

Appendix B: BSMs' LCPs

Rough life-cycle plans for the various structural-members make-up the new Swedish bridges

Aim and scope

This appendix presents rough life-cycle plans (LCPs) for the various bridges' structural-members (BSMs) make-up the various bridge types in Sweden. A LCP for a BSM points out the life-cycle measures (LCM) that might be required to be performed on that BSM to keep the bridge composes it serviceable during its design service life-span. The LCPs recommended in this appendix are not presenting the actual LCM that will be implemented during the life-cycle of new bridges. These LCPs are conceived considering statistical treatment of intensive historical LCM records performed on existing bridges in Sweden. The LCM records considered in this study are extracted from BaTMan's database using the WebHybris tool. The main intention of the LCPs in this appendix is the provision of valuable data that are necessary for a reliable LCCA process performed within an early planning phase to compare various bridge designs feasible for a certain bridge-location. The assessment of those LCPs is subjected to uncertainty since the data in BaTMan is uncertain. Some LCM are performed in reality but not registered BaTMan's database. Not all bridges retested in BaTMan are registered properly or have all detail information. Basic information related to some existing bridges could be not registered in BaTMan's database. Besides, the new BSMs that are designed considering new standards might have a better durability compared with old BSMs. Thus, the LCM performed on old BSMs might not necessarily be needed to be performed on new BSMs. Therefore, careful attention and engineering sense should be employed when using the proposed LCPs in this appendix. The main questions that this appendix is aiming to answer could be concluded as follow:

1. What are the common types of the various BSMs' make up the Swedish bridges?
2. What are the repair-demanding structural elements in those BSMs?
3. What are the common LCM performed on the various BSMs?
4. What are the average ages of those BSMs when those LCMs were performed?
5. What are the necessity probabilities of those LCM in case of new bridges?
6. What are the recommended LCPs for the various new BSMs?

The LCPs recommended in this appendix are limited to cover 2 BSMs out of 14 BSMs. Further research and investigations should be conducted toward covering the BSMs remain. The statistical analysis methods employed in this appendix are more descriptive methods than inferential methods. Statistical analysis methods such as survival analysis and ANOVA are recommended for future developments.

Data considered

The data considered in this appendix covers the majority of Trafikverket's bridges. Bridges that are managed by Trafikverket, registered in BaTMan as situated in allmän väg and constructed after 1950 are only considered in this study. Table 1 presents the total number of bridges considered and their construction years. Table 2 presents the length categories of the considered bridges and the total number of bridges in category. Table 3 presents the type of bridges, construction material, the average konstruktions längd and the 95% of the konstruktions längd of the majority of the bridges considered. As shown in Table 2, more than 56% of Trafikverket's road bridges are shorter than 10 m. The Betong Plattram bridge type is the most popular type in Sweden which represents more than 40% of the existing bridges, shown in Table 3. The stål rörbro type with an average length of 3 m is the second most popular bridge type used in Sweden.

Table 1 the considered bridges and their construction year

Construction Year	Total No. of bridges	% from Total
1950-1959	1716	12.68%
1960-1969	1708	12.62%
1970-1979	1652	12.21%
1980-1989	2062	15.24%
1990-1999	4237	31.32%
2000-2009	1719	12.71%
2010-2013	436	3.22%
Grand Total	13530	100.00%

Table 2 the considered bridges length categories

Konstruktions Längd (m)	Total No. of bridges	% from Total
<5	4424	32.70%
5-10	3207	23.70%
10-20	2330	17.22%
20-30	929	6.87%
30-50	975	7.21%
50-100	1084	8.01%
100-200	361	2.67%
200-500	187	1.38%
500-1000	25	0.18%
>1000	8	0.06%
Grand Total	13530	100.00%

Table 3 the bridge types and average konstruktions langd

Bridge and construction material type	Total No. of bridges	% from Total	Average Konstru. Langd	StdDev of Konstru. Langd	95%
Platram 2-leds	4026	31.26%	12.6	9.3	31.3
Betong armerad	3996	31.03%	12.4	9.1	30.6
Betong spännarmerad	24	0.19%	37.0	19.0	75.1
Betong armerad förtillverkad	6	0.05%	8.2	5.2	18.6
Platram 0-leds	1483	11.51%	10.6	10.3	31.2
Betong armerad	1476	11.46%	10.5	10.0	30.4
Betong armerad förtillverkad	4	0.03%	22.3	34.2	90.6
Betong spännarmerad	3	0.02%	50.0	33.8	117.7
Rörbro, lågbyggd, samverkanskonstruktion	1104	8.57%	4.2	3.0	10.2
Stål	1104	8.57%	4.2	3.0	10.2
Balkbro kontinuerlig	938	7.28%	116.3	127.2	370.8
Betong spännarmerad	382	2.97%	93.8	67.9	229.6
Betong armerad	253	1.96%	101.7	124.4	350.4
Stål i samverkan med brobanepatta i betong	193	1.50%	147.5	150.9	449.2
Stål utan samverkan med brobanepatta i betong	97	0.75%	185.7	205.5	596.7
Betong armerad förtillverkad	7	0.05%	63.0	16.8	96.6
Stål med brobanepatta av trä	4	0.03%	35.9	21.4	78.7
Sten (huggen)	1	0.01%	6.5		
Stål	1	0.01%	470.0		
Rörbro, cirkulär, samverkanskonstruktion	814	6.32%	3.2	2.3	7.8
Stål	814	6.32%	3.2	2.3	7.8
Rörbro vertikal ellips, samverkanskonstruktion	788	6.12%	3.6	2.0	7.5
Stål	788	6.12%	3.6	2.0	7.5
Plattbro fritt upplagd elementbyggd	771	5.99%	4.7	1.5	7.7
Betong armerad förtillverkad	734	5.70%	4.8	1.4	7.6
Betong armerad	35	0.27%	4.1	1.3	6.7
Betong spännarmerad	2	0.02%	10.8	0.0	10.8
Plattbro kontinuerlig	671	5.21%	59.6	39.0	137.6
Betong armerad	600	4.66%	56.9	35.4	127.7
Betong spännarmerad	69	0.54%	82.4	57.2	196.9
Stål utan samverkan med brobanepatta i betong	2	0.02%	87.7	65.5	218.7
Plattbro fritt upplagd	662	5.14%	13.9	19.5	52.8
Betong armerad	575	4.46%	14.1	20.4	55.0
Betong spännarmerad	31	0.24%	26.0	5.2	36.3
Betong armerad förtillverkad	30	0.23%	5.6	4.6	14.8
Sten (huggen)	25	0.19%	3.4	1.2	5.7
Stål i samverkan med brobanepatta i betong	1	0.01%	17.5		
Balkram 2-leds	532	4.13%	29.4	13.5	56.4
Betong armerad	410	3.18%	26.6	12.8	52.1
Betong spännarmerad	121	0.94%	38.8	11.2	61.2
Betong armerad förtillverkad	1	0.01%	56.4		
Balkbro fritt upplagd	446	3.46%	55.7	304.9	665.4

Stål i samverkan med brobaneplatta i betong	209	1.62%	34.3	16.6	67.4
Betong spännarmerad	72	0.56%	75.7	222.3	520.3
Stål utan samverkan med brobaneplatta i betong	61	0.47%	60.0	146.3	352.5
					1693.
Betong armerad	60	0.47%	131.5	780.8	0
Betong armerad förtillverkad	30	0.23%	12.6	6.9	26.3
Stål med brobaneplatta av trä	11	0.09%	15.8	11.5	38.8
Stål	3	0.02%	32.6	19.0	70.6
Valvbro	301	2.34%	5.3	3.0	11.2
Betong armerad förtillverkad	136	1.06%	5.1	2.4	9.9
Sten (huggen)	88	0.68%	4.6	3.1	10.8
Betong armerad	43	0.33%	5.2	2.7	10.7
Stål	34	0.26%	7.8	3.7	15.1
Balkbro låda kontinuerlig	175	1.36%	222.2	184.8	591.9
Betong spännarmerad	128	0.99%	197.9	145.5	488.8
Stål i samverkan med brobaneplatta i betong	28	0.22%	387.2	281.4	950.0
Betong armerad	19	0.15%	143.1	94.8	332.7
Rörbro, cirkulär, styv konstruktion	152	1.18%	3.0	2.6	8.2
Betong armerad förtillverkad	136	1.06%	3.1	2.7	8.5
Betong armerad	14	0.11%	2.6	1.3	5.2
Stål	2	0.02%	2.6	0.0	2.6
Balkbro låda konsolutbyggd	16	0.12%	389.9	237.3	864.5
Betong spännarmerad	16	0.12%	389.9	237.3	864.5
Grand Total	12879	100%	25.3	81.7	188.7

BaTMan HandBok Manual

The bridge types, construction material, damages types, damages causes, bridge structural-members, bridge structural-elements and bridge inspection criteria are clearly defined and coded in BaTMan HandBok Manual Chapter 6-Definitioner och begrepp. The notations and names that are presented in BaTMan HandBok Manual will be used in the included tables in this appendix. According to BaTMan HandBok Manual, bridges in Sweden are made up by a total number of 14 Konstruktionsdelar. Not necessary for a certain bridge type to have all the 14 Konstruktionsdelar. Some bridge types such as stål rörbroar for examples do not have Övergångskonstruktion which is one BSM among of those 14 BSMs. The BSMs in their turn are also broken down into various bridge structural-elements. The below section briefly presents the various Brokonstruktionsdelar according to BaTMan HandBok Manual and their definition.

Bro konstruktionsdelar

En bro indelas i tre huvuddelar:

- Grundläggning
- Underbyggnad
- Överbyggnad.

Table 4 Konstruktionsdelar som finns i BaTMan

Huvuddelar bro	Konstruktionsdelar bro
Grundläggning	1. Grundläggning
Underbyggnad (lager)	2. Slänt o kon 3. Stöd 4. Ving o stödmur
Överbyggnad	5. Upplagsanordning 6. Huvudbärverk 7. Övriga bärverk 8. Brobaneplatta 9. Kantbalk 10. Tätskikt 11. Beläggning 12. Räcke 13. Övergångskonstruktion 14. Dräneringssystem

Nedan framgår vilka konstruktionsdelar som tillhör respektive huvuddel samt deras huvudsakliga funktion. Avsnittet beskriver konstruktionsdelar på fasta och rörliga broar. För respektive konstruktionsdel finns ett antal element beskrivna.

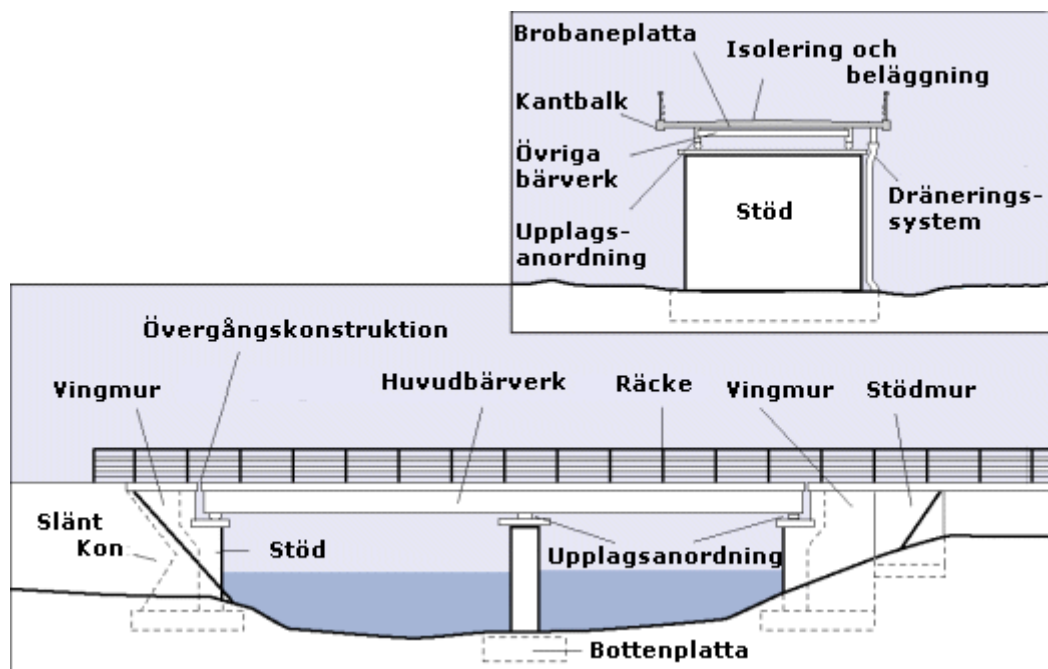


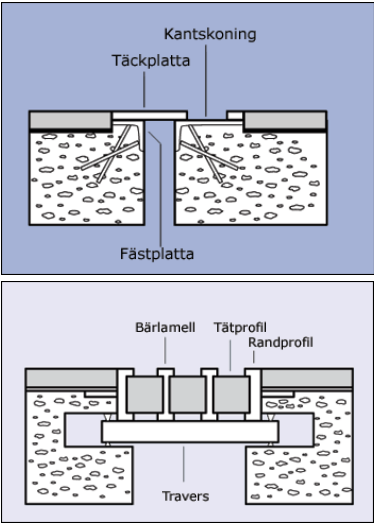
Figure 1 Konstruktionsdelar som finns i BaTMan

1 Övergångskonstruktion

1.1 Definition and structural elements

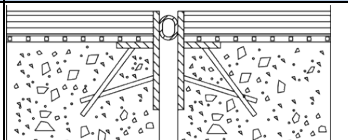
Övergångskonstruktionen ska kunna ta upp förekommande längd- och vinkelrörelser samt överbygga öppningar mellan olika delar av överbyggnaden eller överbyggnad och underbyggnad. Vidare ska övergångskonstruktionen skydda underliggande konstruktionsdelar från till exempel saltvatten. I Bronorm 88 bilaga 6-3 redovisas översiktligt ett antal typer av övergångskonstruktioner.

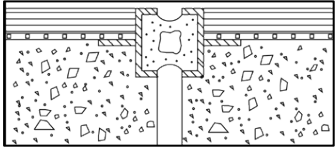
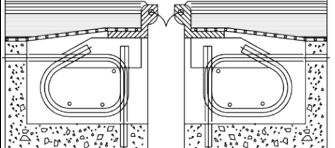

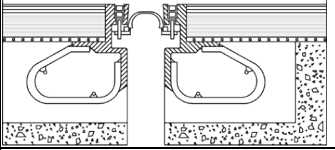
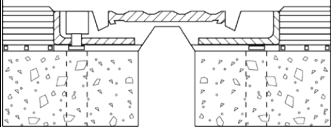
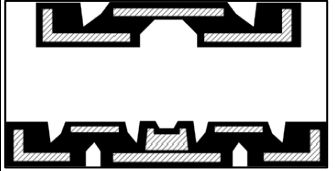
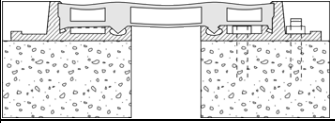
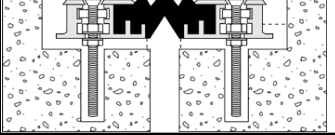
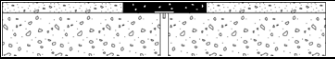
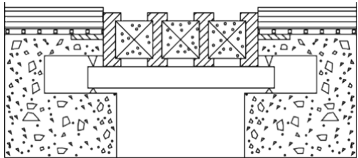


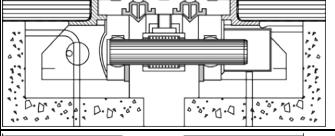
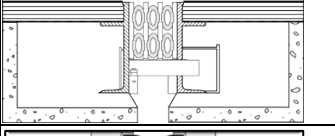
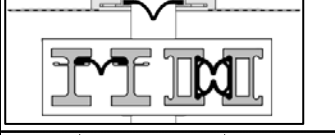
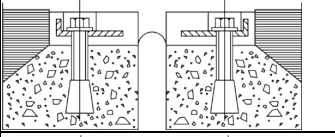
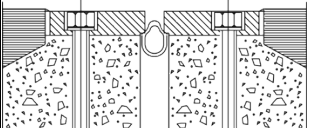
Table 5 Övergångskonstruktion structural elements

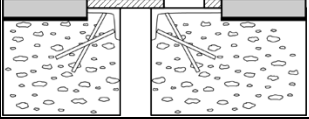
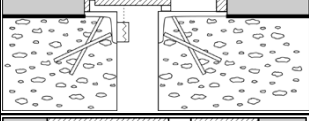
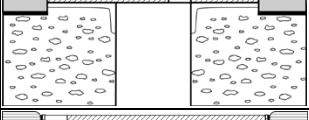
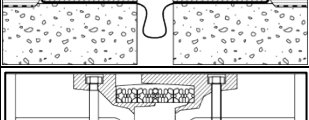
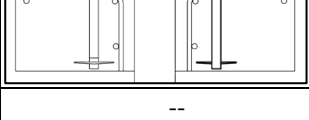
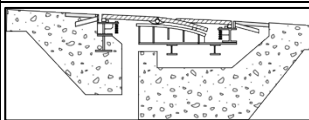
Structural Element	Photo
<p>Randprofil Randprofil - den i anslutande konstruktion fastgjutna delen av övergångskonstruktionen som med sin kloliknande del griper tag i en tätprofil.</p> <p>Tätprofil Tätprofil - gummiprofil (utförd som bandprofil, lådprofil, slangprofil, gummimatta etc) som sammanbinder randprofilerna samt fungerar som en tätning för att förhindra att vatten etc tränger ned genom fogen till underliggande konstruktionsdelar.</p> <p>Fogmassa Fogmassa - skyddar till exempel gummielement, tätar kring bultskallar etc</p> <p>Travers Travers - vid ett utförande med flera gummielement i rad bärs dessa upp av traversbalkar.</p>	

1.2 Övergångskonstruktion typ

Table 6 Övergångskonstruktion typ

Huvudtyp	Type	Photo
Konstruktion med en tätprofil	Vägverkets standard typ A	

	Maurer	
<p>Dessa konstruktioner är uppbyggda med randprofiler som gjuts fast i broände respektive landfäste och mot dessa ansluter isolering och beläggning. Mellan dessa randprofiler fästs tätprofilen. Oftast består tätprofilen av en gummiprofil utförd som t ex bandprofil, lådprofil, slangprofil, gummimatta.</p>	Tensalastic	
	Honel	
	Waboflex	
	Transflex	
	Delastiflex MT	
	Suntacs	
	Thorma Joint	
<p>Konstruktion med flera tätprofiler</p>  <p>Dessa fungerar på samma sätt som konstruktioner med en tätprofil med den skillnaden att de kan ta upp större rörelser. Tätprofilerna kläms fast på längsgående ställameller som bärs av tvärgående traversbalkar upplagda på lagerkonstruktioner i broändar, mellanstöd och landfästen.</p>	Maurer	
	Tensalastic	
	Recrido	
	RUB	
	Mageba 2	
	Fel-Span	
	Svensk	

<p>Konstruktion med täckplatta</p> <p>Denna konstruktion består av antingen en ledad eller en oledad täckplatta.</p>	Oledad, standardtyp B	
	Ledad och förspänd, standardtyp C	
<p>Fingerkonstruktioner</p> <p>Dessa består av öppna eller slutna fingerkonstruktioner.</p>	Öppen, standardtyp E	
	Sluten, Stup FT	
	Sluten, CIPEC Wd	
<p>Övriga</p>	Armerad glidbar beläggning, Armcliff	--
	Rullkonstruktion, Demag	
	Uppgift okänd	--

1.3 Existing stock and the repair records

Total number of bridges having expansion joints is 1027 bridges. The types of the expansion joints composed in the majority of these bridges are presented in Table 7.

Table 7 Övergångskonstruktion typ composed in the swedish road bridges

Övergångskonstruktion typ	Total Number	% of Total	Max Nybyggnadsar.
Maurer, en tätprofil,	544	49.05%	2012
Maurer, flera tätprofiler	204	18.39%	2012
Oledad, typ B, täckplatta	129	11.63%	1992
Tensalastic, flera tätprofiler	52	4.69%	2003
Tensalastic, en tätprofil	46	4.15%	2004
Typ A, en tätprofil	22	1.98%	2005
Uppgift okänd	21	1.89%	1993
Ledad, typ C, täckplatta	20	1.80%	1977
Svensk, flera tätprofiler	19	1.71%	1996
Honel, en tätprofil	13	1.17%	1974
Övriga	11	0.99%	2006
Recrido, flera tätprofiler	10	0.90%	1980
Tätprofil	9	0.81%	1979
Täckplatta	9	0.81%	1976
Grand Total	1109	100.00%	2012

Until august 2013, 897 repair and replacement actions were performed on expansion joints composed on 510 bridges out of those 1027 bridges having expansion joints. Thus, it could roughly be conceived that, the probability for repairing or replacing an expansion joint in a bridge is approximately equal to 50%. The actions type, the structural elements where the actions were performed, the average age of the structural-elements when that and the actions were performed and the 95% of the age are presented in Table 8. The first cycle actions are only included in this table. This means that if an expansion joint in a certain bridge had been subjected to a specific action more than once at different years, only the first action is considered. The 95% age of an action means that 95% of the actions were performed on the structural-element within that age, considering normal distribution of the actions' ages. The probability of an action's necessity represents the necessity probability of an action to be performed on new bridges. The action's necessity probability is computed by dividing the number of actions performed by the total number of bridges having that structural-element where that action was performed. Considering the statistical analysis given in Table 8, the probability of replacing an expansion joint after an average 32 years or 52 years as 95% is equal to 36%.

Table 8 Övergångskonstruktion och aktivitet type

Övergångskonstruktion och aktivitet type	Total Number of actions	% from Total	Average of Action age	StdDev of Action age	95% age of actions	Probability of the actions' necessity
Övergångskonstruktion	464	68.14%	32	11	55	45%
Utbyte	368	54.04%	32	10	52	36%
Komplettering	33	4.85%	28	16	59	3%
Justering	23	3.38%	26	16	59	2%
Fastsättning	16	2.35%	36	14	64	2%
Svetsning	12	1.76%	34	14	63	1%
Renovering	9	1.32%	41	9	58	1%
Vulkning	3	0.44%	26	14	55	0%
Övergångskonstr. tätprofil	146	21.44%	35	13	62	14%
Utbyte	91	13.36%	37	13	64	9%
Renovering	15	2.20%	42	5	53	1%
Justering	13	1.91%	27	13	54	1%
Fastsättning	13	1.91%	24	10	45	1%
Vulkning	8	1.17%	24	11	47	1%
Komplettering	5	0.73%	34	15	64	0%
Svetsning	1	0.15%	10			0%
Övergångskonstr. täckplatta	37	5.43%	34	16	66	4%
Fastsättning	16	2.35%	27	15	58	2%
Utbyte	15	2.20%	42	14	70	1%
Svetsning	4	0.59%	35	19	73	0%
Justering	1	0.15%	39			0%
Renovering	1	0.15%	33			0%
Övergångskonstr. randprofil	20	2.94%	39	13	65	2%
Svetsning	15	2.20%	43	8	58	1%

Utbyte	2	0.29%	21	18	58	0%
Fastsättning	1	0.15%	48			0%
Justering	1	0.15%	48			0%
Komplettering	1	0.15%	7			0%
Övergångskonstr. kantskoning	14	2.06%	39	6	51	1%
Utbyte	7	1.03%	35	4	43	1%
Svetsning	4	0.59%	47	1	48	0%
Fastsättning	2	0.29%	39	0	39	0%
Justering	1	0.15%	33			0%
Grand Total	681	100%	33	12	57	66%

Table 9 presents the commonly replaced Övergångskonstruktion types. The replacement actions of the entire Övergångskonstruktion are only considered in this table. As shown in Table 9, the necessity probability for replacing a “Svensk, flera tätprofiler” övergångskonstruktionst type in a new bridge is equal 84%. This means that the “Svensk, flera tätprofiler” övergångskonstruktionst type is the most frequently replaced type considering the total number of bridges having this type of övergångskonstruktion.

Table 9 Commonly replaced Övergångskonstruktionstyper

Övergångskonstruktion och aktivitet type	Total No. of actions	No. Of existing bridges having this type of Joints	Average of Action age	StdDev of Action age	95% age of actions	Probability of the actions' necessity
Maurer, en tätprofil,	185	544	32	11	53	34%
Maurer, flera tätprofiler	51	204	34	10	54	25%
Oledad, typ B, täckplatta	37	129	31	9	50	29%
Svensk, flera tätprofiler	16	19	33	8	49	84%
Tensalastic, flera tätprofiler	12	52	32	12	56	23%
Ledad, typ C, täckplatta	10	20	34	11	55	50%
Grand Total	311	968	33	10	53	32%

1.4 Recommended life-cycle plan

The normal design service lift-span of bridges having expansion joints is 100 years. Therefore, 100 years as life-span is considered in the LCP for Övergångskonstruktion in Table 10.

Table 10 Recommended LCP for övergångskonstruktion

Probability of the actions' necessity	100%	60%
Action type	Komplettering	Utbyte
Action time	25	50
Time type	interval	fixed

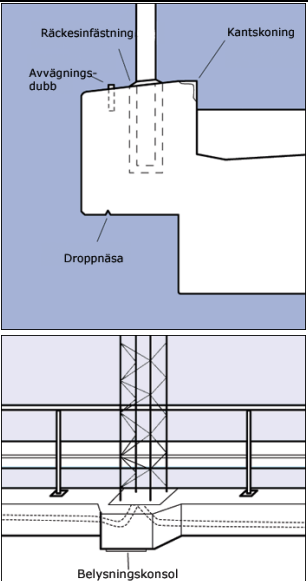
For further statistical analysis, the parameters that could affect the time of the recommended LCMs proposed in the above LCP could be the average daily traffic per lane, the expansion joint type, the number of the freezing and thawing cycles in the bridge location, etc.

2 Kantbalk

2.1 Definition and structural elements

Kantbalken fungerar som infästning för räcke samt utgör i vissa fall ett bärande element, till exempel vid brobanekonsol. Table 11 presents the structural-elements of the edge beams according to BaTMan while Table 12 presents the various types of edge beams.

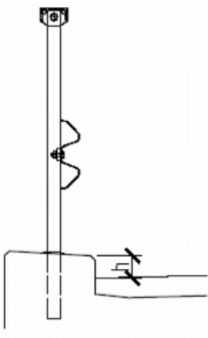
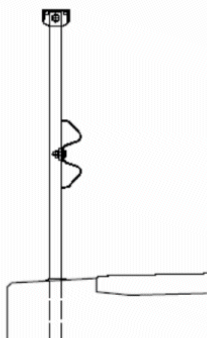
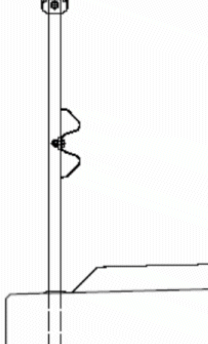
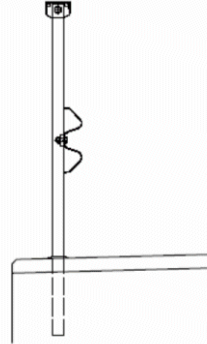
Table 11 Kantbalk structural-elements

Structural Element	Photo
<p>Kantskoning Kantskoning - en list av stål som förstärker och skyddar "kanten" av en konstruktionsdel, till exempel insidan av en kantbalk mot slitage eller påkörning av fordon. Förekommer främst på äldre konstruktioner.</p> <p>Räckesinfästning Räckesinfästning - avser ingjutningen av räcke ståndaren i till exempel kantbalken.</p> <p>Droppnäsa Droppnäsa - underlättar för vattnet att "släppa" från kantbalk etc.</p> <p>Avvägningsdubb Avvägningsdubb - används för att genom avvägningar kontrollera om rörelser uppstått i konstruktionen.</p> <p>Belysningskonsol Belysningskonsol - utgör fundament för belysningsstolpar.</p>	

2.2 Kantbalkstyp

Table 12 Kantbalkstyp

Huvudtyp	Photo
----------	-------

<p>I princip förekommer det tre typer av kantbalkar;</p> <p>Förhöjd kantbalk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förhöjd kantbalk, h>120 mm • Förhöjd kantbalk, h 80-120 mm • Förhöjd kantbalk, h<80 mm <p>Ej förhöjd kantbalk</p> <p>Försänkt kantbalk</p> <p>Försänkt kantbalk, slitbetong</p> <p>Övrig</p> <p>Dessutom finns ett antal kantbalkstyper som används framför allt av Stockholms Gatu- och Fastighetskontor, GFK, se listan nedan. Dessa kantbalkstyper ska inte användas för beskrivning av kantbalkar till Vägverkets konstruktioner.</p> <ul style="list-style-type: none"> • GFK Lutande mot körbanan- högre än beläggning • GFK Lös kantsten vid kantbalk, typ 101 • GFK Lutande mot körbanan - lägre än beläggning • GFK Lös kantsten vid kantbalk, typ 103 • GFK Lutande utåt • GFK Lös kantsten vid kantbalk, typ 105 • GFK Övriga typer • GFK Lös kantsten vid kantbalk, typ 107 • STHLM?109 	 <p>Förhöjd kantbalk</p>	 <p>Ej förhöjd kantbalk</p>
	 <p>Försänkt kantbalk</p>	 <p>Försänkt kantbalk med slitbetong</p>

2.3 Existing stock and the repair records

The total number of existing bridges having edge beams is 9370 bridges. The type of edge beams composed on those bridges, the maximum construction years and the total length of those edge beams are presented in Table 13. A bridge could have two different types of edge beam. This is the reason behind having a greater total number of edge beams' types in Table 13 than the total number of bridges having edge beams. As shown in Table 13, the most popular edge beam type composed on Trafikverket's bridges is "Förhöjd kb h 80-120 mm".

Table 13 commonly used Kantbalkstyp at Trafikverket

Kantbalkstyp	Total No. of Kantbalk	% from total No. of Kantbalk	Max of Nybyggnadsar	Total kantbalk längd (m)
Förhöjd kb h 80-120 mm	3044	30.97%	2013	227364
Ej förhöjd kantbalk	2072	21.08%	2012	175508
Förhöjd kb h<80 mm	1578	16.06%	2012	70275
Förhöjd kantbalk	850	8.65%	2013	66225
Övrig	779	7.93%	2012	71608
Försänkt kantbalk	703	7.15%	2012	73892
Förhöjd kb h>120 mm	544	5.54%	2012	60855
Försänkt kantbalk, slitbetong	258	2.63%	2012	18952
Grand Total	9828	100.00%	2013	764680

Until the day of this study, 6716 repair and replacement actions were performed on edge beams composed on 4180 bridges out of those 9370 bridges having edge beams. This could

mean that the necessity probability for repairing or replacing an edge beam in a new bridge is approximately equal to 45%. Table 14 presents the common damaged elements on edge beams, the major actions performed on those elements, the average age of those elements when those actions were performed and the probability of those actions' necessity. As shown in Table 14, the common actions performed on edge beams are Impregnering and utbyte. Considering the statistical analysis in Table 14, it could be considered that the necessity for replacing an edge beam in a new after 41 years as an average year or 59 years as 95% is equal to 7% while for Impregnering after 28 years as an average year or 56 as 95% is equal to 31%.

Table 14 main damaged elements of edge beams and the major actions performed

Edge beam and action type	No. of actions	% of actions from total	Average of Action age	StdDev of Action age	95%	probability of the action necessity
Kantbalk	4675	82.32%	30	14	59	49.89%
Impregnering	2894	50.96%	28	14	56	30.89%
Utbyte	642	11.30%	41	9	59	6.85%
Betongreparation >30-70 mm	373	6.57%	35	13	62	3.98%
Betongreparation 0-30 mm	258	4.54%	32	14	60	2.75%
Okänd	193	3.40%	29	10	48	2.06%
Försegling	93	1.64%	18	17	53	0.99%
Betongreparation >70-110 mm	79	1.39%	36	13	61	0.84%
Komplettering	59	1.04%	39	14	68	0.63%
Betongreparation >110 mm	41	0.72%	37	14	64	0.44%
Injektering	39	0.69%	21	16	54	0.42%
Kantbalk räckesinfästning	662	11.66%	26	14	54	7.07%
Betongreparation >30-70 mm	288	5.07%	29	14	57	3.07%
Betongreparation 0-30 mm	215	3.79%	22	13	48	2.29%
Okänd	68	1.20%	27	11	50	0.73%
Betongreparation >70-110 mm	43	0.76%	28	15	57	0.46%
Utbyte	13	0.23%	33	18	70	0.14%
Försegling	11	0.19%	8	7	22	0.12%
Impregnering	10	0.18%	12	11	33	0.11%
Betongreparation >110 mm	9	0.16%	30	10	51	0.10%
Injektering	3	0.05%	16	18	51	0.03%
Kantbalk kantskoning	235	4.14%	43	9	62	2.51%
Borttagning	199	3.50%	45	9	62	2.12%
Utbyte	9	0.16%	36	5	47	0.10%
Betongreparation >110 mm	9	0.16%	31	2	35	0.10%
Betongreparation >70-110 mm	8	0.14%	32	4	40	0.09%
Okänd	6	0.11%	32	12	56	0.06%
Betongreparation 0-30 mm	2	0.04%	31	4	38	0.02%
Kantbalk ytbehandling	107	1.88%	26	15	56	1.14%
Impregnering	103	1.81%	26	15	57	1.10%
Försegling	3	0.05%	22	12	45	0.03%
Grand Total	5679	100%	30	15	59	60.61%

Table 15 presents the average age of Impregnering and Utbyte actions for the various edge beams types and the necessity probability of these action for bridges having those types of

edge beams. The impregnating necessity of “Förhöjd kb h<80 mm” type is the highest, 39% compared with the other edge beam types. The “Ej förhöjd kantbalk” is the most frequently replaced edge beam type after an average of 40 years, the necessity probability for replacing this type of edge beam is about 11%.

Table 15 the average age for replacing and impregnating the common edge beams in Sweden

Action and edge beam type	Total No. of actions	Average of action age	StdDev of Action age	95% of the action age	No. Of existing bridges having this type of Joints	Probability of the actions' necessity
Impregnering	2894	28	14	56		
Ej förhöjd kantbalk	595	36	13	61	2072	29%
Förhöjd kantbalk	166	26	15	57	850	20%
Förhöjd kb h 80-120 mm	922	22	13	47	3044	30%
Förhöjd kb h<80 mm	622	30	13	57	1578	39%
Förhöjd kb h>120 mm	177	19	12	44	544	33%
Försänkt kantbalk	164	26	16	57	703	23%
Försänkt kantbalk, slitbetong	31	27	21	68	258	12%
Övrig	217	30	14	58	779	28%
Utbyte	642	41	9	59		
Ej förhöjd kantbalk	227	40	8	56	2072	11%
Förhöjd kantbalk	69	42	10	63	850	8%
Förhöjd kb h 80-120 mm	143	40	11	61	3044	5%
Förhöjd kb h<80 mm	72	40	10	61	1578	5%
Förhöjd kb h>120 mm	26	38	10	59	544	5%
Försänkt kantbalk	46	40	10	60	703	7%
Försänkt kantbalk, slitbetong	29	47	5	58	258	11%
Övrig	30	42	6	54	779	4%
Grand Total	3536	30	14	59		

2.4 Recommended life-cycle plan

The normal design service life-span of bridges having edge beams is 100 years. Therefore, 100 years as life-span is considered in the LCP for an edge beam, seen in Table 16.

Table 16 Recommended LCP for Kantbalk

Probability of the action necessity	50%	20%	20%
Action type	Impregnering	Utbyte	Betongreparation >30-70 mm
Action time	25	50	25
Time type	interval	fixed	interval

For further statistical analysis, the parameters that could affect the time of the recommended LCMs proposed in the above LCP could be the average daily traffic per lane, the edge beam type, the number of the freezing and thawing cycles in the bridge location, the thickness of concert cover, the quantity and type of the de-icing chemical and slats used in the bridge location, the expose condition, etc.