

NES	INFORMATION	I 05
NORDIC ELECTRIC POWER CO- OPERATION	FROM THE NES GROUP	PAGES: 10 ENCLOSURES: 4 DATE: 31.12.2001

Prestudy for overhead contact line and pantograph operations in the Nordic countries.

SYNOPSIS:

The aim of this report is to derive an overview of the situation in the Nordic countries with respect to the interaction between the overhead contact line and the pantograph.

The Report consists of two stages, followed by a conclusion and some suggestions for further work.

In the first phase, the situation of today is described. The description includes four tables, which can be found in the appendix. In the second phase the common problems the Nordic countries have with respect to the overhead contact line and the pantograph are described.

Among others the rapport includes even a discussion regarding operations with multiple pantographs and interoperability between the Nordic countries.

TABLE OF CONTENTS

1	Summary	3
1.1	Goal.....	3
1.2	Mandate	3
1.3	Project members	3
1.4	Project work.....	3
2	Phase One: Situation of today.....	4
2.1	Overhead contact line systems	4
2.2	Pantographs	4
2.3	Interaction	4
2.4	Traffic situation	5
3	Phase Two: Common problems	5
3.1	Geometry.....	5
3.1.1	Free space for pantograph	5
3.1.2	“Electric space” for pantograph	6
3.1.3	Pantograph geometry.....	6
3.1.4	Contact wire height.....	7
3.1.5	Track gauge	7
3.2	Performance.....	7
3.2.1	Multiple pantographs	7
3.2.2	Contact forces	7
3.2.3	Standard deviation	8
3.2.4	Main lines	8
4	Conclusion	8
5	Recommendations for further work	9
6	References	9
7	Appendix (in Swedish).....	10
7.1	Table 1 “Kontaktledningssystem”	10
7.2	Table 2 “Strömavtagare”	10
7.3	Table 3 “Interaktion mellan strömavtagare och kontaktledningssystem”	10
7.4	Table 4 “Trafikering”	10



1 Summary

1.1 Goal

The goal of this project is to derive an overview of the situation in the Nordic countries with respect to the interaction between the overhead contact line and the pantograph.

The project will also look into some of the similarities and differences regarding operation with multiple pantographs.

The project should also analyse interoperability between the Nordic countries with respect to overhead contact line and pantograph regulations and specifications.

1.2 Mandate

To produce a report where today's situation of regulations and specifications in the area of overhead contact lines and pantographs are listed for each country. The similarities and differences should be pointed out and the implications on the interoperability should be analysed. To do this analyses, measurements or dynamic simulations might be necessary.

The report shall suggest a plan for further analysis.

1.3 Project members

Tohmmy Bustad, Banverket, project leader

Marten Reijm, Banverket

Fredrik Åhlander, Banverket

Thor-Egil Thoresen, Jernbaneverket

Thorleif Pedersen, Jernbaneverket

Jens Bjørn Nielsen, Banestyrelsen

Kimmo Konsala, VR-Track Ltd

1.4 Project work

Starting: 24-05-2000

Ending: 31-12-2001

Number of meetings: 7



2 Phase One: Situation of today

2.1 Overhead contact line systems

In table 1 the most common overhead contact line systems in the Nordic countries are listed with all the relevant technical data and properties. All four countries have different systems and specifications, but at the same time there are a lot of similarities.

We can divide the systems into three groups, according to the design speed of the overhead contact line system:

1. Design speed under 140 km/h ("Low speed systems"):
 - Danish "BS 90", "BS 100" and "BS 120".
 - Norwegian "Tabell 54".
 - Swedish "S 4.9/5.9".
2. Design speed between 140 and 200 km/h ("Conventional systems"):
 - Finnish "Ktl utan Y-lina" and "SR 70".
 - Danish "BS 160".
 - Norwegian "System 35MS", "System 35" and "System 20B".
 - Swedish "ST 7.1/7.1" and "ST 9.8/9.8".
3. Design speed from 200 km/h and above ("High speed systems"):
 - Finnish "SR 65", "S 71" and "SR 220".
 - Danish "BS 200".
 - Norwegian "System 20 C1", "System 20 A" and "System 25".
 - Swedish "SYT 7.0/9.8", "ST 9.8/11.8", "ST 15/15" and "SYT 15/15".

2.2 Pantographs

The only pantographs that are in service in all four countries are the WBL types.

In table 2 the most common / modern operational pantographs in the Nordic countries are listed with the relevant data and properties. In table 4 all pantographs of each Nordic country can be found.

2.3 Interaction

Demands concerning the interaction between the pantograph and the overhead contact line differ slightly between the Nordic countries. However, all four countries are using the same



evaluation method: measurement of forces along the overhead contact line system and uplift of the contact wire at the support.

2.4 Traffic situation

The traffic situation in the Nordic countries is not the same in all aspects. There are different types of rolling stock in each country. Furthermore all four countries have and will get more and more rolling stock with multiple pantograph operations at higher speeds. Typical pantograph distances are likely to become 50 to 90 meters.

3 Phase Two: Common problems

3.1 Geometry

3.1.1 Free space for pantograph

The free space for pantograph defines the space in which the pantograph may move in lateral direction. Due to the dynamic uplift the free space for pantograph should be defined at a contact wire height reflecting both the normal contact wire height and the maximum operational uplift along the overhead contact line system. There shall be no other objects than the pantograph in the free space for pantograph.

The free space for pantograph is not exactly the same in the Nordic countries. A "Nordic free space" could be interesting for train manufacturers when designing trains. The number of restrictions for the design would then be less. If the free space for pantograph is not defined, the allowed movements of the electric tractive unit shall be described otherwise to the train manufacturer.

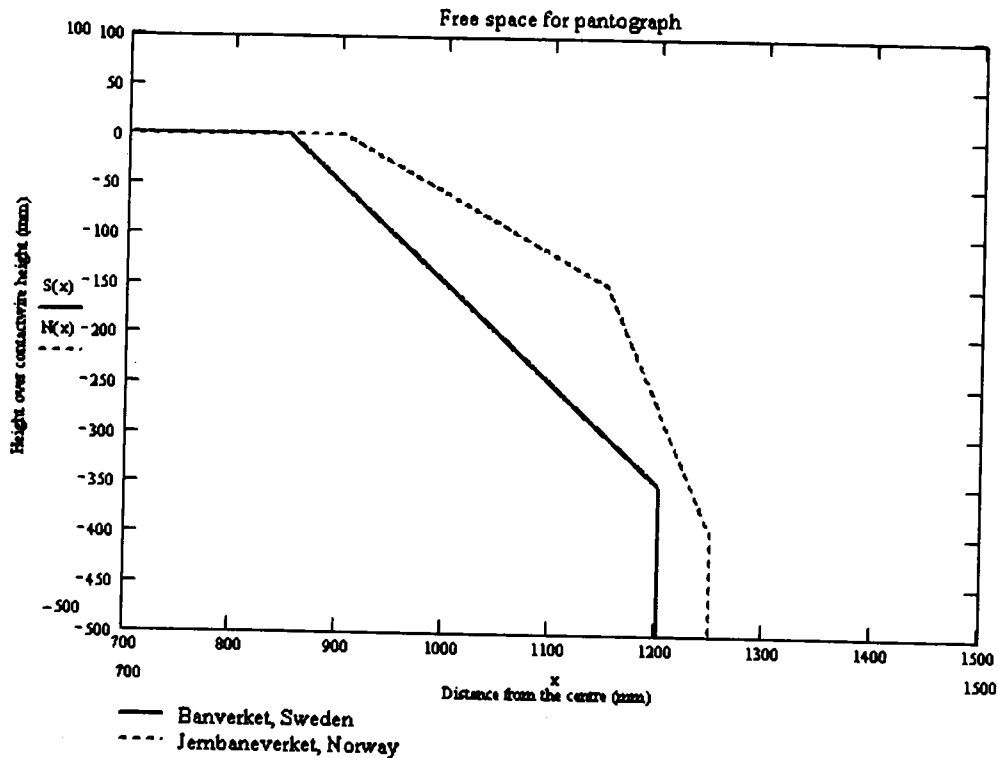


Figure 1. Free space for pantographs in Sweden and Norway

3.1.2 "Electric space" for pantograph

When adding the electrical isolation distance to the free space for pantograph you get the "electric space" for pantograph. In the area between the free space and the "electric space" there can be objects, which has the same voltage as the pantograph. The electrical isolation distances (static and dynamic) are depending on the voltage of the overhead contact line system.

The "electric space" for pantograph is also a part of the structure gauge.

3.1.3 Pantograph geometry

In the Nordic countries mainly 4-6 types of pantographs are in use. There are however problems concerning interoperability. Only in Norway the collector head of 1950 mm (Ref. [3]) is not accepted.

The European collector head of 1600 mm is for the time being not accepted in the Nordic countries, but according to Ref. [2] it will become mandatory for all European railway administrations. This will most likely become the standard collector head for at least high-speed lines.



3.1.4 Contact wire height

The contact wire height in Denmark, Norway, and Sweden is, according to table 1 between 4800 and 6100 mm with a nominal height of 5500-5600 mm. In Finland, however the contact wire height is between 5600 and 6500 mm with a nominal height of 6150 mm.

For interoperability this is a problem because in that case pantographs, working in all of the Nordic countries, should give good current collection quality for a working range as large as at least 1700 mm. Alternatively a tractive unit could have two pantographs with different working ranges.

3.1.5 Track gauge

Although not in focus in this report the biggest problem regarding interoperability between Finland and the other Nordic countries is probably the track gauge.

3.2 Performance

3.2.1 Multiple pantographs

According to Ref. [2] the distance between three consecutive pantographs shall be more than 143 m. Modern rolling stock in the Nordic countries has pantograph distances that are shorter. Because of this some pantograph distances can short-circuit neutral sections at least in Norway and Sweden.

Operators that want to traffic with multiple pantographs normally have to do force measurements for different pantograph configurations and distances. A common acceptance of methods and evaluation for measurements made in the Nordic countries would speed up the interoperability process.

3.2.2 Contact forces

In three of the Nordic countries the contact forces should always be between 0 and 200 N. In Norway however, the minimum contact force is 20 N.

The recommended mean force differs between the countries, but is somewhere between 50 and 120 N, depending on the speed of the train.

For interoperability more common rules are necessary.



3.2.3 Standard deviation

In all the Nordic countries the same acceptance criterion for the calculation of maximum and minimum forces is used:

$$F_{\text{mean}} \pm 3\sigma.$$

3.2.4 Main lines

For interoperability between the Nordic countries the following lines are most important:

- D/DK border -Copenhagen -Gothenburg -Oslo
- D/DK border -Copenhagen -Malmö -Stockholm
- Stockholm -Gothenburg -Oslo

In the future even:

- Oulu -Kiruna -Narvik

4 Conclusion

The content of this report shows clearly that the Nordic countries have both differences and similarities regarding overhead contact line and pantograph operations. Most of the differences must be solved to achieve full interoperability between the countries.

The group has tried to point out the most important problems, as shown under:

- The free space for pantographs differs between the Nordic countries. For interoperability a future unified "Nordic Free Space" is interesting.
- The European collector head of 1600 mm is for the time being not accepted in the Nordic countries, as the infrastructure is not designed for it.
- A common acceptance of measurements and calculations (both methods and evaluation) made in the Nordic countries would speed up the interoperability process as well as the approval of new rolling stock. This means that type tests or parts of type tests done in one country could be used in the other countries.
- Mechanically almost similar overhead line systems in the Nordic countries have different design speeds. This may for example depend on different experiences with pantograph performances and evaluation methods. At the same time design speeds for multiple pantograph operations are not clear



- For each of the main lines mentioned in paragraph 3.2.4 there is no overview of the efforts needed to be done in order to achieve interoperability.

5 Recommendations for further work

When suggesting topics for further work the group has taken into account the ongoing work of TSI-Energy for conventional lines. The purpose here is to co-ordinate the Nordic efforts in the TSI work. The group sees the approval of further work as very important.

The topics in the recommendation can be split up in three parts (in order of priority):

Part 1: Euro-pantograph and free space for pantographs.

- Investigate the consequences of introducing the 1600 mm wide Euro-pantograph in the Nordic countries.
- Define a unified free space for existing and new pantographs in the Nordic countries.

Part 2: Acceptance criteria and design speeds for overhead line systems.

- Define a unified acceptance criterion for measurement and evaluation of overhead contact line systems.
- Finding common design speeds for multiple pantograph operations on the existing overhead contact line systems.

Part 3: Main Lines.

- Investigate the efforts needed to make the main lines, mentioned in 3.2.4 interoperable with the help of the expected results from the work suggested in parts 1 and 2 above.

6 References

- [1] **UIC 57H 2** *Overhead line / pantograph compatibility on the high speed network.*
- [2] **TSI 96/48** *Interoperability of the trans-European high-speed rail System.*
- [3] **UIC 608** *Conditions to be complied with for the pantographs of tractive units used in international services.*



7 Appendix (in Swedish)

7.1 Table 1 “Kontaktledningssystem”

7.2 Table 2 “Strömavtagare”

7.3 Table 3 “Interaktion mellan strömavtagare och kontaktledningssystem”

7.4 Table 4 “Trafikering”

Tekniska specifikationer

	Ktl utan Y-lina	SR 70	SR 65	S 71	SR 220
Största tillåtna hastighet ¹	140 km/h	160 km/h	200 km/h	200 km/h	220 km/h
Y-lina	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
Inspänningskraft kontaktråd	9 800 N	9 800 N	9 800 N	10 000 N	12 500 N
Inspänningskraft bärlina	9 800 N	9 800 N	9 800 N	10 000 N	12 500 N
Inspänningskraft Y-lina	-----	1 500 N	1 500 N	2 000 N / 2 500 N	2 300 N
Kontakttråd	100 mm ² CU	100 mm ² CU	100 mm ² CU	100 mm ² CU	100 mm ² CU
Bärlina	50 mm ² CDCU/ 67 mm ² CU	50 mm ² CDCU/ 67 mm ² CU	67 mm ² CU	67 mm ² CU	67 mm ² CU
Y-lina	-----	25 mm ² CU	25 mm ² CU	25 mm ² CU	25 mm ² CU
Bärtråd	16,0 mm ² CU / 12,6 mm ² FE	16,0 mm ² CU / 12,6 mm ² FE	12,6 mm ² FE	10,0 mm ² BZII	10,0 mm ² BZII
Avspänning av kontaktråd och bärlina	Gemensam	Gemensam	Gemensam	Separat	Separat
Nominell kontaktledningshöjd [kontaktrådshöjd]	6150 mm	6150 mm	6150 mm	6150 mm	6150 mm
Tillåten kontaktledningshöjd [kontaktrådshöjd]	5600-6500 mm	5600-6500 mm	5600-6500 mm	5600-6500 mm	5600-6500 mm
Normal kontaktledningshöjd [kontaktrådshöjd]	5800-6300 mm	5800-6300 mm	5800-6300 mm	5800-6300 mm	5800-6300 mm
Nominell systemhöjd	1600 / 1100 mm	1600 mm	1600 mm	1600 mm	1600 mm

¹ Största tillåtna hastighet(sth) är dimensionerande hastighet.

**Tabell 1 Kontaktledningssystem
Finland - Banförvaltningscentralen**

Max sektionslängd	1500 m	1500 m	1500 m	1500 m	1600 m	1600 m
Max spannslängd	70 m	70 m	65 m	71 m	71 m	71 m
Max nedspetsning (per tusen) [höjdändring]	3,3	3,3	2,0	2,0	1,0	1,0
Max nedspetsningsändring (per tusen) [förändring av höjdändring]	1,7	1,7	1,0	1,0	0,5	0,5
Sektionsövergång	3 spann 400 mm	3 spann 400 mm	3 spann 400 mm	3 spann 400 mm	3 spann 500 mm	3 spann 500 mm
Zick-zackföring	400 mm	400 mm	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Nedhäng	0,86*L mm	0,43*L mm	0,43*L mm	0,43*L mm	0,5*L mm	0,25*L mm
Min bärtrådslängd	----	----	----	----	----	----
Max trådvikelse på spannmitt (statisk)	----	----	----	----	----	----
Max trådvikelse på grund av maximal sidvind.	460 mm	460 mm	360 mm 420 mm i sektionsövergång	360 mm 420 mm i sektionsövergång	360 mm 420 mm i sektionsövergång	360 mm 420 mm i sektionsövergång
Vindtryck på ledare, system Vindlast på ledare Vindhastighet på ledare, dimensionerande	350 N/m ²	350 N/m ²	350 N/m ²	350 N/m ²	350 N/m ²	350 N/m ²
Islast på ledare	10 N/m på bärlinan	10 N/m på bärlinan	10 N/m på bärlinan	10 N/m på bärlinan	10 N/m på bärlinan	10 N/m på bärlinan
Omgivningstemperatur	-40°C - +50°C -50°C - +50°C i Norra Finland	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C -50°C - +50°C i Norra Finland
Kommentar	----	----	----	----	----	----

Egenskaper

	Kt| utan Y-lina	SR 70	SR 65	S 71	SR 220
Elasticitet vid spannmitt [mm/N]	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8
e_{max}					
Elasticitet vid utliggaren [mm/N]	0,4	0,6	0,6	0,7	0,6
e_{min}					
Likformighet av elasticitet	43 %	25 %	20 %	18 %	14 %
$u = \frac{e_{max} - e_{min}}{e_{max} + e_{min}} \cdot 100$					
Vågutbredningshastighet [m/s]	105	105	105	106	119
$v_c = \sqrt{F_{kil} / m_{kil}}$					
Dopplerfaktor	0,46	0,41	0,31	0,31	0,32
$\alpha = \frac{v_c - v_{lok}}{v_c + v_{lok}}$					
Refleksionsfaktor	0,42 (50 CDCU) 0,45 (67 CU)	0,42 (50 CDCU) 0,45 (67 CU)	0,45	0,45	0,45
$r = \frac{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}}}{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}} + \sqrt{F_{kil} \cdot m_{kil}}}$					
Förstärkningsfaktor	0,91 (50 CDCU) 0,98 (67 CU)	1,02 (50 CDCU) 1,10 (67 CU)	1,45	1,45	1,41
$\chi = r / \alpha$					

Tekniska specifikationer

	System BS 90	System BS 100	System BS 120	System BS 160	System BS 200
Största tillåtna hastighet ²	90 km/h	100 km/h	120 km/h	160 km/h	200 km/h
Y-lina	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Inspänningskraft kontakttråd	9000 N	10000 N	12000 N	12000 N	15000 N
Inspänningskraft bärlina	7500 N	7500 N	12000 N	12000 N	15000 N
Inspänningskraft Y-lina	-----	-----	-----	-----	-----
Kontakttråd	RIK 100 mm ² CuCd 0,7	RiS 100 mm ² CuAg 0,1	RiS 100 mm ² CuAg 0,1	RiS 100 mm ² CuAg 0,1	RiS 120 mm ² CuAg 0,1
Bärlina	50 mm ² BZ II	50 mm ² BZ II	50 mm ² BZ II	50 mm ² BZ II	70 mm ² BZ II
Y-lina	-----	-----	-----	-----	-----
Bärtråd	10 mm ² Bz II	10 mm ² Bz II	10 mm ² Bz II	10 mm ² Bz II	16 mm ² Bz II
Avspänning av kontakttråd och bärlina	Gemensam	Gemensam	Separat	Gemensam	Separat
Nominell kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	5500 mm	5500 mm	5500 mm	5500 mm	5300 mm
Tillåten kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	4850-6000 mm	4850-6000 mm	4910-6000 mm	4910-6000 mm	4990-5500 mm
Normal kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	5000-5500 mm	5000-5500 mm	5125-5500 mm	5125-5500 mm	5030-5300 mm
Nominell systemhöjd	1600-2000 mm	1600 mm	1200 mm	1000 mm	1250 mm

² Största tillåtna hastighet(sth) är dimensionerande hastighet.

Tabell 1 Kontaktledningssystem
Danmark - Banestyrelsen

sida 5(12)
 04.12.01

Max sektionenslängd	1500 m	1500 m	1500 m	1500 m	1500 m	1500 m
Max spannlängd, (a)	70-80 m	70 m	70 m	62 m	58 m	
Max nedspetsning (per tusen) [höjdändring]	5	2,5	2,5	1,7	1	
Max nedspetsningsändring (per tusen) [förändring av höjdändring]	2,5	1.25	1.25	0,8	0.5	
Sektionsövergång	2 spann 250 mm 350 mm	2/3 spann 250 mm 350 mm	3 spann 250 mm 350 mm	3 spann 360 mm 250 mm	5 spann 360 mm 250 mm	
Zick-zackföring	1/2000	1/2000	1/1000	1/1000	1/1000	
Nedhäng	----	----	----	----	----	
Min bärträdslängd	550 mm	550 mm	385 mm	385 mm	300 mm	
Max trådavvikelse på spannmitt (statisk). (*)	---	---	---	---	---	
Max trådavvikelse på grund av maximal sidvind.						
Vindtryck på ledare, system						
Vindlast på ledare	26 m/s	26 m/s	14,6 N/m	14,6 N/m	16,6 N/m	
Vindhastighet på ledare, dimensionerande	~14,9 N/m	~14,9 N/m	31 m/s	31 m/s	31 m/s	
Islast på ledare	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	
Omgivningstemperatur	----	----	----	----	----	
Kommentar						

Egenskaper

	System BS 90	System BS 100	System BS 120	System BS 160	System BS 200
Elasticitet vid spannmitt [mm/N] e_{max}			0,73	0,65	0,48
Elasticitet vid utliggaren [mm/N] e_{min}			0,37	0,33	0,24
Likformighet av elasticitet $U = \frac{e_{max} - e_{min}}{e_{max} + e_{min}} \cdot 100$			33 %	33 %	33 %
Vågutbredningshastighet [m/s] $v_c = \sqrt{F_{kl} / m_{kl}}$			116 (418 km/h)	116 (418 km/h)	118 (426 km/h)
Dopplerfaktor $\alpha = \frac{v_c - v_{i0g}}{v_c + v_{i0g}}$			0,554	0,446	0,361
Refleksionsfaktor $r = \frac{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}}}{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}} + \sqrt{F_{kl} \cdot m_{kl}}}$			0,414	0,414	0,433
Förstärkningsfaktor $\chi = r / \alpha$			0,747	0,928	1,199

Tekniska specifikationer

	Tabell 54	System 35 MS	System 35	System 20 C1	System 20 B	System 20 A	System 25
Största tillåtna hastighet ³	100 km/h	140 km/h	150 km/h	200 km/h	160 km/h	200 km/h	250 km/h
Y-lina	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
Inspänningskraft kontakttråd	6 130 N	7 100 N	7 100 N	13 000 N	10 000 N	10 000 N	15 000 N
Inspänningskraft bärlina	4 900 N	7 100 N	7 100 N	13 000 N	10 000 N	10 000 N	15 000 N
Inspänningskraft Y-lina	-----	-----	2300 N	2300 N	-----	2300 N	2600 - 3500 N
Kontakttråd	100 mm ² Cu	100 mm ² Cu	100 mm ² Cu	100 mm ² CuAg	100 mm ² CuAg	100 mm ² CuAg	120 mm ² CuAg
Bärlina	50 mm ² Cu	50 mm ² Cu	50 mm ² Cu	50 mm ² Bz II (Bz III)	50 mm ² Bz II (Bz III)	50 mm ² Bz II (Bz III)	70 mm ² BzII
Y-lina	-----	-----	25 mm ² Cu	25 mm ² Cu	-----	25 mm ² Cu	35 mm ² Cu
Bärtråd	10 mm ² Bz	10 mm ² Bz	10 mm ² Bz	10 mm ² Bz	10 mm ² Bz	10 mm ² Bz	10 mm ² Bz
Avspänning av kontakttråd och bärlina	Gemensam	Gemensam	Gemensam	Separat	Separat	Separat	Separat
Nominell kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	5600 mm	5600 mm	5600 mm	5600 mm	5600 mm	5600 mm	5300 mm
Tillåten kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	5300-5500 mm
Normal kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	5050-5650 mm	5050-5650 mm	5050-5650 mm	5050-5650 mm	5050-5650 mm	5050-5650 mm	5300 mm
Nominell systemhöjd	1600 mm	1600 mm	1600 mm	750 mm	1600 mm	1600 mm	1800 mm

³ Största tillåtna hastighet(sth) är dimensionerande hastighet.

Tabell 1 Kontaktledningssystem
Norge - Jernbanelverket

sida 8(12)
04.12.01

Max sektionslängd	1600 m	1600 m	1600 m	1500 m	1500 m	1500 m	1500 m	1200 m
Max spann­längd, (a)	60 m	60 m	60 m	45 m	65 m	65 m	65 m	65 m
Max nedspetsning (per tusen) [höjdändring]	3	2	1.5	1	0.25	0.25	0.25	0.25
Max nedspetsningsändring (per tusen) [förändring av höjdändring]	1.5	1	0.75	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25
Sektionsövergång	3 spann 300 mm	3 spann 300 mm	3 spann 300 mm	3 - 5 spann (150-) 500 mm	3 - 5 spann (150-) 500 mm	3 - 5 spann (150-) 500 mm	3 - 5 spann (150-) 500 mm	5 spann 150 - 500 mm
Zick-zackföring	400 mm	400 mm	400 mm	200 mm	400 mm	200 mm	200 mm	300 mm
Nedhäng	a/1000	a/1000	a/1000	a/2000	a/1000	a/2000	a/2000	0 mm
Min bärtrådslängd	----	----	----	500 mm	500 mm	500 mm	500 mm	600 mm
Max trådvikelse på spannmitt (statisk). (*)	300 mm	.... (400 mm)	.... (400 mm)	....	....	....	....	....
Max trådvikelse på grund av maximal sidvind.	700 mm	550 mm (700 mm)	550 mm (700 mm)	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm	500 mm
Vindtryck på ledare, system	1 kN/m ²	1 kN/m ²	1 kN/m ²	15 N/m	15 N/m	15 N/m	15 N/m	25 N/m
Vindlast på ledare	~10 N/m	~10 N/m	~10 N/m	30 m/s	30 m/s	30 m/s	30 m/s	37.1 m/s
Vindhastighet på ledare, dimensionerande	~10 N/m	~10 N/m	~10 N/m	~10 N/m	~10 N/m	~10 N/m	~10 N/m	~10 N/m
Islast på ledare	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C	-40°C - +50°C
Omgivningstemperatur	----	----	----	----	----	----	----	----
Kommentar	----	----	----	----	----	----	----	----

(*) For nyare System 35, 20 och 25 representerar dessa värden inte någon dimensionerande faktor. For dessa system är det tillåten trådvikelse på grund av vind och vindhastighet som är dimensionerande för spannlängden.

Egenskaper

	Tabell 54	System 35 MS	System 35	System 20 C1	System 20 B	System 20 A	System 25
Elastisitet vid spannmitt [mm/N]	1.36	1.06	1.22	0.93	0.81	0.93	0.62
e_{max}							
Elastisitet ved utliggaren [mm/N]	0.68	0.53	1.09	0.84	0.41	0.84	0.56
e_{min}							
Likformighet av elasticitet	33.33 %	33.33 %	5.63 %	5.08 %	32.79 %	5.08 %	5.08 %
$u = \frac{e_{max} - e_{min}}{e_{max} + e_{min}} \cdot 100$							
Vågutbredningshastighet [m/s]	83 (299 km/h)	89 (322 km/h)	89 (322 km/t)	106 (381 km/t)	106 (381 km/t)	106 (381 km/t)	118 (426 km/h)
$v_c = \sqrt{F_{kl} / m_{kl}}$							
Dopplerfaktor	0.499	0.394	0.364	0.312	0.409	0.312	0.260
$\alpha = \frac{v_c - v_{iok}}{v_c + v_{iok}}$							
Refleksjonsfaktor	0.388	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.427
$r = \frac{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}}}{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}} + \sqrt{F_{kl} \cdot m_{kl}}}$							
Förstärkningsfaktor	0.778	1.051	1.327	1.327	1.012	1.327	1.642
$\chi = r / \alpha$							

Tekniska specifikationer

	S 4.9/5.9	ST 7.1/7.1	ST 9.8/9.8	SYT 7.0/9.8	ST 9.8/11.8	ST 15/15	SYT 15/15
Största tillåtna hastighet ⁴	120 km/h	140 km/h	180 km/h	200 km/h	200 km/h	250 km/h	250 km/h
Y-lina	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Ja
Inspänningskraft kontakttråd	5 900 N	7 100 N	9 800 N	9 800 N	11 800 N	15 000 N	15 000 N
Inspänningskraft bärlina	4 900 N	7 100 N	9 800 N	7 000 N	9 800 N	15 000 N	15 000 N
Inspänningskraft Y-lina	-----	-----	-----	1600 N	-----	-----	2800 N
Kontakttråd	80 mm ² CU	100 mm ² CU	100 mm ² CU	100 mm ² CU	109 mm ² CU	120 mm ² CUAG	120 mm ² CUAG
Bärlina	50 mm ² CU	70 mm ² CU	70 mm ² CU	50 mm ² CU	70 mm ² CU	70 mm ² BzII	70 mm ² BzII
Y-lina	-----	-----	-----	35 mm ² CU	-----	-----	35 mm ² CU
Bärtråd	19,6 mm ² CU	19,6 mm ² CU	19,6 mm ² CU	19,6 mm ² CU	19,6 mm ² CU	19,6 mm ² CU	19,6 mm ² CU
Avspänning av kontakttråd och bärlina	Gemensam	Gemensam	Gemensam	Gemensam	Gemensam	Separat	Separat
Nominell kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	5500 mm	5500 mm	5500 mm	5500 mm	5500 mm	5500 mm	5500 mm
Tillåten kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm	4800-6100 mm
Normal kontaktledningshöjd [kontakttrådshöjd]	5200-5700 mm	5200-5700 mm	5200-5700 mm	5200-5700 mm	5200-5700 mm	5200-5700 mm	5200-5700 mm
Nominell systemhöjd	1300 mm	1300 mm	1300 mm	1300 mm	1300 mm	1550 mm	1800 mm

⁴ Största tillåtna hastighet(sth) är dimensionerande hastighet.

Egenskaper

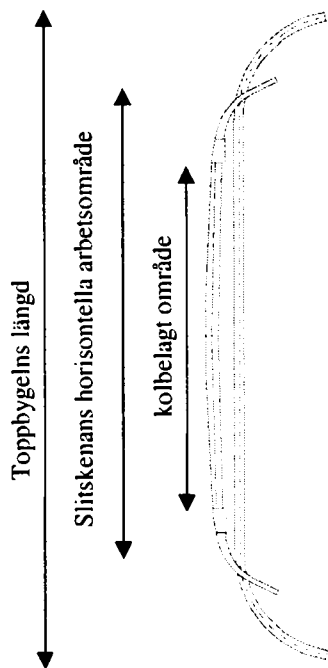
	S 4.9/5.9	ST 7.1/7.1	ST 9.8/9.8	SYT 7.0/9.8	ST 9.8/11.8	ST 15/15	SYT 15/15
Elasticitet vid spannmitt [mm/N]	1.36	1.11	0.81	1.07	0.75	0.54	0.57
e_{\max}							
Elasticitet vid utliggaren [mm/N]	0	0.48	0.36	0.68	0.37	0.31	0.52
e_{\min}							
Likformighet av elasticitet	100 %	40 %	38 %	22 %	34 %	27 %	5 %
$u = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \cdot 100$							
Vågutbredningshastighet [m/s]	81	89	105	105	110	118	118
$v_c = \sqrt{F_{kl} / m_{kl}}$							
Dopplerfaktor	0.42	0.39	0.35	0.31	0.33	0.26	0.26
$\alpha = \frac{v_c - v_{tåg}}{v_c + v_{tåg}}$							
Refleksionsfaktor	0.39	0.46	0.46	0.38	0.43	0.43	0.43
$r = \frac{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}}}{\sqrt{F_{bl} \cdot m_{bl}} + \sqrt{F_{kl} \cdot m_{kl}}}$							
Förstärkningsfaktor	0.94	1.17	1.30	1.22	1.29	1.64	1.64
$\chi = r / \alpha$							

Geometriska krav

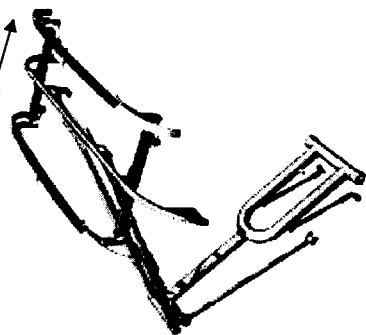
	Sverige	Norge	Danmark	Finland
Min bredd på strömvavgarens toppbygeln.	1750	1750	1950/(1800)	1950
Max bredd på strömvavgarens toppbygeln, och profil	1850 (1950 med profil enligt UIC 608)	1850	1950 med profil enligt UIC 608, anlage 4a	1950 med profil enligt UIC 608, anlage 4a
Slitskenornas horisontella arbetsområde	1200 mm	1200 mm	1426-1576 mm	1300 mm
Slitskenornas kolbelagda längd	1000 mm	1000 mm	1030 mm	≥ 1100mm
Material i slitskenas glidyta	Karbon	Karbon	Karbon	Karbon
Isolerade horn	----	Ja ²	----	----
Avstånd mellan slitskenor, d	d = 590 mm	d = 590 mm	360 ≤ d ≤ 597 mm	d ≤ 380 mm
Sax	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav
Transversell styvhet ¹	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm
Kommentar				

¹ När strömvavgaren höjs till 6500 mm och belastas med en lateral kraft av 300 N.

² För vissa tågtyper



Avstånd mellan slitskenor, l

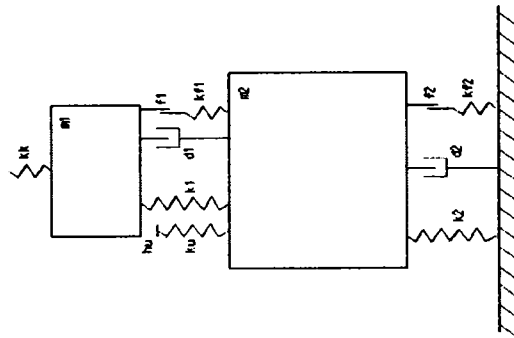


Tekniska data

	WBL 88	ASEA LSFC	DSA 200	DSA 350 S
Används	Sverige Norge Danmark	Sverige	Sverige Danmark	Finland
Toppbygels längd	1800 mm	1800 mm	1800 mm (Sverige) 1950 mm (Danmark)	1950 mm
Slitskenornas längd	1200 mm 1426 (DK)	1200 mm	1200 mm	1200 mm
Slitskenornas kolbelagda längd	1000 mm	1000 mm	1000 mm	1950 mm ¹⁾
Statisk upptrycks kraft	50 N (S), 55 N (N), 70 N (DK)	50 N	50 N	75 N
Aerodynamisk upptrycks kraft	0,00648 v ² N (= 20 N vid 200 km/h)	0,00648 v ² N (= 20 N vid 200 km/h)	0,00648 v ² N (= 20 N vid 200 km/h)	0,0052 v ² N (= 16 N vid 200 km/h)
Material i slitskenas glidyta	Karbon	Karbon	Karbon	Karbon
Isolerade horn				
Avstånd mellan slitskenor, l	590 mm		590 mm	380 mm
Ytterkant - ytterkant	595 (DK)			
Sax	Enkel	Dubbel	Enkel	Enkel
Kommentar				¹⁾ Slitskenorna levereras med horn.

Strömavtagarmodell

	WBL 88	ASEA LSFC	DSA 200	DSA 350 S
kk	Kontaktfjäder	50 000 N/m	50 000 N/m	50 000 N/m
m1	Toppmassa	6.6 kg	6 kg	6,9 kg
hu	Stopp höjd	30 mm	60 mm	60 mm
ku	Stopp fjäderkonstant	1 000 000 N/m	1 000 000 N/m	1 000 000 N/m
k1	Fjäderkonstant	4400 N/m	2496 N/m	6400 N/m
d1	Dämpningskonstant	75.6 Ns/m	0 Ns/m	0 Ns/m
f1	Friktionskonstant	0 N	0 N	2,0 N
kf1	Friktionselementens fjäderkonstant	0 N	0 N	0 N
m2	Effektiva dynamiska frame massa	19.7 kg	24,6 kg	20,1 kg
k2	Fjäderkonstant	0 N/m	0 N/m	80 N/m
d2	Dämpningskonstant	63.5 Ns/m	390 Ns/m	70 Ns/m
f2	Friktionskonstant	17 N	13 N	3,5 N
kf2	Friktionselementens fjäderkonstant	1 000 000 N/m	1 000 000 N/m	1 000 000 N/m



Tabell 3 Interaktion mellan strömavtagare och kontaktledningssystem
Finland - Banförvaltningscentralen

sida 1(4)
04.12.01

Tekniska krav

	Ktl utan Y-lina	SR 70	SR 65	S 71	SR 220
Max tillåtet tillsatsrörupplyft	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav
Max strömavtagaruptryck ($F_m + 3 \sigma$)	200 N	200 N	200 N	200 N	200 N
Min strömavtagaruptryck ($F_m - 3 \sigma$)	0 N	0 N	0 N	0 N	0 N
Max skillnad mellan krafterna på strömavtagarens kolslitskenor	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav
Rekommenderad medeluptryckskraft	75N -120 N	75 N -120 N	75 N - 120 N	75 N - 120 N	75 N - 120 N
Automatisk sänkanordning (ADD)	För nya fordon enligt EN 50206-1	För nya fordon enligt EN 50206-1	För nya fordon enligt EN 50206-1	För nya fordon enligt EN 50206-1	För nya fordon enligt EN 50206-1
Multipel strömavtagning	Mätning krävs	Mätning krävs	Mätning krävs	Mätning krävs	Mätning krävs
Kommentar	...	...	...	...	...

Tabell 3 Interaktion mellan strömvtagare och kontaktledningssystem
Danmark - Banestyrelsen

sida 2(4)
 04.12.01

Tekniska krav

	System BS 120	System BS 160	System BS 200
Max tillåtet tillsatsrörupplyft	150 mm	150 mm	180 mm
Max strömvtagaruptryck ($F_m + 3 \sigma$)	200 N	200 N	200 N
Min strömvtagaruptryck ($F_m - 3 \sigma$)	> 0 N	> 0 N	> 0 N
Max skillnad mellan krafterna på strömvtagarens kolslitskenor	20 %	20 %	20 %
Rekommenderad medeluptrycks kraft	120 N	120 N	120 N
Automatisk sänkanordning (ADD)	Inget krav	Krävs till nytt materiel enligt EN 50206-1	Krävs till nytt materiel enligt EN 50206-1
Multipel strömvtagning	Mätning krävs. Video ock uptrycks kraft	Mätning krävs. Video ock uptrycks kraft	Mätning krävs. Video ock uptrycks kraft
Kommentar			

Tabell 3 Interaktion mellan strömvtagare och kontaktledningssystem
 Norge - Jernbaneverket

sida 3(4)
 04.12.01

Tekniska krav

	Tabell 54	System 35/35 MS	System 20 A/B	System 20 C	System 25
Max tillåtet tillsatsrörlupplift	120 mm	120 mm	150 mm	150 mm	150 mm
Max strömvtagaruppretryck ($F_m + 3 \sigma$)	150 N	150 N	150 N	150 N	200 N
Min strömvtagaruppretryck ($F_m - 3 \sigma$)	20 N	20 N	20 N	20 N	20 N
Max skillnad mellan krafterna på strömvtagarens kolslitskenor	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav
Rekommenderad medeluppretrycksstyrka	40N - 120N (85 N)	40N - 120N (85 N)	40N - 120 N (85 N)	40N - 120N (85 N)	40N - 120N (85 N)
Automatisk sänkanordning (ADD)	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav
Multipel strömvtagning	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.
Kommentar	...	...	...	...	...

Tabell 3 Interaktion mellan strömavtagare och kontaktledningssystem
Sverige - Banverket

sida 4(4)
04.12.01

Tekniska krav

	S 4.9/5.9	ST 7.1/7.1	ST 9.8/9.8	ST 9-8/11.8 SYT 7.0/9.8	ST 15/15 SYT 15/15
Max tillåtet tillsatsrörupplyft	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
Max strömavtagaruppretryck ($F_m + 3 \sigma$)	120 N	140 N	180 N	200 N	200 N
Min strömavtagaruppretryck ($F_m - 3 \sigma$)	0 N	0 N	0 N	0 N	0 N
Max skillnad mellan krafterna på strömavtagarens kolslitskenor	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %
Rekommenderad medeluppretrycks kraft	50N - 80N	50N - 85N	50N - 100 N	50N - 110N	50N - 110N
Automatisk sänkanordning (ADD)	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav	Inget krav
Multipel strömavtagning	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.	Simulering och mätning krävs för spårtillstånd.
Kommentar	...	...	...	...	...

Tabell 4 Trafikering
Finland- Banförvaltningscentralen

sida 1(4)
04.12.01

Tågtyp	Topp hastighet för materiellet ¹	Strömavtagare	Max antal strömavtagare	Strömavtagaravstånd	Kommentar
Sm1/Sm2 elmotortåg	120 km/h	BBC ESID 40-2500	5	53 m	Max 5 tågset
Sr1 ellok	140 km/h	TL-20 med toppbygeln av Schunk WBL 85	2	19 m-29 m	Max 2 lok
Sr2 ellok	230 km/h	Schunk WBL 85	3	19 m-29 m	Multipl traktion bara i godstrafik
Sm3 lutande tåg (Pendolino)	220 km/h	DSA 350 S	2	160 m normalt 200 m max 120 m min	Max 2 tågset
Sm4 elmotortåg	160 km/h	DSA 350 S	5	53 m normalt 62 m max 44 m min	Max 5 tågset

¹ Typ av kontaktledningsanläggning, typ av signalanläggning, antal strömavtagare och liknande bestämmer max framföringshastighet för respektive sträckor.

**Tabell 4 Trafikering
Danmark -Banestyrelsen**

sida 2(4)
04.12.01

Tågtyp	Topp hastighet för materiellet ¹	Strömavtagare	Max antal strömavtagare	Strömavtagaravstånd	Kommentar
EA	160 km/h	Siemens Typ 8WXO	2		Dubbelkopplad är tillåtet med strömbegränsning.
ER 4	180 km/h	Schunk Typ WBL 85	3 (5 er målet efter modifiering)	76 m	Max 5 tågset. På nuvarande tids- Punkt max 3 tågset ved 180 km/h
OTU	180 km/h	Stemman Typ DSA 200	3 (5 er målet)	3 vagnar/tågset: 61m-79m-97m	Max 5 tågset. På nuvarande tids- Punkt max 3 tågset ved 180 km/h
X2K	180 km/h	Schunk Typ WBL 88	2	165 m	
BR 185	140 km/h	Stemman Typ DSA 200	2		Dubbelkopplad är tillåtet med strömbegränsning.
EG 3100	140 km/h	Siemens Typ 8WL0	2		Dubbelkopplad är tillåtet med strömbegränsning.

¹ Typ av kontaktledningsanläggning, typ av signalanläggning, antal strömavtagare och liknande bestämmer max framföringshastighet för respektive sträckor.

**Tabell 4 Trafikering
Norge - Jernbaneverket**

sida 3(4)
04.12.01

Tågtyp	Topp hastighet för materiellet ¹	Strömvtagare	Max antal strömvtagare	Strömvtagaravstånd i (m)		Kommentar
				Standardavstånd/ Dubbeltraktion	Minsta avstånd/ Trippeltraktion Standardavstånd	
69AB	130 km/h	SB10a	3	50/45	50/45/50	
69C	130 km/h	WBL 85 (Schunk) Samme data som WBL 88	3	77/45	77/45/77	
70	160 km/h	WBL 85 (Schunk) Samme data som WBL 88	2	102/45		
71	210 km/h	WBL 88 (Schunk)	2	82/60		
72	160 km/h	WBL 88 (Schunk)	3	84/80	84/80/84	
73	210 km/h	WBL 88 (Schunk)	2	82/60		
73B	210 km/h	WBL 88 (Schunk)	2	82/60		
E1 16	140 km/h	WBL 88 (Schunk)	1	15		
E1 18	160 km/h	WBL 85 (Schunk) Samme data som WBL 88	1	25		

¹ Typ av kontaktledningsanläggning, typ av signalanläggning, antal strömvtagare och liknande bestämmer max framföringshastighet för respektive sträckor.

Tågtyp	Tophastighet för materiellet ¹	Strömvtagare	Max antal strömvtagare	Strömvtagaravstånd	Kommentar
RC-lok	160 km/h persontrafik, singel 110 km/h godstrafik, singel 100 km/h godstrafik, multipel 200 km/h	ASEA LSFC (ABB) WBL 88 (Schunk)	3	16m - 28m	
X2	200 km/h	WBL 88 (Schunk)	2	165m	
OTU	180 km/h	DSA 200 (Stemman)	5	3 vagnar/tågset: 61m-79m-97m	Max 5 tågset
Regina Crusaris	200 km/h	WBL 88 (Schunk)	3	2-vagnar/tågset:46m - 54m - 61m 3 vagnar/tågset:46m - 80m - 114m 4-vagnar/tågset:46m - 107m - 168m	Max 3 tågset
BR 185	140 km/h	DSA 200 (Stemman)	1	-----	
EG 3100	140 km/h	8WLO (Siemens)	2	-----	Dubbelkopplad är tillåtet.

¹ Typ av kontaktledningsanläggning, typ av signalanläggning, antal strömvtagare och liknande bestämmer max framföringshastighet för respektive sträckor.