1 HENSIKT OG OMFANG 2
1.1 Definisjoner 2
1.1.1 Enkel sporveksel 2
1.1.2 Kurveveksel 3
1.1.3 Usymmetrisk dobbeltveksel 4
1.1.4 Enkle og doble kryssveksler 4
1.1.5 Sporkryss 5
1.1.6 Stigning 5
1.1.7 Radius, R 5
1.1.8 Teoretisk kryss 5
1.1.9 Tungeanordninger 5
1.1.10 Byggelengde 6
2 VALG AV SPORVEKSELTYPE 7
2.1 Hovedtype 7
2.2 Geometri 7
3 Konstruksjon 8
3.1 Skinneprofil 8
3.2 Svilletype 8
3.3 Skinnekryss 8
3.4 Tungekonstruksjon 8
3.5 Ledeskinner 8
3.6 Glideplater 9
3.7 Befestigelse 9
4 SKINNEKVALITETER 10
5 HOVEDMÅL 11
6 KURVEVEKSLER 14
6.1 Benevnelser 14
6.2 Beregningsgrunnlag 15
6.2.1 Utgangsmål 15
6.2.2 Beregning av kurveradius 16
6.2.3 Beregning av koordinater 17
6.3 Minste kurveradius for kurveveksler på betongsviller 18
7 OMSTILLING OG LÅSING 19
8 STØRSTE HASTIGHET I SPORVEKSLER 20
8.1 Geometri 20
8.2 Tungekonstruksjon 20
8.3 Kryssveksler 20
8.4 Tungelåsing 20
8.5 Sikring 20
9 Gjenbruk 21
10 NUMMERERING AV SPORVEKSLER 22

1 HENSIKT OG OMFANG

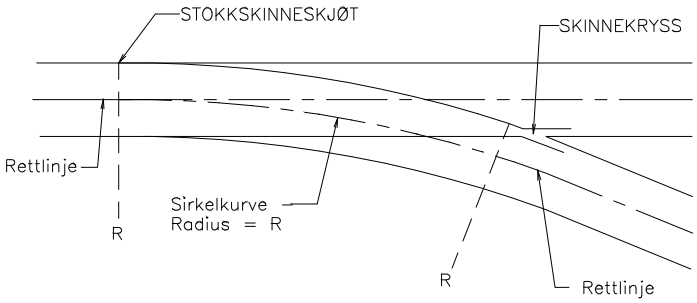
Kapitlet omhandler prosjektering av sporveksler med hensyn på valg av sporveksel-konstruksjon, definisjoner av sporvekseltyper og komponenter, hovedmål og beregnings-grunnlag for kurveveksler.

1.1 Definisjoner

1.1.1 Enkel sporveksel

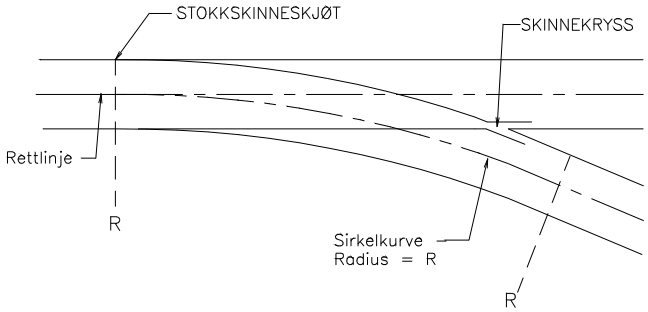
En enkel sporveksel består av et rett hovedspor og et krumt avvikespor. Avhengig av om det avvikende sporet sett fra tungespissen dreier til høyre eller venstre, benyttes betegnelsen høyre eller venstre sporveksel.

Enkel sporveksel med kort kurve
Avvikesporet danner en sirkelkurve som starter ved sporvekselens stokkskinneskjøt og slutter *foran* skinnekrysset, dvs. at skinnekrysset er rettlinjet i begge spor.



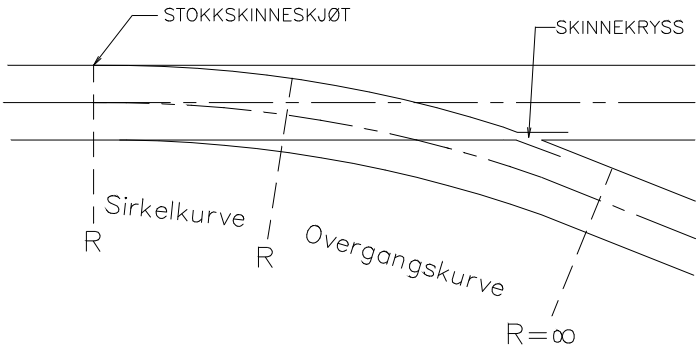
Figur 7.1 Enkel sporveksel med kort kurve

Enkel sporveksel med lang kurve
Avvikesporet danner en sirkelkurve som går *gjennom* skinnekrysset.



Figur 7.2 Enkel sporveksel med lang kurve

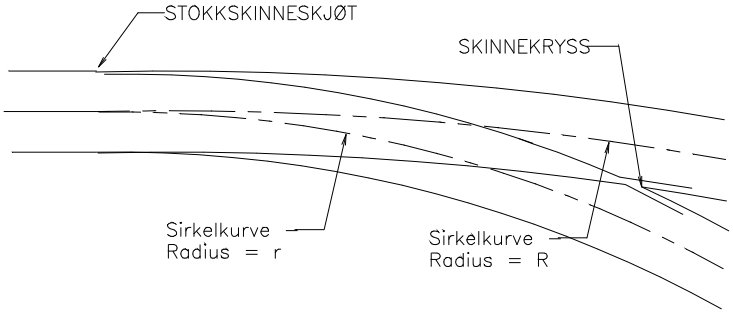
Klotoideveksel
Avvikesporet inneholder en overgangskurve (klotoide) som et av de sporgeometriske elementer.



Figur 7.3 Klotoideveksel

1.1.2 Kurveveksel

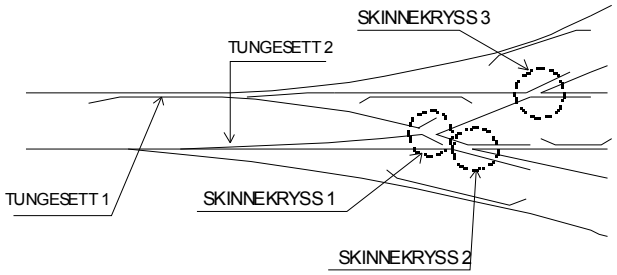
En kurveveksel er en enkel veksel med lang kurve som er krummet slik at både hovedspor og avvikespor danner en sirkelkurve.



Figur 7.4 Kurveveksel

1.1.3 Usymmetrisk dobbeltveksel

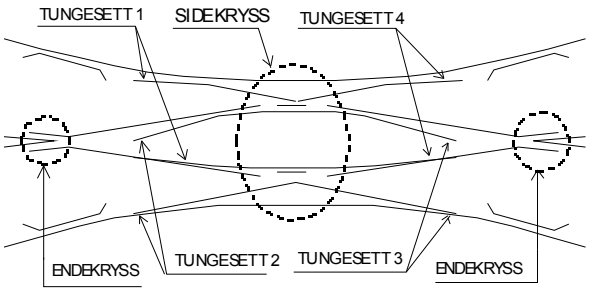
Skal to spor avvike til hver sin side av hovedsporet kreves normalt to enkle sporveksler etter hverandre. For å spare plass kan det benyttes en usymmetrisk dobbeltveksel som består av to enkle sporveksler hvor tungepartiene til de to vekslene er plassert rett etter hverandre. En usymmetrisk dobbeltveksel har tre skinnekryss og har samme radius i begge avvik.



Figur 7.5 Usymmetrisk dobbeltveksel

1.1.4 Enkle og doble kryssveksler

En kryssveksel er en sammensatt sporveksel som kan legges inn der to spor krysser hverandre. En enkel kryssveksel har mulighet for avvik til en side mens en dobbel kryssveksel har mulighet for avvik til begge sider. Kryssveksler har to endekryss og to sidekryss. Tungepartiene ligger vanligvis innenfor endekryssene.



Figur 7.6 Dobbel kryssveksel

1.1.5 Sporkryss

Et sporkryss er en konstruksjon som bygges inn der to spor skal krysse hverandre. En kryssveksel uten tungeanordninger er et sporkryss.

1.1.6 Stigning

Stigningsforholdet til en sporveksel er definert som tangens til vinkelen mellom senterlinjen i hovedsporet og tangenten til avvikesporets senterlinje ved sirkelbuens endepunkt. Stigningen angis vanligvis som en brøk; 1:n.

1.1.7 Radius, R

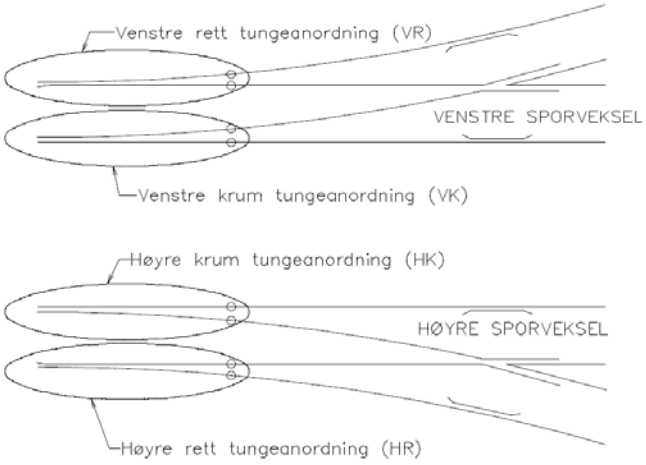
Angir radius til sirkelkurven som dannes av avvikesporet. Kurveveksler og usymmetriske dobbeltveksler angis med to radier, f.eks: H/V 1200/900.

1.1.8 Teoretisk kryss

Teoretisk kryss = TK er skjæringspunktet mellom tangentene til sporenes midtlinje.

1.1.9 Tungeanordninger

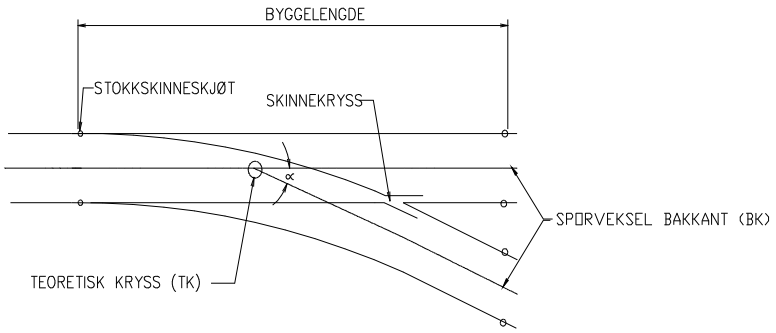
Figur 7.7 viser de 4 varianter av tungeanordninger i en enkel sporveksel, avhengig av om vekselen har avvik til venstre eller høyre, og om tungen er rett eller krum.



Figur 7.7 Angivelse av tungeanordninger

1.1.10 Byggelengde

Sporvekselens byggelengde er avstanden fra stokkskinneskjøt til skjøten i bakkant av skinnekrysset.



Figur 7.8 Byggelengde

2 VALG AV SPORVEKSELTYPE

Etter funksjonsmessige og økonomiske overveielser skal den sporveksel velges som i størst mulig grad tilfredsstiller følgende krav:

- maksimal anvendelighet
- minimal vedlikeholdskostnad

Vedlegg 7.b angir hvilke sporvekseltyper som skal anvendes ved JBV.

2.1 Hovedtype

Ved prosjektering av nyanlegg bør det velges enkle sporveksler i hovedspor. Usymmetriske dobbeltveksler og kryssveksler skal bare velges dersom det av plasshensyn ikke kan benyttes enkle veksler i sporanlegget.

Kryssveksler og usymmetriske dobbeltveksler i hovedspor bør erstattes med enkle sporveksler ved ombygging av sporanlegg.

2.2 Geometri

Sporvekselens stigning og radius i avvikesporet velges ut fra krav til hastighet i avvikespor, tilgjengelig plass og økonomiske betraktninger. Tillatt hastighet gjennom sporvekselen, avhengig av togvei, bestemmes ut fra regler gitt i avsnitt 9.

3 KONSTRUKSJON

3.1 Skinneprofil

Ved nyanlegg og sporombygging skal det velges sporveksler med samme skinneprofil som sporet forøvrig, dog ikke sporveksler med lettere skinner enn 54E3.

3.2 Svilletype

- For sporveksler med 60E1 skinneprofil benyttes betongsviller.
- For sporveksler med 54E3 skinneprofil benyttes betongsviller i sporveksler med grunnradius > 760 m.
- For øvrige 54E3 sporveksler kan det benyttes tre- eller betongsviller.

3.3 Skinnekryss

Ved nyanskaffelser skal det anvendes helstøpte skinnekryss i manganstål uten gjennomgående bolter.

Sporveksler med grunnradius 2500 m skal ha skinnekryss med bevegelig krysspiss eller vingeskinne. I spesielt støyutsatte områder kan det også anvendes denne type skinnekryss i sporveksler med mindre grunnradius.

3.4 Tungekonstruksjon

Ved nyanskaffelser velges sporveksler med fjærtunger. Sporveksler med leddtunger i hovedspor skal erstattes med sporveksler med fjærtunger.

60E1 sporveksler skal ha tungeprofil 60D
54E3 sporveksler skal ha tungeprofil ZU-54

Tillatt hastighet gjennom sporvekselen, avhengig av tungekonstruksjon, bestemmes ut fra regler gitt i avsnitt 8.

3.5 Ledeskinner

Sporveksler skal ha ledeskinne 20 mm over skinnetopp med unntak av sidekryssene i kryssveksler som skal ha ledeskinne 45 mm over skinnetopp. Det skal anvendes ledeskinneprofil UIC33 med IFAV braketter med fjærbøyle for innvendig feste av kjøreskinnene.

3.6 Glideplater

Ved nyanskaffelse skal det anvendes smørefrie glideplater.

3.7 Befestigelse

- 60E1 sporveksler skal ha Pandrol Fastclip/e-clip befestigelsessystem
- 54E3 sporveksler skal ha Pandrol e-clip befestigelsessystem

4 SKINNEKVALITETER

Sporvekselkomponenter er vesentlig mer utsatt for slitasje og utmatting enn skinner i sporet forøvrig. Dette stiller spesielle krav til skinnestålets mekaniske egenskaper i disse komponenter. Sporvekselkomponentene skal ha følgende skinnekvaliteter:

- skinnekryss: 12-14% manganstål (Hadfield)
- tunger: R350HT [1)]
- stokkskinner: R350HT [1)]
- mellomskinner: R350HT [1)] eller R260Mn [1)]
- ledeskinner: R350HT [1)] eller R320Cr [1)]

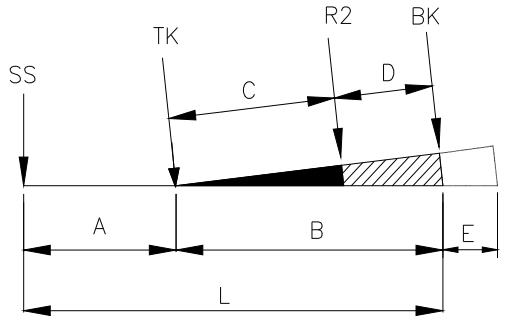
[1)] iht EN 13764-2

Skinnekryss i manganstål skal være påsveist skinneender i kvalitet R350HT slik at det mulig å sveise skinnekrysset inn i sporvekselen.

5 HOVEDMÅL

Tegnforklaring:

SS: stokkskinneskjøt
BK: bakkant sporveksel
R2: sirkelkurvens endepunkt i avvik
TK: teoretisk kryss
L: byggelengde
D: rettlinjet parti i avvik
E: lengde av parti med langsviller utenfor BK



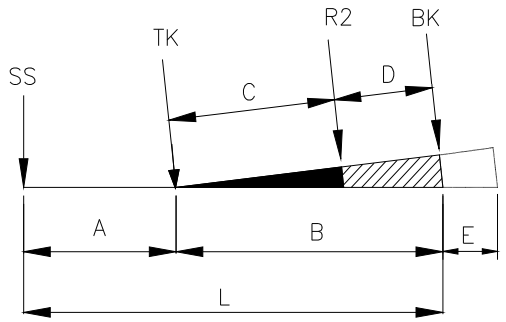
Figur 7.9 Enkel veksel med kort kurve, hovedmål

Tabell 7.1 Enkel veksel med kort kurve, hovedmål

Profil	Sviller	Stigning/ Radius	A	B	C	D	L	E	Total masse	Tegn.nr
54E3	Tre	1:9 R190	10523	16616	10523	6093	27139	3000	15,4	Sk 3450
54E3	Betong	1:9 R190	10523	16616	10523	6093	27139	3000	36,3	Sk 3470

Alle mål er i mm.

Masse er oppgitt i tonn og inkluderer alle skinner, ståldeler og sviller



Figur 7.10 Enkel veksel med lang kurve, hovedmål

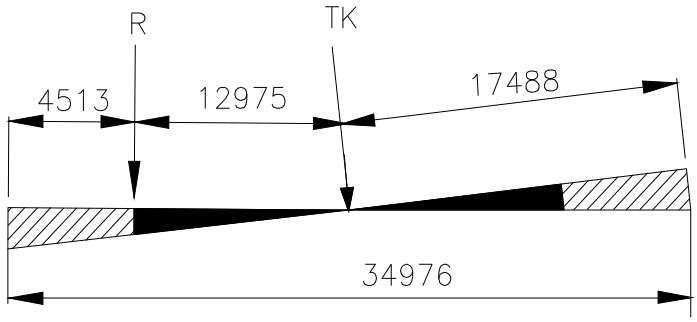
Tabell 7.2 Enkel veksel med lang kurve, hovedmål

Pro-fil	Sviller	Stigning/ Radius	A	B	C	D	L	E	Total masse	Tegn.nr
54E3	Tre	1:9 R300	16616	16616	16616	-	33231	3000	17,4	Sk 3200
	Betong	1:9 R300	16616	16616	16616	-	33231	3000	40,5	Sk 3250
	Tre	1:12 R500	20797	20797	20797	-	41594	5835	21,4	Sk 3300
	Betong	1:12 R500	20797	20797	20797	-	41594	5835	50,3	Sk 3350
	Tre	1:14 R760	27108	27108	27108	-	54216	3900	27,3	Sk 3400
	Betong	1:14 R760	27108	27108	27108	-	54216	3900	52	Sk 3420
60E1	Betong	1:9 R300	16615	16615	16615	-	33230	5400	43,4	Sk 3900
	Betong	1:12 R500	20797	21985	20797	1188	42783	7200	53,8	Sk 3500
	Betong	1:14 R760	27108	27108	27108	-	54216	7200	57,2	Sk 3600
	Betong	1:15 R760	25305	28911	25305	3606	54216	7200	54,2	Sk 3650
	Betong	1:18,4 R1200 [1)]	32829	32610	32610	-	65438	12600	79,1	Sk 3750
	Betong	1:26,1 R2500 [1)]	48109	46491	46491	-	94600	17400		Sk 3800

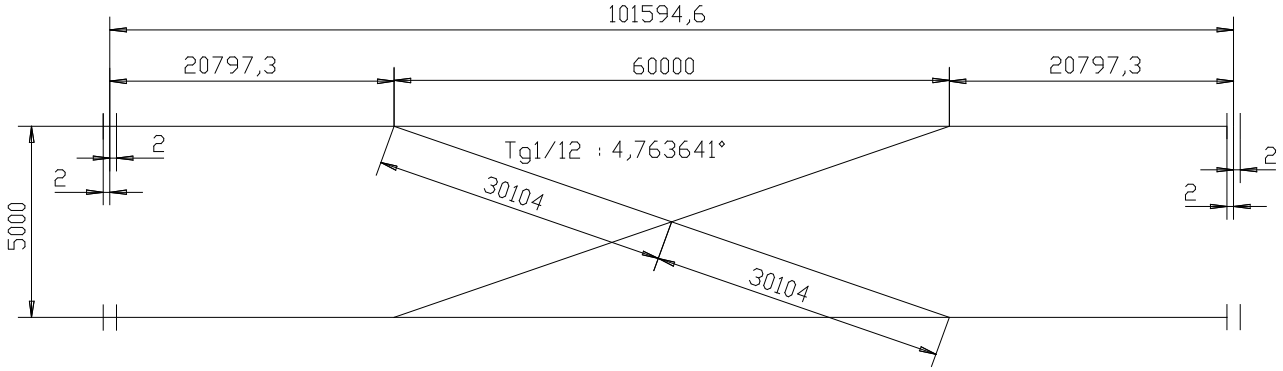
Alle mål er i mm.

Masse er oppgitt i tonn og inkluderer alle skinner, ståldeler og sviller

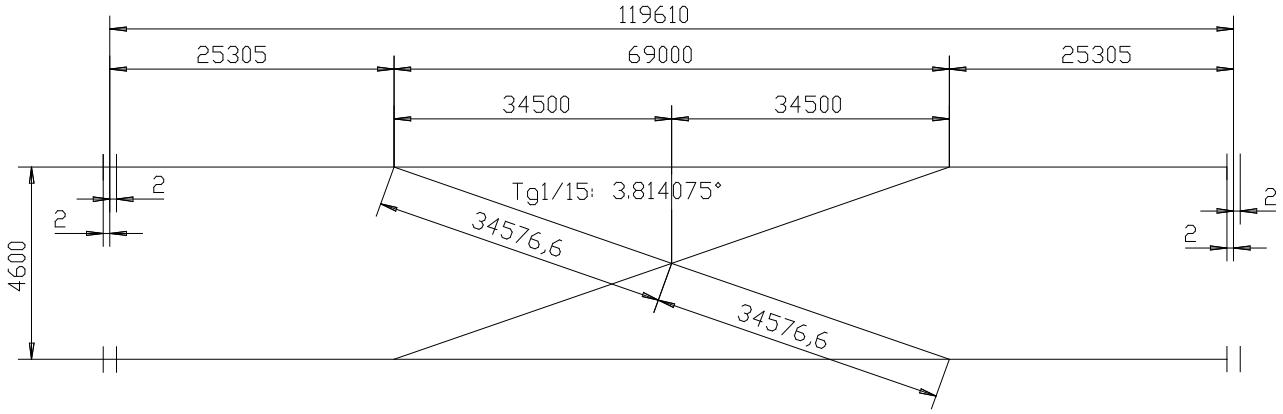
[1)] Klotoideveksel



Figur 7.11 *Dobbel kryssveksel 54E3, 1:9 R190, hovedmål*



Figur 7.12 *60E1 dobbel sporsløyfe med sporkryss 1:12 og 4 stk enkle veksler 1:12*

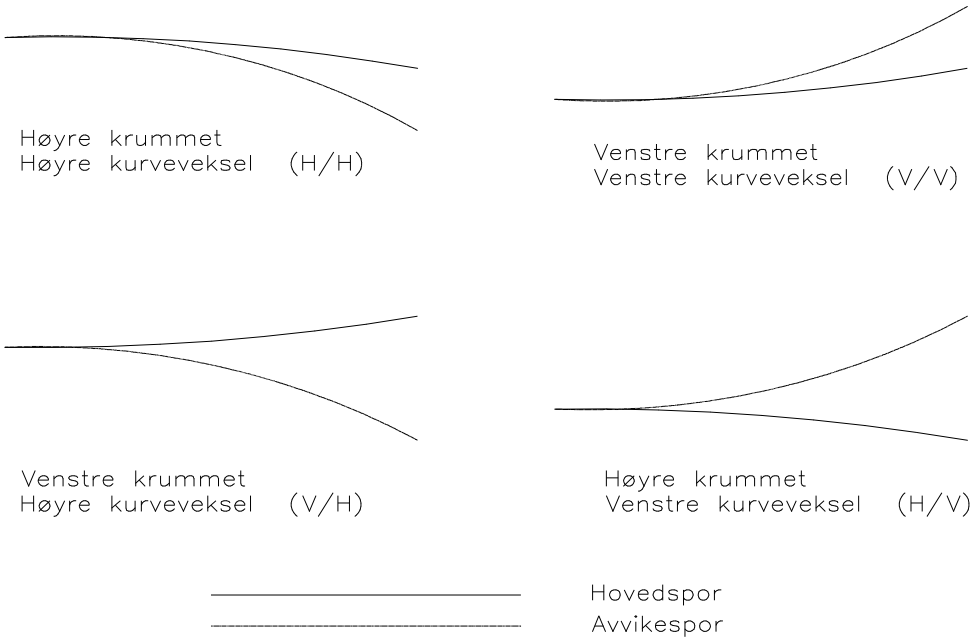


Figur 7.13 *60E1 dobbel sporsløyfe med sporkryss 1:15 og 4 stk. enkle veksler 1:14*

6 KURVEVEKSLER

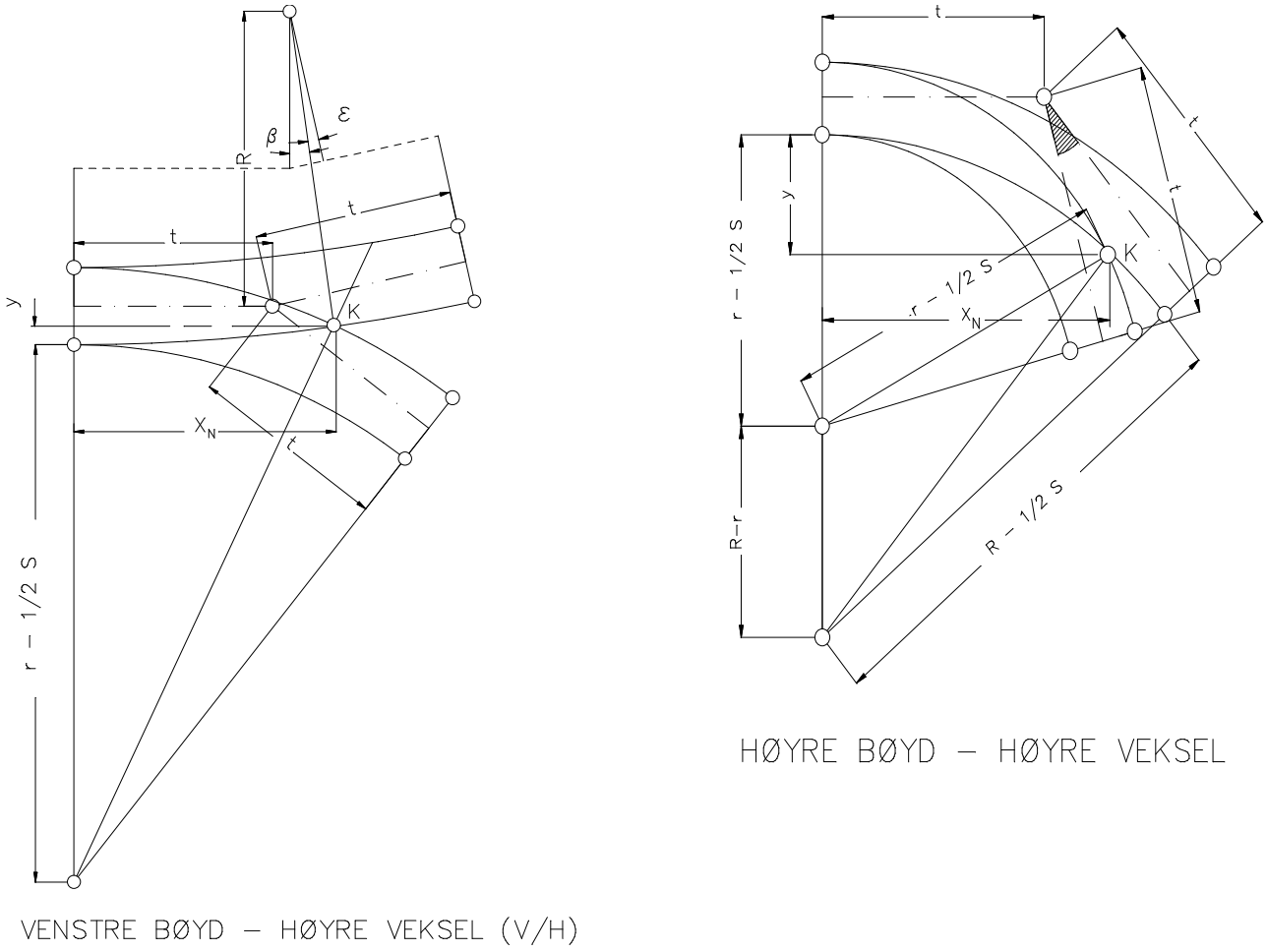
Kurveveksler er enkle veksler med lang kurve som er krummet slik at sporvekselen kan legges inn i kurve. Hovedsporet i en kurveveksel er det sporet som har samme radius og retning som kurven hvor sporvekselen er lagt inn i.

6.1 Benevnelser



Figur 7.14 Benevnelser av kurveveksler

6.2 Beregningsgrunnlag



Figur 7.15 Beregningsgrunnlag for kurveveksler

6.2.1 Utgangsmål

r_0 = radius til kurvevekselen før bøying (enkel veksel med lang kurve).
t = tangentlengde
S = sporvidden = 1435 mm
α = stigningsvinkel
Φ = spissvinkel til skinnekryss

$$t = r_0 \cdot tg\frac{1}{2}\alpha \tag{7.1}$$

$$tg\phi = \frac{2\sqrt{2r_0 \cdot S}}{2r_0 - S} \tag{7.2}$$

6.2.2 Beregning av kurveradius

R = radius til hovedspor
r = radius til avvikespor

Når en av radiene er kjent, kan den andre bestemmes tilnærmet ved hjelp av følgende formler:

H/H eller V/V - veksel

$$r = \frac{R \cdot r_0 - t^2}{R + r_0} \tag{7.3}$$

$$R = \frac{r \cdot r_0 + t^2}{r_0 - r} \tag{7.4}$$

V/H eller H/V - veksel

$$r = \frac{R \cdot r_0 + t^2}{R - r_0} \tag{7.5}$$

$$R = \frac{r \cdot r_0 + t^2}{r - r_0} \tag{7.6}$$

Den eksakte størrelsen av r kan beregnes etter følgende formler:

H/H eller V/V - veksel

$$r = \frac{X_N}{sin(\phi + \beta)} - \frac{1}{2}S \tag{7.7}$$

V/H eller H/V - veksel

$$r = \frac{X_N}{sin(\phi - \beta)} - \frac{1}{2}S \tag{7.8}$$

Beregningsgrunnlaget gjelder ikke for klotoideveksler.

6.2.3 Beregning av koordinater

H/H eller V/V - veksel

$$\varepsilon = (\alpha - \phi) \cdot \frac{2r_0 + S}{2R - S} \tag{7.9}$$

$$tg\frac{1}{2}(\beta + \varepsilon) = \frac{t}{R} \tag{7.10}$$

$$X_N = (R - \frac{1}{2}S)\sin\beta \tag{7.11}$$

$$Y = R - \frac{S}{2} - \sqrt{(R - \frac{S}{2})^2 - X_N{}^2} \tag{7.12}$$

V/H eller H/V - veksel

$$\varepsilon = (\alpha - \phi) \cdot \frac{2r_0 + S}{2R + S} \tag{7.13}$$

$$tg\frac{1}{2}(\beta + \varepsilon) = \frac{t}{R} \tag{7.14}$$

$$X_N = (R + \frac{1}{2}S)\sin\beta \tag{7.15}$$

$$Y = R - \frac{S}{2} - \sqrt{(R + \frac{S}{2})^2 - X_N{}^2} \tag{7.16}$$

Beregningsgrunnlaget gjelder ikke for klotoideveksler.

6.3 Minste kurveradius for kurveveksler på betongsviller

Minste tillatte kurveradius, R i hovedspor for kurveveksler på betongsviller er angitt i tabell 5.3

Tabell 7.3 Minste kurveradius for kurveveksler på betongsviller

Sporvekseltype (stigning, radius)	Minste kurveradius i hovedspor, R
1:9 R300	850 m
1:12 R500	1000 m
1:14 R760	1410 m
1:18,4 R1200	∞ [1]
1:26,1 R2500	∞ [1]

[1] Klotoideveksler skal ikke krummes

7 OMSTILLING OG LÅSING

Sporvekselens bevegelige tungeparti omstilles til kjøring fra hovedspor til avvikende spor ved hjelp av elektrisk eller mekanisk sporvekseldrivanordning.

Omstilling av sporveksler kan skje ved hjelp av

- sentralstilt drivanordning (anvendes i hovedspor)
- stillbukk (anvendes i sidespor)

Låsing av sporveksler kan skje ved hjelp av

- innebygd lås (i sentralstilte drivanordninger)
- bolt og hengelås
- klave og sikringslås
- pal- eller hakestengsel

Regler for låsing av sporveksler er gitt i [JD 550] og [JD 551].

8 STØRSTE HASTIGHET I SPORVEKSLER

8.1 Geometri

Hastigheten fastsettes avhengig av togveien gjennom sporvekselen på samme måte som for et vanlig spor med eller uten overgangskurver.

8.2 Tungekonstruksjon

Sporveksler med

- fjærtunger/fjærskinnetunger: ingen hastighetsbegrensning
- leddtunger: V_{maks} = 100 km/h

8.3 Kryssveksler

Største hastighet i kryssveksler er 100 km/h

8.4 Tungelåsing

Sporveksler med

- direkte låsing og direkte deteksjon: ingen hastighetsbegrensning
- min. 2 drivmaskiner av ikke oppkjørbar type: V_{maks} = 160 km/h
- enkel oppkjørbar drivmaskin (for eksempel type Siemens bsg.antr. 9b): V_{maks} = 130 km/h
- drivmaskin type EB/LME JEA-30 og med motorsperre utført som snekkedrev : V_{maks} = 130 km/h
- drivmaskiner av andre typer: V_{maks} = 100 km/h
- palstengsel og rigel type DSI: V_{maks} = 130 km/h
- palstengsel og kontrollås etter tegning S.585a: V_{maks} = 130 km/h
- hakestengsel med rigel eller kontrollås: V_{maks} = 100 km/h
- for øvrig: V_{maks} = 40 km/h

Største tillatte hastighet over kryssveksler med stigning 1:8 uavhengig av tungelåsing er V_{maks} = 70 km/h.

8.5 Sikring

Sporveksler som er

- sentralstilte: ingen hastighetsbegrensning
- forriglete eller kontrollåste og i avhengighet til hovedsignal: V_{maks} = 130 km/h
- kontrollåst og underlagt A-lås, B-lås eller D-lås: V_{maks} = 130 km/h
- kontrollåst og underlagt C-lås uten avhengighet til hovedsignal når kryssing ikke finner sted: V_{maks} = 130 km/h
- betjent eller låst med klave og hengelås: V_{maks} = 40 km/h

9 GJENBRUK

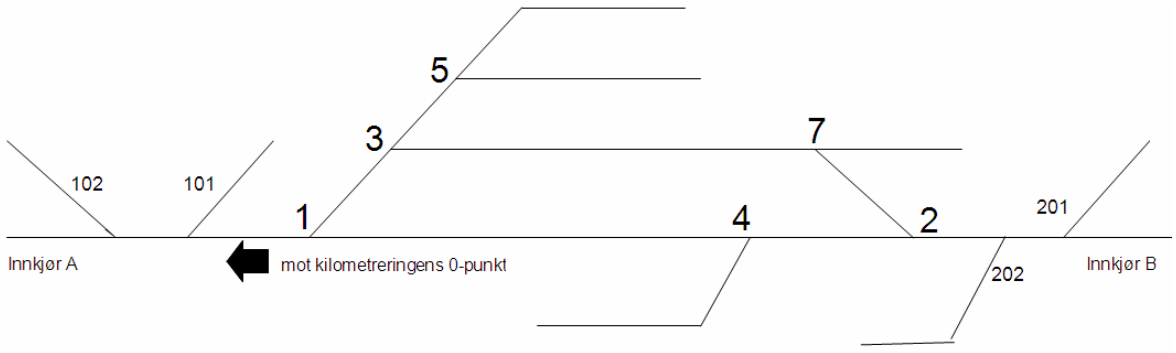
Sporveksler som er skiftet ut kan vurderes gjenbrukt i sidespor.

10 NUMMERERING AV SPORVEKSLER

Sporveksler på stasjoner skal nummereres. Hvis det finnes hensiktsmessig, nummereres også sporveksler på holdeplasser og andre sporområder utenom stasjon. Nummereringen foretas etter følgende prosedyre:

- ved nummerering av sporveksler anvendes alltid arabiske tall
- sporveksler som har tungespiss mot kilometreringens 0-pkt. får ulike nr.
- sporveksler med tungespiss fra kilometreringens 0-pkt. får like nr.
- nummereringen med ulike nr. foretas fortløpende fra den ende av stasjonen som ligger nærmest kilometreringens 0-pkt og med like nr. fra den andre enden av stasjonen
- ligger flere sporveksler på samme høyde og retning, skal den som ligger nærmest den side ekspedisjonsbygget ligger, ha det laveste nr.
- er det flere sporgrupper, nummereres sporvekslene fortløpende med ulike, henholdsvis like nr. innen samme sporgruppe
- kryssveksler gis ulike nr. og med litrabetegnelse a/c for tungeparene med tungespiss mot kilometreringens 0-pkt. og b/d for tungeparene med tungespiss fra kilometreringens 0-pkt.
- sporveksler mellom innkjørsignal A og sporveksel 1 som har tungespiss mot kilometreringens 0-punkt, får ulike nummer 101, 103, 105 osv., mens sporveksler med tungespiss fra kilometreringens 0-punkt får like nummer 102, 104, 106 osv.
- sporveksler mellom innkjørsignal B og sporveksel 2 som har tungespiss mot kilometreringens 0-punkt, får ulike nummer 201, 203, 205 osv., mens sporveksler med tungespiss fra kilometreringens 0-punkt får like nummer 202, 204, 206 osv.

Figur 7.16 viser eksempel på nummerering av sporveksler.



Figur 7.16 Nummerering av sporveksler - eksempel