholdet tillades videreført, indtil der sker ændringer i det pågældende sikringsanlægs software.

Aarhus Depot udgør et særligt tilfælde, da det ikke har et udkørselssignal i det gennemgående spor mellem Odder og Aarhus, og der tillige er langt fra hovedsignalet for indkørsel til sidste sporskifte i udkørselsenden (køreretning Odder mod Aarhus). Her vil toget befinde sig på sidste sporskiftes togdetekteringsafsnit, når de 36 sek. udløber.

En foreløbig risikovurdering af den fastsatte tid (36 sek.) viser at, der ikke er synes at være en signifikant fare for, at forholdet vil kunne medføre en afsporing, idet letbanetoget ved passage af stopvisende signal vil blive nødbremset af ATP systemet og dermed blive standset på en afstand, der er væsentlig kortere end den, som ligges til grund for beregningen af disse bestemmelsers nødopløsningstider. Øvrige tog og arbejdskøretøjer som ikke har virksom ATP, vil som følge af den instruktorisk fastsatte lave hastighed, på hhv. 30 km/t og 20 km/t, også være bragt til standsning, før en afsporing i et efterfølgende sporskifte (som følge af nødopløsningen af indstillet togvej) vil kunne forekomme.

Skulle letbanekøretøjet/arbejdskøretøjet mod forventning være nået frem i sporskiftet, vil det togdetekteringsafsnit, som dækker sporskiftet, sikrer, at sporskiftet ikke omstilles og dermed kan føre til afsporing.

For at imødegå dette, inden nødopløsningstiden kan blive ændret, har Aarhus Letbane angivet regler jf. [TSF], der ikke tillader trafikoperatøren, at foretage nødopløsning, før der er skaffet sikkerhed for at letbanemateriel eller arbejdskøretøj i den togvej, der ønskes nødopløst, er bragt til standsning.

Såfremt nødopløsningen finder sted straks efter, at et kør-visende hovedsignal for indkørsel er passeret, er situationen anderledes. På de traditionelle krydsningsstationer på Odderbanen og Grenaabanen, vil de 36 sek. ikke medfører sikkerhedsmæssige hændelser. Men på stationer med et større sporlayout (Aarhus Depot og Lystrup) vil de 36 sek. ikke være tilstrækkelig tid til, at et tog uden virksom ATP eller arbejdskøretøj vil kunne forventes at være fri for såvel medgående som modgående sporskifter. Nødopløsningstiden vil pga. togvejenes længde på de to stationer derfor skulle forøges, for således at undgå hasard for evt. afsporing og/eller flankekollision.

13 Udvendig betjening

13.1 Stationer

På stationer skal der være mulighed for betjening fra betjeningspanel placeret i et udvendigt betjeningsskab.

Fra betjeningspanelet skal der være mulighed for:
- At omstille centralbetjente sporskifter.
- At indstille togveje til og fra stationen.
- At nødopløse togveje.

På hovedsignaler kan være monteret et aflåseligt betjeningspanel, hvorfra det er muligt:
- At indstille togvej(e) fra signalet.
- At nødopløse en indstillet togvej.

Udvendige betjeningsskabe og -paneler skal være aflåst, når de ikke benyttes.

Det skal vises for trafikoperatøren i OCC og på den lokale betjeningspult (LATS), når der sker en betjening fra disse betjeningsskabe/betjeningspanel.

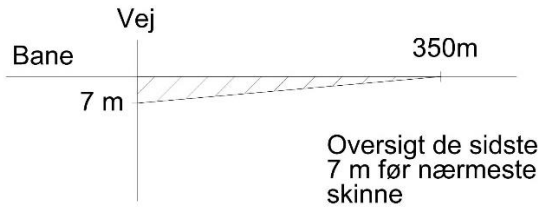
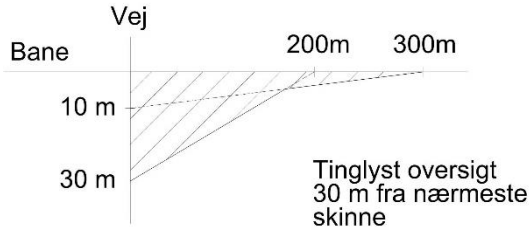
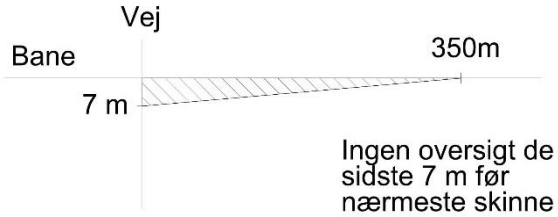
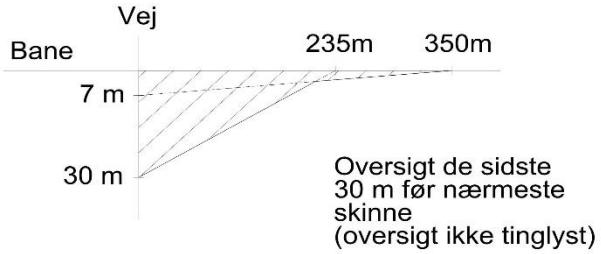
14 Referenceliste

Generelt gælder, at dokumenter der administreres af Aarhus Letbane I/S er det altid seneste/gældende version der henvises til. Alle dokumenter benævnt ASAL-ASTS er udarbejdet af ASAL-konsortiet i forbindelse med etableringen af Aarhus Letbane og findes i Aarhus Letbanes arkiv. For øvrige dokumenter er der angivet udgiver og version.

- [SLS] Aarhus Letbane, sikkerhedsledelsessystem
- [TSF] Aarhus Letbane, Trafikale Sikkerheds Forskrifter
- [SIT] Aarhus Letbane, Sikkerhedsinstrukser
- [ANLOVK] Aarhus Letbane, Anlægsbestemmelser for automatisk sikrede overkørsler
- [CSM RA] Den fælles sikkerhedsmetode til risikoevaluering og –vurdering, Kommissionens gennemførelsesforordning (EU) 2015/1136 af 13. juli 2015 om ændring af gennemførelsesforordning (EU) nr. 402/2013 om den fælles sikkerheds-metode til risikoevaluering og –vurdering.
- [VEJ93] "Regler for sikring af jernbaneoverkørsel åben for almindelig færdsel" foreløbig udgave fra 1993 håndrettet i 1996, udarbejdet af Vejdirektoratet.
- [MoM 2423] mødereferat; "CR-0147 – Signalling Technical meeting_01", 7.,8. og 10. marts 2018, ASAL mødereferat (findes i Aarhus Letbane arkiv).
- [LBN1-18] Letbanenorm "Opmåling af genstande indenfor profilgrænserne samt aflevering af data ", Aarhus Letbane
- [LBN1-95] Letbanenorm "Sporstoppere", Aarhus Letbane.
- [LBN1-166] Letbanenorm "Fritrumsprofiler", Aarhus Letbane.
- [LBN1-402] Letbanenorm LBN1-402 ”Traceringsregler”, Aarhus Letbane.
- [ATP-SYSDEF] ASAL-ASTS-32-99029 ATP- system definition (ver.05.00)
- [ATP-SAFEBRAKE] ASAL-ASTS-32-96070 VEHICLE ATP SAFE BRAKING DIST MODEL (ver. 02.00)
- [ASAL-ATP_WAYSIDE] ASAL-ASTS-32-99003_Wayside_ATP_Design_Criteria_Markers (Ver. 05.00)
- [ASAL-IXL_DESIGN] ASAL-ASTS-32-97195_ Wayside_IXL_Control_Line_Design_Criteria (Ver. 01.00)
- [ATP-TSR] ASAL-ASTS-32-99119_Wayside_ATP_TSR_Management (Ver. 03.00)
- [TBST] Blanket til indberetning af ulykker (fandtes pr. 1. nov. 2019 på dette link: https://www.trafikstyrelsen.dk/~/media/Dokumenter/07%20Jernbane/01%20Indberetninger%20og%20rapportering/Indberetninger%20af%20ulykker%20paa%20letbaneomraadet/Blanket%20til%20brug%20ved%20indberetning%20af%20data%20vedrørende%20ulykker%20på%20letbaneområdet.pdf)
- [RefWSjuni2019] Referat af "Risikovurdering – Trafikale anlægsbestemmelser for Eget Tracé", Aarhus letbane I/S, Version 0.3, 24/7-2019.
- [RefWSOktober2019] Referat af "Risikovurdering – Trafikale anlægsbestemmelser for Eget Tracé", Aarhus letbane I/S, Version 0.3, 03/10-2019.
- [SODB] Sikringsanlæggene og deres betjening – Anlægsbestemmelser, 10. oktober 2013, Udgivet af Banedanmark.
- [DIN6163] Norm: "Colours and colour limits for signal lights in railway traffic and in local public transport" DIN 6163:2015-01, udgivet af Deutsches Institut für Normung.

Bilag A: Overkørsler sikret med afmærkning eller tinglyst oversigt

Gælder kun for strækninger med maksimal hastighed på 75 km/t

	Banevendt	Vejvendt
	Ga2	A74 B11 UA72
	Ga2	A74 B11 UA72
	Ga1	A74 B13 UA72
	Ga2	A74 B11 UA72

Tabel 9: [VEJ93].

A74: Krydsmærke for jernbaneoverkørsler (normalt A74,1 da alle overkørsler alene sikret med afmærkning alle er enkeltsporet på Aarhus Letbanes -infrastruktur).
B11: Ubetinget vigepligt

B13: Stop
UA72: Se efter tog
Ga1: Giv agt
Ga2: Giv agt i usigtbart vejr.

Bilag B - ATP Forced brake curve [ATP-SAFEBRAKE]

SPEED (Km/h)

	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
103	930	916	902	889	876	863	851	839	828	817	806	796	786	776	767	741	733	725	718	711	704	697	690	683	676	670	664	658	652	646	640	634	629	623	618	613
102	914	900	887	874	861	849	837	826	815	804	793	783	773	763	754	729	721	714	706	699	692	685	678	672	665	659	653	647	641	635	630	624	619	613	608	603
101	899	886	872	859	847	835	823	812	801	790	780	770	760	751	741	717	709	702	695	688	681	674	667	661	654	648	642	636	631	625	619	614	608	603	598	593
100	885	872	859	846	834	822	811	799	789	778	768	758	749	739	730	706	698	691	684	677	670	664	657	651	645	639	633	627	621	615	610	605	599	594	589	584
99	870	857	844	832	820	808	797	786	775	765	755	745	736	727	718	694	687	680	673	666	659	653	646	640	634	628	622	616	611	605	600	595	589	584	579	574
98	855	842	830	818	806	794	783	773	762	752	742	733	723	714	706	682	675	668	661	654	648	641	635	629	623	617	611	606	600	595	590	585	579	574	570	565
97	841	828	816	804	792	781	770	759	749	739	730	720	711	702	694	671	664	657	650	643	637	631	624	618	612	607	601	596	590	585	580	575	570	565	560	555
96	826	814	801	790	778	767	757	746	736	726	717	708	699	690	682	659	652	645	639	632	626	620	614	608	602	596	591	585	580	575	570	565	560	555	550	546
95	812	799	787	776	765	754	743	733	723	714	704	695	687	678	670	648	641	634	628	621	615	609	603	597	592	586	581	575	570	565	560	555	550	545	541	536
94	798	786	775	763	752	742	731	721	712	702	693	684	676	667	659	637	631	624	618	611	605	599	593	588	582	577	571	566	561	556	551	546	542	537	532	528
93	784	772	761	750	739	728	718	708	699	690	681	672	664	655	647	626	619	613	607	601	595	589	583	577	572	567	561	556	551	546	541	537	532	527	523	519
92	770	758	747	736	726	715	705	696	686	677	669	660	652	644	636	615	608	602	596	590	584	578	573	567	562	556	551	546	541	536	532	527	523	518	514	509
91	756	745	734	723	712	702	693	683	674	665	656	648	640	632	624	604	597	591	585	579	573	568	562	557	552	546	541	536	532	527	522	518	513	509	504	500
90	742	731	720	710	699	690	680	671	662	653	645	636	628	620	613	593	586	580	574	569	563	557	552	547	542	536	532	527	522	517	513	508	504	500	495	491
89	729	717	707	696	687	677	667	658	650	641	633	625	617	609	602	582	576	570	564	558	553	547	542	537	532	527	522	517	512	508	503	499	495	490	486	482
88	715	704	694	684	674	664	655	646	637	629	621	613	605	598	590	571	565	559	553	548	542	537	532	527	522	517	512	507	503	498	494	490	485	481	477	473
87	702	692	682	672	662	653	644	635	626	618	610	602	595	587	580	561	555	550	544	539	533	528	523	518	513	508	504	499	494	490	486	482	477	473	469	465
86	689	679	669	659	649	640	631	623	615	606	599	591	584	576	569	551	545	539	534	528	523	518	513	508	503	499	494	490	485	481	477	472	468	464	461	457
85	676	666	656	646	637	628	619	611	603	595	587	580	572	565	558	540	534	529	524	518	513	508	503	498	494	489	485	480	476	472	468	463	460	456	452	448
84	663	653	643	634	625	616	607	599	591	583	576	568	561	554	548	530	524	519	513	508	503	498	494	489	484	480	475	471	467	463	459	455	451	447	443	439
83	650	640	630	621	612	604	595	587	580	572	565	557	550	544	537	519	514	509	503	498	493	489	484	479	475	470	466	462	458	454	450	446	442	438	435	431
82	637	627	618	609	600	592	584	576	568	561	553	546	539	533	526	509	504	499	494	489	484	479	474	470	465	461	457	453	449	445	441	437	433	430	426	422
81	624	615	606	597	588	580	572	564	557	549	542	535	529	522	516	499	494	489	484	479	474	469	465	461	456	452	448	444	440	436	432	428	425	421	418	414
80	612	603	594	586	577	569	561	554	546	539	532	526	519	513	506	490	485	480	475	470	466	461	457	452	448	444	440	436	432	428	424	421	417	414	410	407
79	600	591	582	574	566	558	550	543	535	528	522	515	508	502	496	480	475	470	465	461	456	452	447	443	439	435	431	427	423	419	416	412	409	405	402	399
78	588	579	570	562	554	546	539	531	524	517	511	504	498	492	486	470	465	460	456	451	447	442	438	434	430	426	422	418	415	411	407	404	400	397	394	390
77	575	567	558	550	542	535	527	520	513	507	500	494	488	482	476	460	456	451	446	442	438	433	429	425	421	417	413	410	406	402	399	395	392	389	386	382
76	563	555	546	539	531	523	516	509	503	496	490	483	477	472	466	451	446	441	437	433	428	424	420	416	412	408	405	401	397	394	391	387	384	381	377	374
75	551	543	535	527	520	512	505	498	492	485	479	473	467	462	456	441	436	432	428	423	419	415	411	407	403	400	396	393	389	386	382	379	376	373	369	366
74	539	531	523	516	508	501	494	488	481	475	469	463	457	452	446	432	427	423	418	414	410	406	402	399	395	391	388	384	381	377	374	371	368	365	362	359
73	528	520	513	505	498	491	485	478	472	466	460	454	448	443	437	423	419	415	410	406	402	398	395	391	387	384	380	377	373	370	367	364	361	358	355	352
72	517	509	502	494	487	481	474	468	461	455	450	444	438	433	428	414	410	405	401	397	393	390	386	382	379	375	372	369	365	362	359	356	353	350	347	344
71	505	498	490	483	476	470	463	457	451	445	440	434	429	423	418	405	401	396	392	389	385	381	377	374	370	367	364	360	357	354	351	348	345	342	339	337
70	494	486	479	472	466	459	453	447	441	435	430	424	419	414	409	396	391	388	384	380	376	372	369	365	362	359	355	352	349	346	343	340	337	334	332	329
69	482	475	468	462	455	449	443	437	431	425	420	415	409	404	400	387	383	379	375	371	368	364	361	357	354	351	347	344	341	338	335	332	330	327	324	322
68	471	464	457	451	444	438	432	427	421	415	410	405	400	395	390	378	374	370	366	363	359	356	352	349	346	342	339	336	333	330	328	325	322	319	317	314
67	461	454	448	441	435	429	423	418	412	407	402	396	392	387	382	370	366	362	359	355	352	348	345	342	339	335	332	329	327	324	321	318	316	313	310	308
66	450	444	437	431	425	419	413	408	402	397	392	387	382	378	373	361	357	354	350	347	343	340	337	334	331	328	325	322	319	316	313	311	308	306	303	301
65	439	433	427	421	415	409	403	398	393	388	383	378	373	369	364	352	349	345	342	338	335	332	329	326	323	320	317	314	311	309	306	303	301	298	296	293
64	429	422	416	410	404	399	393	388	383	378	373	369	364	360	355	344	340	337	334	330	327	324	321	318	315	312	309	306	304	301	299	296	294	291	289	286
63	418	412	406	400	395	389	384	379	374	369	364	360	355	351	347	335	332	329	325	322	319	316	313	310	307	304	302	299	296	294	291	289	286	284	282	279
62	408	402	396	390	385	379	374	369	364	360	355	351	346	342	338	327	324	320	317	314	311	308	305	302	300	297	294	292	289	286	284	282	279	277	275	272
61	397	392	386	380	375	370	365	360	355	351	346	342	338	333	330	319	316	312	309	306	303	300	298	295	292	289	287	284	282	279	277	275	272	270	268	266
60	388	382	377	372	366	361	356	352	347	343	338	334	330	326	322	312	309	305	302	299	297	294	291	288	286	283	280	278	276	273	271	268	266	264	262	260
59	378	373	367	362	357	352	347	343	338	334	329	325	321	317	314	304	301	298	295	292	289	286	283	281	278	276	273	271	268	266	264	262	259	257	255	253
58	368	363	357	352	347	343	338	334	329	325	321	317	313	309	305	296	293	290	287	284	281	279	276	273	271	268	266	264	261	259	257	255	253	251	248	246
57	358	353	348	343	338	333	329	325	320	316	312	308	305	301	297	288	285	282	279	276	274	271	269	266	264	261	259	257	254	252	250	248	246	244	242	240
56	349	343	338	334	329	324	320	316	312	308	304	300	296	293	289	280	277	274	272	269	266	264	261	259	257	254	252	250	248	245	243	241	239	237	235	233
55	339	334	329	324	320	316	311	307	303	299	295	292	288	285	281	272	270	267	264	262	259	257	254	252	250	247	245	243	241	239	237	235	233	231	229	227
54	330	325	320	315	311	307	303	299	295	291	287	284	280	277	273	265	262	259	257	254	252	249	247	245	243	240	238	236	234	232	230	228	226	224	223	221
53	321	316	312	307	303	299	295	291	287	284	280	277	273	270	267	258	256	253	251	248	246	243	241	239	237	235	232	230	228	226	225	223	221	219	217	215
52	312	307	303	299	294	290	286	283	279	275	272	269	265	262	259	251	248	246	243	241	239	236	234	232	230	228	226	224	222	220	218	216	214	213	211	209
51	303	298	294	290	286	282	278	274	271	267	264	261	258	255	252	243	241	239	236	234	232	230	227	225	223	221	219	217	215	214	212	210	208	207	205	203
50	294	290	285	281	277	274	270	266	263	259	256	253	250	247	244	236	234	232	229	227	225	223	221	219	217	215	213	211	209	207	205	204	202	200	199	197
49	285	281	277	273	269	265	262	258	255	252	248	245	242	240	237	229	227	225	222	220	218	216	214	212	210	208	206	205	203	201	199	198	196	194	193	191
48	276	272	268	264	261	257	254	250	247	244	241	238	235	232	229	222	220	218	216	213	211	209	207	205	204	202	200	198	197	195	193	192	190	188	187	185
47	269	265	261	257	254	250	247	244	240	237	234	231	229	226	223	216	214	212	210	208	206	204	202	200	198	196	195	193	191	190	188	187	185	184	182	181
46	260	256	253	249	246	242	239	236	233	230	227	224	221	219	216	209	207	205	203	201	199	197	196	194	192	190	189	187	185	184	182	181	179	178	176	175
45	252	248	244	241	238	234	231	228	225	222	220	217	214	212	209	203	201	199	197	195	193	191	189	188	186	184	183	181	179	178	176	175	173	172	171	169
44	243	240	236	233	230	227	224	221	218	215	212	210	207	205	202	196	194	192	190	188	187	185	183	181	180	178	177	175	173	172	171	169	168	166	165	164
43	235	232	228	225	222	219	216	213	211	208	205	203	200	198	196	189	187	186	184	182	180	179	177	175	174	172	171	169	168	166	165	163	162	161	159	158
42	227	224	221	218	215	212	209	206	203	201	198	196	193	191	189	183	181	179	178	176	174	172	171	169	168	166	165	163	162	161	159	158	157	155	154	153
41	219	216	213	210	207	204	202	199	196	194	191	189	187	184	182	177	175	173	171	170	168	166	165	163	162	160	159	158	156	155	154	152	151	150	149	147
40	213	209	206	204	201	198	195	193	190	188	186	183	181	179	177	171	170	168	166	165	163	162	160	159	157	156	154	153	152	150	149	148	147	146	144	143
39	205	202	199	196	194	191	188	186	183	181	179	177	175	172	170	165	163	162	160	159	157	156	154	153	151	150	149	148	146	145	144	143	141	140	139	138
38	197	194	192	189	186	184	181	179	177	174	172	170	168	166	164	159	157	156	154	153	151	150	149	147	146	145	143	142	141	140	138	137	136	135	134	133
37	190	187	184	182	179	177	175	172	170	168	166	164	162	160	158	153	151	150	149	147	146	144	143	142	140	139	138	137	136	134	133	132	131	130	129	128
36	183	180	177	175	172	170	168	166	164	161	159	157	156	154	152	147	146	144	143	141	140	139	137	136	135	134	133	131	130	129	128	127	126	125	124	123
35	175	173	170	168	166	163	161	159	157	155	153	151	149	148	146	141	140	138	137	136	135	133	132	131	130	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118
34	168	166	164	161	159	157	155	153	151	149	147	145	143	142	140	136	134	133	132	130	129	128	127	126	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113
33	163	160	158	156	153	151	149	147	146	144	142	140	138	137	135	131	130	128	127	126	125	124	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	110
32	156	153	151	149	147	145	143	141	139	138	136	134	133	131	130	125	124	123	122	121	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	108	107	106	105
31	149	147	145	143	141	139	137	135	133	132	130	128	127	125	124	120	119	118	117	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	105	104	103	102	101	100
30	142	140	138	136	135	133	131	129	128	126	124	123	121	120	118	115	114	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	102	101	100	99	98	97	97	96
29	136	134	132	130	128	127	125	123	122	120	119	117	116	114	113	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100	100	99	98	97	96	95	94	94	93	92	91
28	130	128	126	124	122	121	119	118	116	115	113	112	110	109	108	104	103	102	101	100	99	98	97	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	89	88	87
27	123	122	120	118	117	115	113	112	110	109	108	106	105	104	103	99	98	97	96	95	94	94	93	92	91	90	89	89	88	87	86	86	85	84	84	83
26	118	117	115	113	112	110	109	107	106	105	103	102	101	100	98	95	94	93	93	92	91	90	89	88	87	87	86	85	84	84	83	82	82	81	80	80
25	112	111	109	108	106	105	103	102	101	99	98	97	96	95	93	90	90	89	88	87	86	85	84	84	83	82	81	81	80	79	79	78	77	77	76	76
24	107	105	103	102	101	99	98	97	95	94	93	92	91	90	89	86	85	84	83	82	82	81	80	79	79	78	77	76	76	75	75	74	73	73	72	72
23	101	99	98	97	95	94	93	91	90	89	88	87	86	85	84	81	80	79	79	78	77	76	76	75	74	74	73	72	72	71	70	70	69	69	68	68
22	95	94	92	91	90	89	87	86	85	84	83	82	81	80	79	76	76	75	74	73	73	72	71	71	70	69	69	68	68	67	66	66	65	65	64	64
21	90	88	87	86	85	84	82	81	80	79	78	77	76	75	74	72	71	71	70	69	68	68	67	66	66	65	65	64	64	63	62	62	61	61	60	60
20	85	84	83	82	81	80	78	77	76	75	74	73	73	72	71	69	68	67	67	66	65	65	64	63	63	62	62	61	61	60	60	59	59	58	58	57
19	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	64	64	63	62	62	61	61	60	59	59	58	58	57	57	56	56	55	55	54	54	53
18	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	64	63	62	60	59	59	58	58	57	57	56	55	55	54	54	53	53	53	52	52	51	51	50	50
17	70	69	68	67	66	65	64	63	63	62	61	60	59	59	58	56	55	55	54	54	53	53	52	52	51	51	50	50	49	49	48	48	48	47	47	46
16	65	64	63	62	61	61	60	59	58	57	57	56	55	54	54	52	51	51	50	50	49	49	48	48	47	47	47	46	46	45	45	44	44	44	43	43
15	60	60	59	58	57	56	55	55	54	53	52	52	51	50	50	48	48	47	47	46	46	45	45	44	44	43	43	43	42	42	41	41	41	40	40	40
14	56	55	54	53	53	52	51	50	50	49	48	48	47	46	46	44	44	43	43	42	42	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	36
13	52	52	51	50	49	49	48	47	47	46	45	45	44	44	43	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	37	37	37	36	36	36	35	35	35	34	34
12	48	47	46	46	45	44	44	43	43	42	41	41	40	40	39	38	37	37	37	36	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	32	32	32	32	31	31
11	44	43	42	42	41	40	40	39	39	38	38	37	37	36	36	34	34	34	33	33	32	32	32	31	31	31	31	30	30	30	29	29	29	29	28	28
10	40	39	38	38	37	37	36	35	35	34	34	33	33	33	32	31	31	30	30	30	29	29	29	28	28	28	27	27	27	27	26	26	26	25	25	25
9	36	35	34	34	33	33	32	32	31	31	30	30	29	29	29	28	27	27	27	26	26	26	25	25	25	25	24	24	24	24	23	23	23	23	22	22
8	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	26	25	24	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20	19
7	28	27	27	26	26	26	25	25	24	24	23	23	23	22	22	21	21	21	20	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17
6	25	25	24	24	23	23	23	22	22	22	21	21	21	20	20	19	19	19	18	18	18	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	15	15	15	15
5	22	21	21	20	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	12	12
4	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10
3	15	15	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	7	7
2	12	12	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
1	9	9	8	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
103	609	605	601	597	594	590	586	583	579	576	572	569	566	563	559	556	553	550	547	544	541	538	536	533	530	527	525	522	519	517	514	512	509	507	505
102	599	595	591	588	584	580	577	573	570	566	563	560	557	553	550	547	544	541	538	535	533	530	527	524	522	519	516	514	511	509	506	504	501	499	497
101	589	585	582	578	574	571	567	564	561	557	554	551	548	544	541	538	535	532	530	527	524	521	518	516	513	511	508	505	503	500	498	496	493	491	489
100	580	577	573	569	566	562	559	556	552	549	546	543	540	537	534	531	528	525	522	519	516	514	511	508	506	503	501	498	496	493	491	489	486	484	482
99	571	567	564	560	557	553	550	546	543	540	537	534	531	528	525	522	519	516	513	511	508	505	503	500	497	495	492	490	488	485	483	481	478	476	474
98	561	558	554	551	547	544	541	537	534	531	528	525	522	519	516	513	510	508	505	502	499	497	494	492	489	487	484	482	480	477	475	473	470	468	466
97	552	548	545	541	538	535	531	528	525	522	519	516	513	510	507	505	502	499	496	494	491	489	486	484	481	479	476	474	472	469	467	465	463	461	458
96	542	539	535	532	529	526	522	519	516	513	510	507	504	502	499	496	493	491	488	485	483	480	478	475	473	471	468	466	464	461	459	457	455	453	451
95	533	529	526	523	520	516	513	510	507	504	501	499	496	493	490	487	485	482	480	477	475	472	470	467	465	463	460	458	456	454	451	449	447	445	443
94	525	521	518	515	512	508	505	502	499	497	494	491	488	485	483	480	477	475	472	470	467	465	463	460	458	456	453	451	449	447	445	443	441	439	437
93	515	512	509	506	503	500	497	494	491	488	485	482	480	477	474	472	469	467	464	462	459	457	455	452	450	448	446	443	441	439	437	435	433	431	429
92	506	503	500	497	494	491	488	485	482	479	477	474	471	469	466	463	461	458	456	454	451	449	447	444	442	440	438	436	434	432	430	427	426	424	422
91	497	494	491	488	485	482	479	476	473	471	468	465	463	460	458	455	453	450	448	446	443	441	439	437	434	432	430	428	426	424	422	420	418	416	414
90	488	485	482	479	476	473	470	468	465	462	460	457	454	452	450	447	445	442	440	438	435	433	431	429	427	425	423	420	418	416	414	413	411	409	407
89	479	476	473	470	467	465	462	459	457	454	451	449	446	444	441	439	437	434	432	430	428	425	423	421	419	417	415	413	411	409	407	405	403	401	400
88	470	467	464	462	459	456	453	451	448	446	443	441	438	436	433	431	429	426	424	422	420	418	416	413	411	409	407	405	404	402	400	398	396	394	392
87	463	460	457	454	451	449	446	443	441	438	436	433	431	429	426	424	422	420	417	415	413	411	409	407	405	403	401	399	397	395	393	392	390	388	386
86	454	451	448	446	443	440	438	435	433	430	428	425	423	421	418	416	414	412	410	407	405	403	401	399	397	395	394	392	390	388	386	384	383	381	379
85	445	442	440	437	434	432	429	427	424	422	420	417	415	413	411	408	406	404	402	400	398	396	394	392	390	388	386	384	383	381	379	377	376	374	372
84	437	434	431	429	426	424	421	419	416	414	412	409	407	405	403	401	398	396	394	392	390	388	386	385	383	381	379	377	375	374	372	370	369	367	365
83	428	426	423	420	418	415	413	411	408	406	404	401	399	397	395	393	391	389	387	385	383	381	379	377	375	374	372	370	368	367	365	363	362	360	358
82	420	417	415	412	410	407	405	403	400	398	396	394	392	389	387	385	383	381	379	377	375	374	372	370	368	366	365	363	361	359	358	356	355	353	351
81	412	409	407	404	402	399	397	395	392	390	388	386	384	382	380	378	376	374	372	370	368	366	364	363	361	359	357	356	354	353	351	349	348	346	345
80	404	402	399	397	395	392	390	388	386	384	381	379	377	375	373	371	369	367	366	364	362	360	358	357	355	353	351	350	348	347	345	343	342	340	339
79	396	394	391	389	387	384	382	380	378	376	374	372	370	368	366	364	362	360	358	356	355	353	351	349	348	346	345	343	341	340	338	337	335	334	332
78	388	386	383	381	379	377	374	372	370	368	366	364	362	360	358	356	355	353	351	349	348	346	344	342	341	339	338	336	334	333	331	330	328	327	326
77	380	378	375	373	371	369	367	365	363	361	359	357	355	353	351	349	347	346	344	342	340	339	337	336	334	332	331	329	328	326	325	323	322	320	319
76	372	370	368	365	363	361	359	357	355	353	351	349	347	346	344	342	340	338	337	335	333	332	330	329	327	326	324	322	321	320	318	317	315	314	313
75	364	362	360	358	356	354	352	350	348	346	344	342	340	338	337	335	333	331	330	328	327	325	323	322	320	319	317	316	314	313	312	310	309	307	306
74	356	354	352	350	348	346	344	342	340	338	337	335	333	331	329	328	326	324	323	321	320	318	317	315	314	312	311	309	308	306	305	304	302	301	300
73	350	348	346	344	342	340	338	336	334	332	330	329	327	325	323	322	320	319	317	315	314	312	311	309	308	306	305	304	302	301	300	298	297	296	294
72	342	340	338	336	334	332	330	329	327	325	323	321	320	318	316	315	313	312	310	309	307	306	304	303	301	300	298	297	296	294	293	292	291	289	288
71	334	333	331	329	327	325	323	321	320	318	316	314	313	311	310	308	306	305	303	302	300	299	298	296	295	293	292	291	289	288	287	286	284	283	282
70	327	325	323	321	319	318	316	314	312	311	309	307	306	304	303	301	300	298	297	295	294	292	291	290	288	287	286	284	283	282	281	279	278	277	276
69	320	318	316	314	312	310	309	307	305	304	302	301	299	297	296	294	293	291	290	289	287	286	284	283	282	281	279	278	277	276	274	273	272	271	270
68	312	310	309	307	305	303	302	300	298	297	295	294	292	291	289	288	286	285	283	282	281	279	278	277	275	274	273	272	271	269	268	267	266	265	264
67	306	304	302	301	299	297	296	294	293	291	289	288	286	285	283	282	281	279	278	277	275	274	273	271	270	269	268	267	265	264	263	262	261	260	259
66	299	297	295	294	292	290	289	287	286	284	283	281	280	278	277	276	274	273	272	270	269	268	266	265	264	263	262	260	259	258	257	256	255	254	253
65	292	290	288	287	285	284	282	280	279	277	276	275	273	272	270	269	268	266	265	264	263	261	260	259	258	257	255	254	253	252	251	250	249	248	247
64	285	283	281	280	278	277	275	274	272	271	269	268	267	265	264	263	261	260	259	258	256	255	254	253	252	251	249	248	247	246	245	244	243	242	241
63	278	276	275	273	271	270	269	267	266	264	263	262	260	259	258	256	255	254	253	251	250	249	248	247	246	245	243	242	241	240	239	238	237	236	235
62	271	269	268	266	265	263	262	260	259	258	256	255	254	253	251	250	249	248	246	245	244	243	242	241	240	239	238	237	235	234	233	233	232	231	230
61	264	263	261	260	258	257	255	254	253	251	250	249	247	246	245	244	243	241	240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225	224
60	258	257	255	254	253	251	250	249	247	246	245	243	242	241	240	239	238	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219
59	252	250	249	247	246	245	243	242	241	240	238	237	236	235	234	233	231	230	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	217	216	215	214
58	245	244	242	241	240	238	237	236	235	233	232	231	230	229	228	227	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	216	215	214	213	212	211	210	209	208
57	239	237	236	235	233	232	231	230	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	206	205	204	203
56	232	231	230	228	227	226	225	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	203	202	201	200	199	199	198
55	226	225	223	222	221	220	219	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201	201	200	199	198	197	196	196	195	194	193	192
54	219	218	217	216	215	214	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201	200	199	199	198	197	196	195	194	193	193	192	191	190	189	189	188	187
53	214	213	212	211	210	209	208	206	205	204	203	202	201	200	199	199	198	197	196	195	194	193	192	192	191	190	189	188	188	187	186	185	185	184	183
52	208	207	206	205	204	203	202	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190	189	189	188	187	186	185	185	184	183	182	182	181	180	179	179	178
51	202	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190	189	188	187	187	186	185	184	183	182	182	181	180	179	179	178	177	176	176	175	174	174	173
50	196	195	194	193	192	191	190	189	188	187	186	185	184	184	183	182	181	180	179	179	178	177	176	176	175	174	173	173	172	171	171	170	169	169	168
49	190	189	188	187	186	185	184	183	182	182	181	180	179	178	177	176	176	175	174	173	173	172	171	170	170	169	168	168	167	166	166	165	164	164	163
48	184	183	182	181	181	180	179	178	177	176	175	174	174	173	172	171	170	170	169	168	167	167	166	165	165	164	163	163	162	161	161	160	159	159	158
47	180	179	178	177	176	175	174	173	172	172	171	170	169	168	168	167	166	165	165	164	163	163	162	161	161	160	159	159	158	157	157	156	156	155	154
46	174	173	172	171	170	170	169	168	167	166	165	165	164	163	162	162	161	160	160	159	158	157	157	156	156	155	154	154	153	152	152	151	151	150	150
45	168	167	167	166	165	164	163	162	162	161	160	159	159	158	157	157	156	155	154	154	153	152	152	151	151	150	149	149	148	148	147	147	146	145	145
44	163	162	161	160	160	159	158	157	156	156	155	154	154	153	152	151	151	150	149	149	148	148	147	146	146	145	145	144	143	143	142	142	141	141	140
43	157	157	156	155	154	153	153	152	151	150	150	149	148	148	147	146	146	145	145	144	143	143	142	142	141	140	140	139	139	138	138	137	137	136	136
42	152	151	150	150	149	148	147	147	146	145	145	144	143	143	142	141	141	140	140	139	138	138	137	137	136	136	135	135	134	134	133	133	132	132	131
41	147	146	145	144	144	143	142	142	141	140	140	139	138	138	137	137	136	135	135	134	134	133	133	132	132	131	131	130	130	129	129	128	128	127	127
40	143	142	141	140	140	139	138	138	137	136	136	135	135	134	133	133	132	132	131	131	130	130	129	128	128	127	127	127	126	126	125	125	124	124	123
39	137	137	136	135	135	134	133	133	132	132	131	130	130	129	129	128	128	127	126	126	125	125	124	124	123	123	122	122	122	121	121	120	120	119	119
38	132	132	131	130	130	129	128	128	127	127	126	126	125	124	124	123	123	122	122	121	121	120	120	119	119	119	118	118	117	117	116	116	115	115	115
37	127	127	126	125	125	124	124	123	122	122	121	121	120	120	119	119	118	118	117	117	116	116	115	115	115	114	114	113	113	112	112	112	111	111	110
36	122	122	121	121	120	119	119	118	118	117	117	116	116	115	115	114	114	113	113	112	112	111	111	111	110	110	109	109	109	108	108	107	107	107	106
35	118	117	116	116	115	115	114	114	113	113	112	112	111	111	110	110	109	109	108	108	108	107	107	106	106	106	105	105	104	104	104	103	103	103	102
34	113	112	112	111	111	110	110	109	109	108	108	107	107	106	106	105	105	104	104	104	103	103	102	102	102	101	101	101	100	100	99	99	99	98	98
33	109	109	108	108	107	107	106	106	105	105	104	104	103	103	102	102	102	101	101	100	100	100	99	99	99	98	98	97	97	97	96	96	96	95	95
32	104	104	103	103	102	102	102	101	101	100	100	99	99	99	98	98	97	97	97	96	96	95	95	95	94	94	94	93	93	93	92	92	92	91	91
31	100	99	99	98	98	98	97	97	96	96	95	95	95	94	94	94	93	93	92	92	92	91	91	91	90	90	90	89	89	89	88	88	88	88	87
30	95	95	95	94	94	93	93	92	92	92	91	91	90	90	90	89	89	89	88	88	88	87	87	87	86	86	86	85	85	85	85	84	84	84	83
29	91	91	90	90	89	89	89	88	88	87	87	87	86	86	86	85	85	85	84	84	84	83	83	83	82	82	82	82	81	81	81	81	80	80	80
28	87	86	86	86	85	85	84	84	84	83	83	83	82	82	82	81	81	81	80	80	80	79	79	79	79	78	78	78	78	77	77	77	77	76	76
27	82	82	82	81	81	81	80	80	80	79	79	79	78	78	78	77	77	77	76	76	76	76	75	75	75	75	74	74	74	74	73	73	73	73	72
26	79	79	79	78	78	78	77	77	77	76	76	76	75	75	75	74	74	74	74	73	73	73	73	72	72	72	72	71	71	71	71	70	70	70	70
25	75	75	75	74	74	74	73	73	73	72	72	72	72	71	71	71	70	70	70	70	69	69	69	69	68	68	68	68	68	67	67	67	67	66	66
24	71	71	71	70	70	70	69	69	69	69	68	68	68	67	67	67	67	66	66	66	66	66	65	65	65	65	64	64	64	64	64	63	63	63	63
23	67	67	67	66	66	66	66	65	65	65	65	64	64	64	64	63	63	63	63	62	62	62	62	62	61	61	61	61	60	60	60	60	60	60	59
22	63	63	63	63	62	62	62	62	61	61	61	61	60	60	60	60	59	59	59	59	59	58	58	58	58	58	57	57	57	57	57	57	56	56	56
21	60	59	59	59	59	58	58	58	58	57	57	57	57	57	56	56	56	56	56	55	55	55	55	55	54	54	54	54	54	54	53	53	53	53	53
20	57	57	56	56	56	56	56	55	55	55	55	54	54	54	54	54	53	53	53	53	53	53	52	52	52	52	52	52	51	51	51	51	51	51	50
19	53	53	53	53	52	52	52	52	52	51	51	51	51	51	50	50	50	50	50	50	49	49	49	49	49	49	48	48	48	48	48	48	48	47	47
18	50	49	49	49	49	49	49	48	48	48	48	48	47	47	47	47	47	47	46	46	46	46	46	46	46	45	45	45	45	45	45	45	44	44	44
17	46	46	46	46	45	45	45	45	45	44	44	44	44	44	44	43	43	43	43	43	43	43	43	42	42	42	42	42	42	42	42	41	41	41	41
16	43	43	42	42	42	42	42	42	41	41	41	41	41	41	41	40	40	40	40	40	40	40	40	39	39	39	39	39	39	39	39	38	38	38	38
15	39	39	39	39	39	39	38	38	38	38	38	38	38	38	37	37	37	37	37	37	37	37	36	36	36	36	36	36	36	36	36	35	35	35	35
14	36	36	36	36	35	35	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	32	32	32
13	34	34	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	32	32	32	32	32	32	32	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	30
12	31	31	31	31	31	31	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	28	28	28	28	28	28	28
11	28	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	22	22	22
9	22	22	22	22	22	22	22	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
8	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17
7	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13
5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
4	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0