Closing Seminar
14-15 May, 2012
Malmö

NordFoU

Methodology for presentation of unit data for extended LCC-estimates

as used in LCC design-guideline for bridges of Finnish Transport Agency and as bases of “ETSI stuctural data base”

Dr Risto Kiviluoma, WSP Finland Ltd

Introduction

Bridge Life Cycle Optimisation

- bridge owners and engineers need tools to prepare extended life-cycle-cost (LCC) estimates at various stages of the project
- reliability of the results is dependent on
  - unit data used
  - detail of the methodology
- to allow comparison and review of LCC estimates of bridge designs, unit data and the used methodology needs to be preferably open and harmonized

Introduction

Bridge Life Cycle Optimisation

- aside with the Nordic ETSI project, Finnish Transport Agency (“LiVi”) has conducted a project for developing a *design guideline* for LCC-issues of road bridges
- project team
  - LiVi: Pekka Korhonen (project manager), Jouko Lämsä, Seppo Aitta, Marja-Kaarina Söderqvist, Timo Tirkkonen, Minna Torkkeli
  - WSP: Risto Kiviluoma

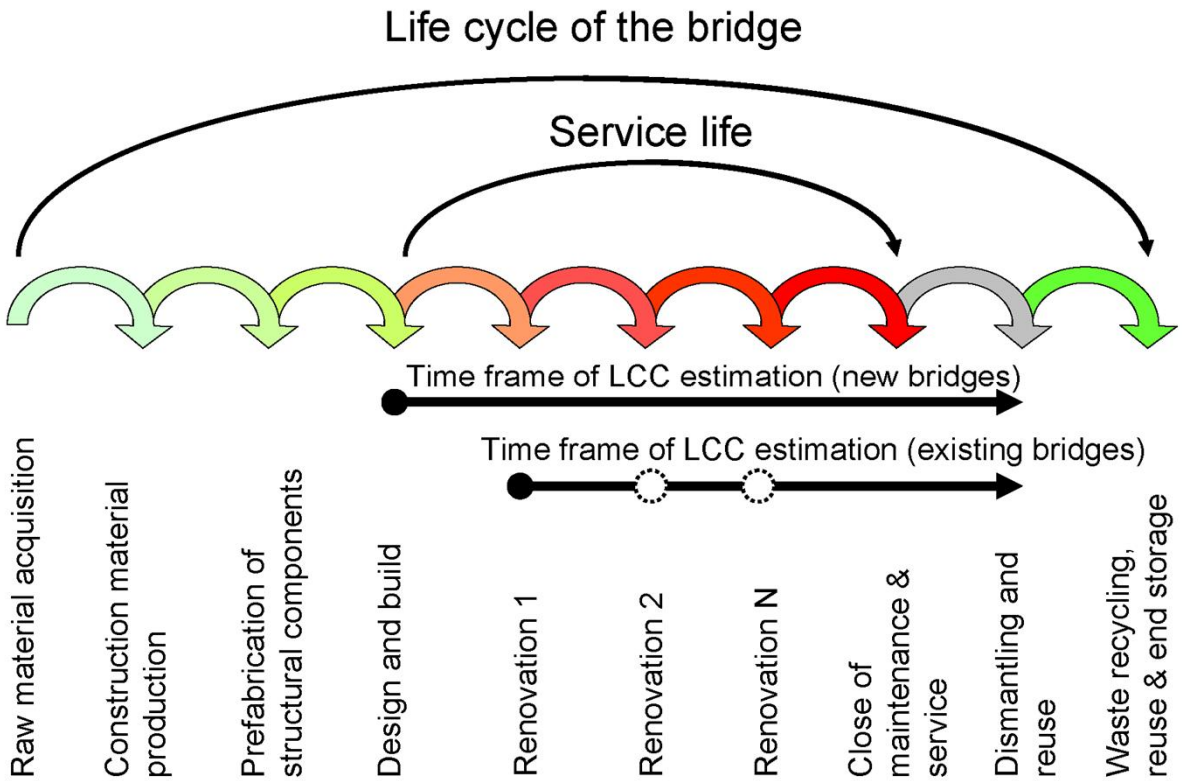
Introduction

Bridge Life Cycle Optimisation

- the guideline gives a full set of open unit data (“first guesses”) and the describes the methodology for a *bridge engineer* to prepare and extended LCC-estimate during the design stage
- 160 pp
  - 30 pp text
  - 70 pp unit data
  - example of LCC-estimate

Life-cycle description

Bridge Life Cycle Optimisation



Methodology

- time frame (review period) for LCC-estimation is fixed, and is 100 y unless otherwise stated by the employer
  - steel pipe and timber bridges have service life less than 100 y meaning that they have to be assumed rebuilt during the period

Methodology

Bridge Life Cycle Optimisation

	Direct costs	Indirect costs
Agency (N_A = 3)	• Construction ($C_{A,1}$) • Maintenance ($C_{A,2}$) – routine maintenance – operating – repairing – dismantling	• Risks ($C_{A,3}$)
Users (N_U = 2)		• Traffic delays ($C_{U,1}$) • Risks ($C_{U,2}$)
Society (N_S = 2)		• Environmental ($C_{S,1}$) – noise & vibration – waste & contamination – global stressors (LCA) • Risks ($C_{S,2}$)

Methodology

Bridge Life Cycle Optimisation

- extension of the methodology for standard quantity takeoff and cost estimation of a bridge:
  - cost = unit price * quantity
  - quantities as derivable from the design
- present value calculation for *all* cost types using multiple discount rates: 0%, 1%, 2% and 5%
  - using present value calculation for environmental costs reflects the improvement potential which exists in recycling, reusing, waste handling etc.

Extension of unit price lists

Bridge Life Cycle Optimisation

- standard unit price list for construction

4242 Bearings and joints
4242.1 Bearings
4242.11 Elastomeric bearings 500 €/pcs
* thickness > 60 mm +10 €/pcs
* ...other modifications to the base values

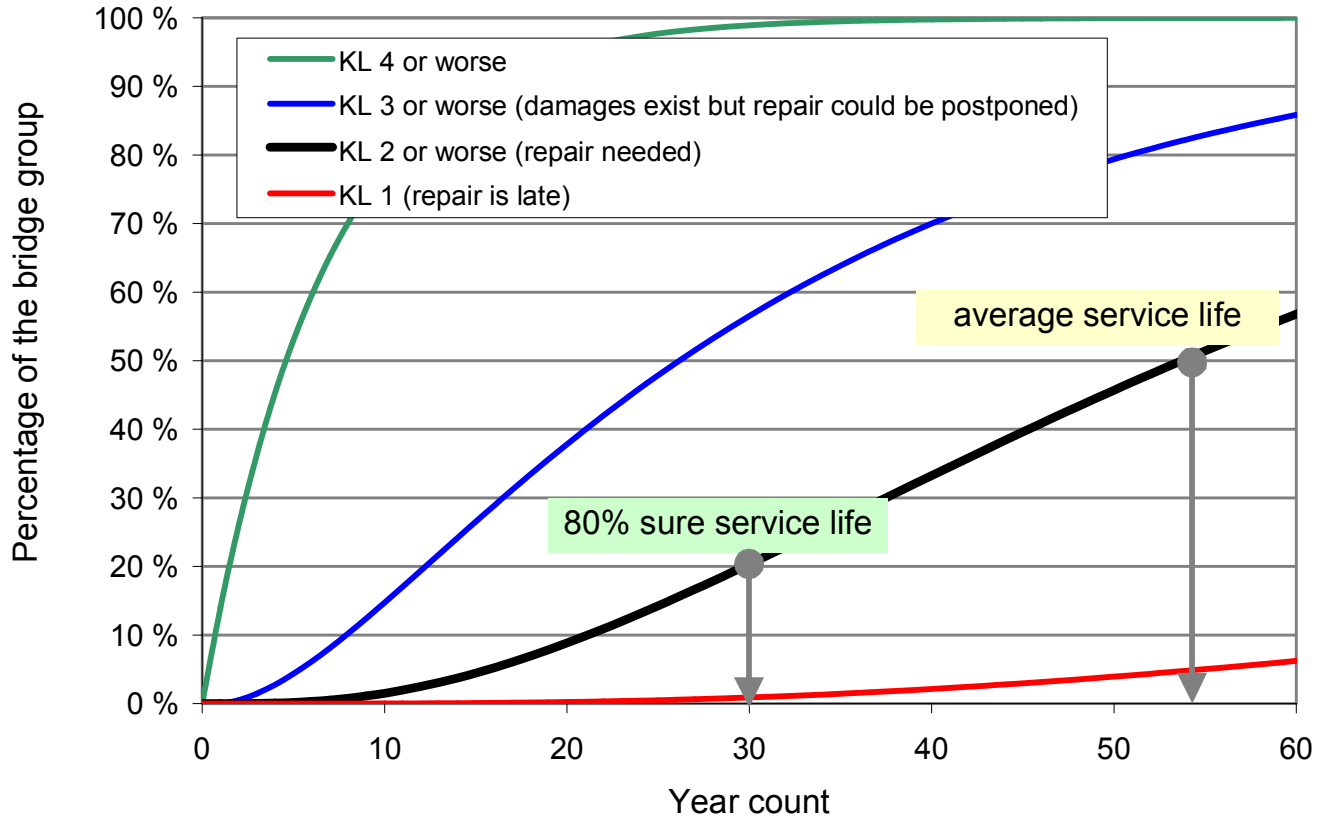
- extensions to LCC data

4242.11 Elastomeric bearings 500 €/pcs 0,5 day/pcs ....
* thickness > 60 mm +10 €/pcs -
:M1 release of deformations 100 €/pcs 0,1 day/pcs ....
:M2 replacement of the bearing 100% cost. 0,5 day/pcs ...
* modifications to base values ...

Service life and related risk

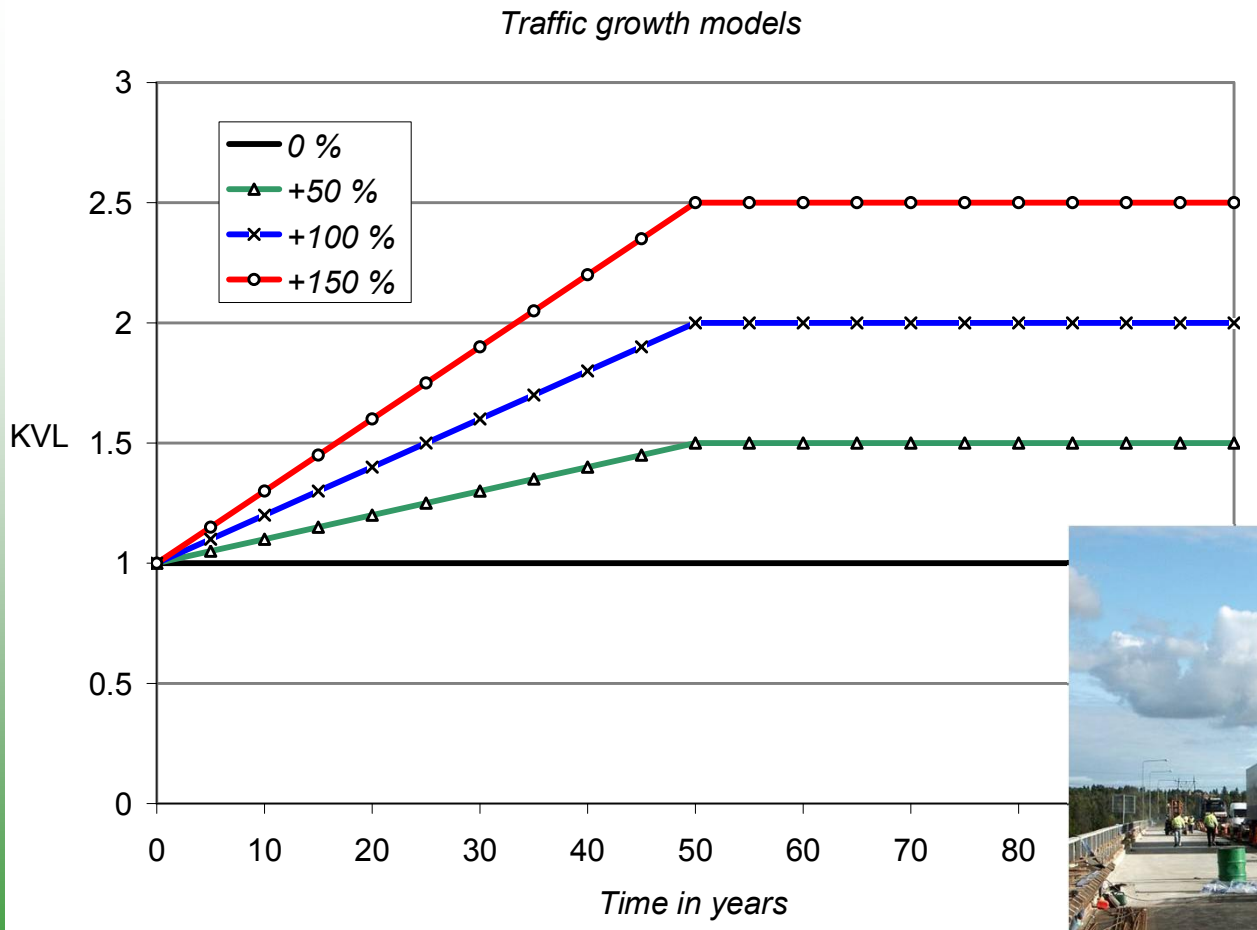
Bridge Life Cycle Optimisation

BMS-based distribution of condition indexes (KL):
edge beams on salted roads



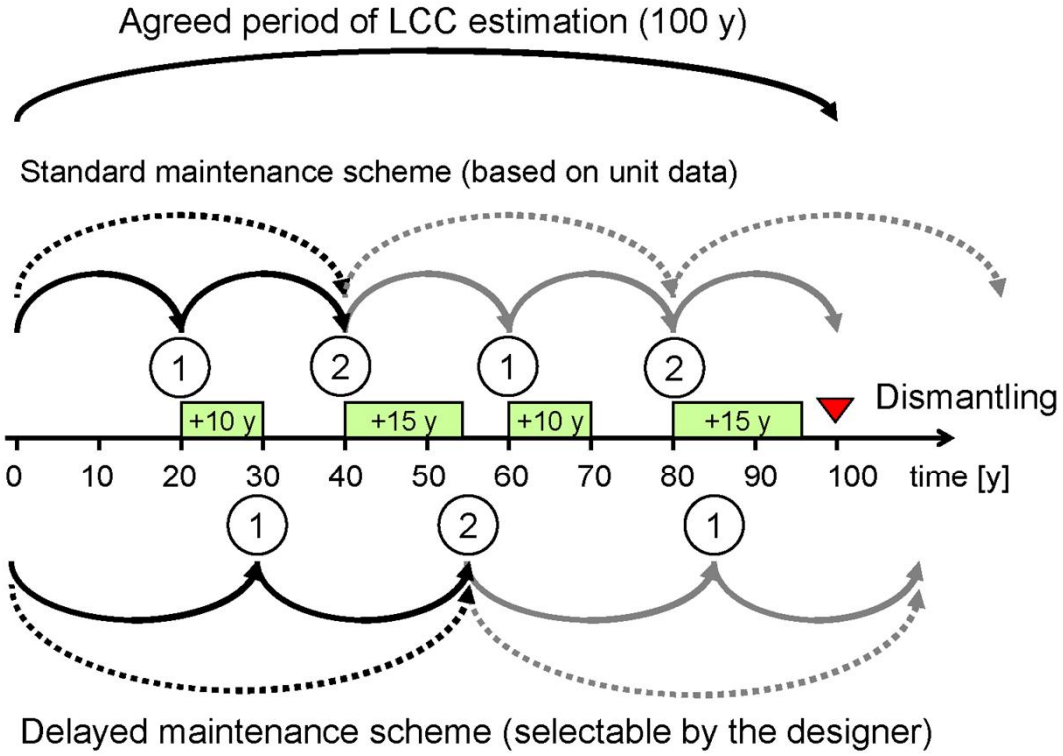
Traffic growth

Bridge Life Cycle Optimisation



Timing the maintenance operations

Bridge Life Cycle Optimisation



Unit data for Maintenance	(1) Renovation/repair • operation age 20 y • delay max +10 y	(2) Rebuild • operation age 40 v • delay max +15 v

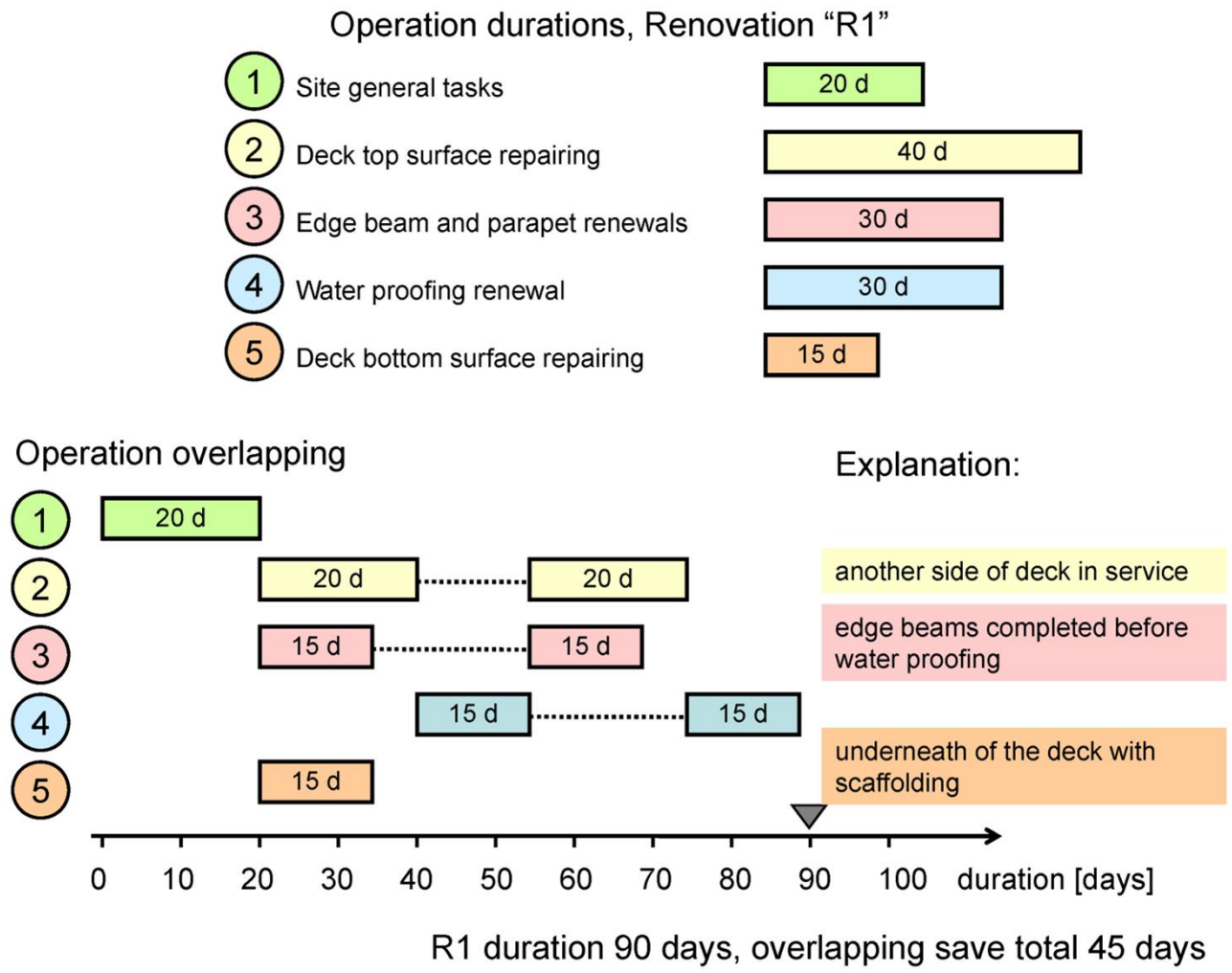
Example of “LCC plan”

Bridge Life Cycle Optimisation

Operation	*Abbr.*	*Year count*
Bridge design and construction	-	0
Maintenance repair 1	M1	15
Renovation 1	R1	30
Maintenance repair 2	M2	45
Renovation 2	R2	60
Maintenance repair 3	M3	75
Bridge is kept as unmaintained in intensified control	ML	90
Dismantling	MP	100
Routine maintenance and operation	MH	every year
General inspections	MY	every 5th
Road and bridge site maintenance	MT	varying

Duration of maintenance operation

Bridge Life Cycle Optimisation



Basic unit data

Bridge Life Cycle Optimisation

Number	Title	Unit	Operat. year	Operat. delay max y	Unit costs €/yks	Unit costs % const. costs	Duration d/unit	Traffic % duration	Routine maint. €/y	Env. L_{CNE} t/unit	Noise % duration	Vibration % duration	Contamin. % duration	Waste t/unit	Remarks
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIO-RAKENTEET														
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT														
1120	POISTETTAVAT, SIIRRETTÄVÄT JA SUOJATTAVAT RAKENTEET														
1123	Poistettavat, siirrettävät ja suojattavat sillat														kierrätys ja uusiokäyttö voidaan ottaa huomioon
	- betonirakenteet	m3	-	-	-	50 %	0,01		-	-	50 %	-	50 %	0,8	
	- kivirakenteet	m3	-	-	-	50 %	0,01		-	-	50 %	-	20 %	-	
	- puurakenteet	m3	-	-	-	50 %	0,01		-	-	20 %	-	20 %	0,8	
	- teräsrakenteet	t	-	-	-	50 %	0,01		-	-	20 %	-	20 %	2,1	
	- muut rakenteet	pcs	-	-	-	50 %	0,01		-	-	20 %	-	20 %	0,1	
	* lisä kestoon kierrätyksestä						+20%								
1300	PERUSTUSRAKENTEET														
1310	MAANVARAISET PERUSTUKSET														voidaan jättää ottamatta huomioon sillan peruslaatat kts. 4207
1320	PAALUPERUSTUKSET														
1321	Lyöntipaalut														
1321.1	Betonipaalut	m													
	:1 korjaaminen	m	70	+20	-	200 %			-	-	50 %	50 %	50 %		
	* käyttöikämitoitus 100 v	*	+50												
	* ei käyttöikämitoitusta														
	* veden vaikuts W1	*	-10												
	* veden vaikuts W2	*	-20												
1321.2	Teräspaalut	m													
	:1 korjaaminen	m	70	+20	-	200 %			-	-	50 %	50 %	50 %		
	* käyttöikämitoitus 100 v	*	+50												
	* ei käyttöikämitoitusta														
	* veden vaikuts W1	*	-10												
	* veden vaikuts W2	*	-20												
	* suolauksen vaikutus S4	*	-20												
1321.3	Puupaalut	mtr													
	:1 korjaaminen	mtr	50	+20	-	100 %			-	-	50 %	50 %	50 %		
1324	Kaivettavat paalut														

Bridge Life Cycle Optimisation

Basic unit data

A	B	C	D	E	F	G	H		I	J					K
Numero	Nimike	Mitta-yks.	Toimenpide vuosi	Toimenpideviive maks. v.	Yks. kesto vrk/yks	Ajo-kust. % kesto	Yksikköhinnat €/yks	% rak. kust	Hoito ja käyttö €/vuosi	Yks. L_{CW} t/yks.	Melu % kesto	Tärinä % kesto	Likaant. % kesto	Yks. rak.jäte t/yks.	Huom.
2141.4	Valuasfaltti (VA)	m2tr	-	-	0.01	100 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
	X1 Uusiminen * 1000 < KVL ≤ 3000 * 3000 < KVL ≤ 10000 * KVL > 10000	m2tr * * *	20 -2 -5 -10	+5	0.01	100 %	-	50 %	-	0.01	50 %	-	-	0.2	
2141.5	Avoin asfaltti (AA)	m2tr	-	-	0.01	100 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
	X1 Uusiminen * 3000 < KVL ≤ 10000 * 10000 < KVL ≤ 30000 * KVL > 30000	m2tr * * *	20 -1 -2 -5	+5	0.01	100 %	-	50 %	-	0.01	50 %	-	-	0.2	
2141.6	Tiivis asfalttibetoni (ABT)	m2tr	-	-	0.01	100 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
	X1 Uusiminen * 3000 < KVL ≤ 10000 * 10000 < KVL ≤ 30000 * KVL > 30000	m2tr * * *	20 -1 -2 -5	+5	0.01	100 %	-	50 %	-	0.01	50 %	-	-	0.2	
2142	Pintaukset		-	-	0.01	100 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
2142.1	Sirotepintaus (SIP)	m2tr	-	-	0.01	100 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
	X1 Uusiminen	m2tr	20	+5	0.01	100 %	-	50 %	-	0.01	50 %	-	-	0.2	
2142.2	Soratien pintaus (SOP)	m2tr	-	-	0.01	100 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
	X1 Uusiminen	m2tr	20	+5	0.01	100 %	-	50 %	-	0.01	50 %	-	-	0.2	
2142.3	Emulsiopintaus (EP)	m2tr	-	-	0.01	100 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
	X1 Uusiminen	m2tr	20	+5	0.01	100 %	-	50 %	-	0.01	50 %	-	-	0.2	
2143	Betoniset pintarakenteet														
2143.1	Betonikivi- ja laattapäällysteet	m2tr	-	-	0.1	10 %	rak.	-	-	0.01	-	-	-	-	
	X1 Kunnostaminen * siltapaikkaluokat I ja II	m2tr *	30 -10	+10	0.1	10 %	-	25 %	-	-	-	-	-	-	

A *Title numbering*

B *Title as appearing in the standard titling system for infrastructures*

C *Unit (m, m2, m3, kg, etc.) of the quantity*

D *Year for a maintenance operation*

E *Number of years the maintenance operation could be postponed (size of the timeframe)*

F *Multiplier for duration of the construction or maintenance operation*

G *Percentage of time the operation causes traffic disturbance*

H *Unit costs per quantity. For maintenance operations, this could be given as unit of money or as percentage of the construction costs*

I *Annual cost of routine maintenance*

J *Multipliers for production of combined environmental stressor per quantity; percentage of time the operation causes harmful noise; percentage of time the operation causes harmful ground vibration; percentage of time the operation causes contamination near the site; multiplier of waste production per quantity*

K *Remarks.*

![ETSI]

Unit data for risks

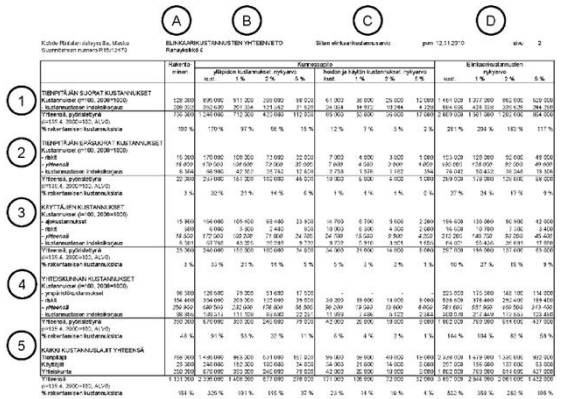
Bridge Life Cycle Optimisation

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Numero	Riskin kuvaus	Riskin todennäköisyys yksikköä kohden				Riskin seuraukset				Huom.
		yksikkö	alentunut riskitaso[1]	normaali riskitaso	kohonnut riskitaso[2]	yksikkö	alentunut riskitaso[1]	normaali riskitaso	kohonnut riskitaso[2]	
4200.T1	TIENPITÄJÄN RISKIT									
4200.T11	Rakentaminen									
4200.T111	Rakennusajan piteneminen									
	- tavanomaiset siltatyypit	-	0.05	0.1	0.2	rak.kust.	10 %	10 %	10 %	[1]hyvät perustusolosuhteet
	* rak. korkeasuhdanteen aikana	*	+0,025	+0,05	+0,1					[2]huonot perustusolosuhteet
	- erikoiset siltatyypit	-	0.05	0.1	0.2	rak.kust.	10 %	10 %	10 %	[1]vastaavia siltoja rakennettu ≥ 5 kpl 10 v aikana [2]vastaavia siltoja rakennettu 0-1 kpl 10 v aikana
4200.T112	Kustannusten ylittyminen									
	- tavanomaiset siltatyypit	-	0.1	0.2	0.3	rak.kust.	10 %	10 %	15 %	[1]rakentaminen taantuman aikana
	* suun. ja rak. lupakäsittelyjä kesken ennen aloittamista					*	+5%	+5%	+5%	[2]rakentaminen korkeasuhdanteen aikana
	- erikoiset siltatyypit	-	0.05	0.1	0.2	rak.kust.	10 %	10 %	10 %	[1]vastaavia siltoja rakennettu ≥ 5 kpl 10 v aikana [2]vastaavia siltoja rakennettu 0-1 kpl 10 v aikana
4200.T113	Sillan romahtaminen	-	0.0005	0.001	0.002					[1]risteyssillat ilman rakentamisen aikaista liiken.
	* suurin jännemitta ≥ 50 m	*	+50 %	+50 %	+50 %					[2]jääkuormat tai tulvat mahdollisia kuormia tei-nelle
	* aineettomat kustannukset									
	L < 100 m	*				€	50 000	50 000	50 000	
	L ≥ 100 m	*				€	100 000	100 000	100 000	
4200.T12	Ylläpito									
4200.T121	Suunniteltua nopeampi peruskorjaustarve									
	- reunapalkkien uusimiset	-	0.15	0.2	0.3	korj.kust.	10 %	10 %	10 %	[1]vastaavia rakenteita ollut käytössä ≥ 30 v [2]vastaavia rakenteita ollut käytössä < 10 v (rakenne & materiaali & eristys & pinnoitus)
	- kannen pintarakenteiden uusimiset	-	0.15	0.2	0.25	korj.kust.	10 %	10 %	10 %	[1]vastaavia rakenteita ollut käytössä ≥ 30 v
	* KVL > 10000	*	+0.05	+0,05	+0,05					[2]vastaavia rakenteita ollut käytössä < 10 v
	* vesipiikkauksen käyttö betonikannen yp korj.	*	-0,05	-0,05	-0,05					(tyyppi & työtapa & materiaalit)
	* silta kokonaan suljettu liikenteeltä uusimisen yhteydessä	*	-0,05	-0,05	-0,05					
	* eristystöiden suhteen epäedullinen vuodenaika	*	+0,1	+0,1	+0,1					
	* muodonmuutosten tai liikennetärinän suhteen herkkä kansi	*	+0,05	+0,05	+0,05					teräskantiset teräsillat, avattavien siltojen läpät, hoikat betonisillat

A	*Number related to title*
B	*Title and description of a risk*
C	*Unit related to definition of the risk probability*
D	*Probability for reduced risk level*
E	*Probability for normal risk level*
F	*Probability for increased risk level*
G	*Unit (€, % construction costs, etc.) related to definition of the risk consequence*
H	*Consequence for reduced risk level*
I	*Consequence for normal risk level*
J	*Consequence for increased risk level*
K	*Observations and rules for applying reduced and increased risk levels.*

Results summary (of extended LCC-estimate)

Bridge Life Cycle Optimisation



A	*Construction costs*
B	*Present value of maintenance cost (0 %, 1 %, 2 % and 5 % discount rates)*
C	*Present value routine maintenance and operation costs (0 %, 1 %, 2 % and 5 % discount rates)*
D	*Present value of LCC (0 %, 1 %, 2 % and 5 % discount rates)*
1	*Rows for direct costs of the agency*
2	*Rows for indirect costs of the agency*
3	*Rows for user costs*
4	*Rows for society's costs*
5	*Summary of all cost types.*

Conclusions

Bridge Life Cycle Optimisation

- Finnish Transport Agency has prepared a guideline for extended LCC-estimation of road bridges. The main objective is to allow comparison of cost of different designs
- the guideline requests a bridge engineer to do single additional design document “Bridge LCC-estimate”

Conclusions

Bridge Life Cycle Optimisation

- guideline contains full set of unit data about 70 pp unit data as annex
- experiences obtained in the development of the guideline and its test use have been promising
  - LCC could be estimated and compared at design stage with the same methodology and mutual reliability than construction costs
  - with spread-sheet template available, bridge engineers can do the work with work effort of order one man-week (about 10 bridge case studies conducted so far)
- extended LCC data could be recommended to be published openly (and periodically) by the relevant bodies.