

Thesis 312

Projekt Rocky

En analys av livscykelkostnader kring broräcken

Hoang Le

Duc Thinh Dinh

Trafik och Väg
Institutionen för Teknik och Samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet



Copyright © Hoang Le, Duc Thinh Dinh

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle
CODEN: LUTVDG/(TVTT-5279)/1-69/2018
ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet
Lund 2018

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5279)/1-
69/2018

Thesis 312/ Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 312

ISSN 1653-1922

Author(s): Hoang Le
Duc Thinh Dinh

Title: Projekt Rocky – En analys av livscykelkostnader kring broräcken

English title: Project Rocky – An analysis of life cycle costs regarding guard rails for bridges

Language Svenska/Swedish

Year: 2018

Keywords: Guard rails; Pipe rails; W-profile rails; LCC; Motorway analysis;

Citation: Hoang Le, Duc Thinh Dinh. Projekt Rocky – En analys av livscykelkostnader kring broräcken. Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2018. Thesis 312

Abstract:

Out of the existing road equipment, guard rails are the ones placed closest to the carriageway. Therefore, a lot of consideration should be given to the formation of the guard rails, the placement of the guard rails and the design of the guard rails. The purpose of guard rails is that they are used to protect drivers from driving off the road, to protect drivers from driving on the opposite traffic lane and to prevent collisions between the driver and the unprotected road users. The intention with guard rails is therefore to achieve a higher safety on the roads and to achieve minor injuries when a collision occurs.

Today, while choosing which investment option to invest in, the decision basis is mainly based on the investment cost. However, a lower investment cost does not need to result in a lower total cost, due to other factors that also should be taken into consideration. LCC, Life Cycle Costing, which includes the costs that occurs during the whole building process is therefore preferable as a decision basis while choosing between investment options.

By analyzing and studying the traffic accidents, the reparation of guard rails and other important data, a life cycle model can be established and used to analyze and determine which type of guard rail that is preferable from an economic perspective.

Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Innehållsförteckning

Förord	10
Sammanfattning	11
Summary	12
1. Inledning	13
1.1. Bakgrund	13
1.2. Syfte	14
1.3. Problemformulering	14
1.4. Avgränsning	14
1.5. Metod	15
2. Litteraturstudie	16
2.1. Räckestyper	16
2.1.1. Sidoräcke på broar	16
2.1.2. Mitträcke på broar	17
2.2. Val av räcke	19
2.2.1. Funktionella egenskaper	19
2.2.2. Drift och underhåll	20
2.2.3. Miljöpåverkan	20
2.2.4. Möjlighet till räddningsinsats	20
2.2.5. Estetik	20
2.2.6. GC och andra oskyddade trafikanter	20
2.3. LCC	21
2.3.1. LCCA	21
2.3.2. Systemgräns	23
3. Metod	24
3.1. LCC-modellens struktur	24
3.2. Underlag vid analys	25
3.3. Programvara vid analys	27
3.3.1. QGIS	27
3.3.2. PMSv3	28
3.3.3. Vägtrafikflödeskartor	29

3.4.	<i>Antaganden och generaliseringar</i>	29
3.5.	<i>Ekvationer och data som används i beräkningarna</i>	31
3.5.1.	<i>Olycksanalys och analys av räckesreparationer</i>	31
3.5.2.	<i>Känslighetsanalys</i>	31
3.6.	<i>Olycksanalys</i>	32
3.7.	<i>Analys av räckesreparationer</i>	33
3.8.	<i>Framtagning av LCC-modell</i>	33
3.9.	<i>Känslighetsanalys</i>	34
4.	Resultat	35
4.1.	<i>Framtagna PO- och DSS-kvoter ur olycksanalysen</i>	35
4.2.	<i>Framtagna livscykelkostnader utifrån framtagen LCC-modell</i>	36
5.	Diskussion och slutsats	41
6.	Förslag på fortsatt arbete	43
7.	Referenser	45
8.	Bilagor	49
8.1.	<i>Bilaga 1 – Ekvationer som används i beräkningarna</i>	49
8.2.	<i>Bilaga 2 – Beräkningar av olyckskostnadskvot</i>	54
8.3.	<i>Bilaga 3 - Beräkningar av PO-kvot och DSS-kvot</i>	56
8.4.	<i>Bilaga 4 – Statistiska analyser från olycksanalysen i form av T-test</i>	60
8.5.	<i>Bilaga 5 – Beräkningar av reparationskostnadskvoten</i>	68
8.6.	<i>Bilaga 6 – Statiska analyser från räckesreparationsanalysen i form av T-test</i>	70
8.7.	<i>Bilaga 7 – Framtagen LCC-model</i>	76

Förord

Detta examensarbete är det avslutande momentet på vår utbildning Civilingenjör i Väg- och vattenbyggnad. Arbetet är skrivet vid Institutionen för Teknik och samhälle på Lunds tekniska högskola.

Vi vill först och främst tacka Ebrahim Parhamifar och Per Strömgren för det stöd och råd vi har fått under arbetets gång. Det har varit en utmanande samt lärorik del i vår studietid och vi är väldigt tacksamma för den tålmodighet samt mentorskap som vi har fått erhålla från er. Avslutningsvis vill vi även uttrycka ett stort tack till våra vänner och familj för det stöd vi har fått från er under alla dessa år.

Hoang Le, Duc Thinh Dinh

Lund, februari 2018

Sammanfattning

Räcken är den vägutrustning som vanligtvis är placerade närmast körbanan och därför är det viktigt med utformning, placering och gestaltning av dessa. Räcken installeras av olika skäl, vilka är att fungera som avkörningsskydd för föraren, mittremsa för att förhindra mötesolyckor och skydd för oskyddade trafikanter. Målet med räcken är att uppnå högre trafiksäkerhet och lindrigare skador.

Inom vägsektorn utgörs beslutsunderlaget för investeringsalternativ av investeringskostnaderna för respektive alternativ. Dock behöver inte en låg investeringskostnad innebära en låg totalkostnad då det är andra kostnadsfaktorer som också spelar roll för totalkostnaden. Life Cycle Costing, LCC, som innehåller kostnader som uppstår under hela byggprocessen är därmed att föredra som beslutsunderlag.

Med hjälp av en olycksanalys, analys av räckesreparationer och andra underlag upprättas en komplett livscykelmodell för att analysera vilket typ av räcke, W-räcke eller rörräcke, som är mest ekonomisk lönsamt ur ett långsiktigt perspektiv. I olycksanalysen kommer personolyckskvoten och DSS-kvotet (död och svårt skadade) för rörräcken och w-räcken att studeras för att kunna bedöma olyckskostnaden.

Ändamålet med LCC-modellen är att den ska kunna användas som en komponent i beslutsunderlagen. Modellen framtas genom granskning kring broräcken på väg E4 och E6 och de kostnadsposter som anses vara relevanta är investeringskostnad, olyckskostnadskvot, reparationskostnadskvot och driftkostnader. Som underlag i detta examensarbete används polisrapporterade olyckor, SPVA-register, NVDB-filer, kostnader för olika skadegrader och investeringskostnader.

Resultatet visade att W-profilen alltid kommer att vara mer ekonomisk lönsam jämfört med rörräcken oavsett förhållanden på bron vad gäller dess längd och ÅDT. Däremot anses W-profilen inte vara lika trafiksäker som rörräcket enligt PO- och DSS-kvoterna då det visar sig att det är fler som dör eller blir svårt skadade på broar med W-räcken.

Summary

Out of the existing road equipment, guard rails are the ones placed closest to the carriageway. Therefore, a lot of consideration should be given to the formation of the guard rails, the placement of the guard rails and the design of the guard rails. The purpose of guard rails is that they are used to protect drivers from driving off the road, to protect drivers from driving on the opposite traffic lane and to prevent collisions between the driver and the unprotected road users. The intention with guard rails is therefore to achieve a higher safety on the roads and to achieve minor injuries when a collision occurs.

Today, while choosing which investment option to invest in, the decision basis is mainly based on the investment cost. However, a lower investment cost does not need to result in a lower total cost, due to other factors that also should be taken into consideration. LCC, Life Cycle Costing, which includes the costs that occurs during the whole building process is therefore preferable as a decision basis while choosing between investment options.

By analyzing and studying the traffic accidents, the reparation of guard rails and other important data, a life cycle model can be established and used to analyze and determine which type of guard rail that is preferable from an economic perspective. While analyzing the traffic accidents, calculations such as how often a person gets involved in an accident, the person-accident-quota, and how serious the injuries are due to the collision, the DSS-quota, will be made. These quotas will be used to evaluate the safety of the various guard rails.

The established LCC-model is mainly based on analyses of bridges on the motorways E4 and E6, and the purpose of the established LCC-model is that it should be able to be used as a decision basis while choosing between various guard rails to invest in. Important cost items for the LCC-model are investment costs, traffic accident costs, reparation costs and operating costs. The data that are used in this degree project is a list of police reported accidents, SPVA-register, NVDB-files, accident costs depending on the accident degree and investment costs.

The result shows that out of the two existing guard rails, the W-profile and the pipe guard rail, the W-profile is the preferable investment option from an economic perspective regardless of factors such as the length of the bridge and the annual average daily traffic on the bridge. However, the W-profile is not as safe as a guard rail compared to the pipe guard rail, since the results of the person-accident-quota and the DSS-quota shows that drivers who collides with the W-profile are more likely to die or become more seriously injured.

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Generellt är det viktigt med välplanerade sidoområden för att uppnå en högre trafiksäkerhet på vägen. Eftersom räcken är den vägutrustning som i vanliga fall är placerade närmast körbanan är det viktigt med gestaltning, utformning och placering av dessa (Vägverket, 2004a).

Cirka 18 000 km av det statliga vägnätet i Sverige, med en omfattande sträcka på cirka 100 000 km, har skyddsanordning i form av räcken (Rydén 2012). Enligt trafikverket (Vägverket, 2004a) installeras räcken på vägen av flera skäl. Avsikten är att räcken ska fungera som avkörningsskydd för förare och passagerare vid avkörning, avkörningsskydd för att förhindra påkörning av objekt eller verksamhet som till exempel risk- och skyddsobjekt eller GC-trafik som är belägen utanför vägen och mittremsa för att hindra mötesolyckor och skydd för gående och cyklister som av misstag kan komma in på vägen. Målet med skyddsanordningen är att uppnå högre trafiksäkerhet och reducerade skador vid olyckor. Därför är det viktigt att planera dessa så att skador vid kollision med räcken ska bli lindrigare än fallet utan räcken (Vägverket, 2004a).

Inom vägsektorn i dagsläget är utgör beslutsunderlaget främst kring vilket investeringsalternativ som ska användas av investeringskostnaderna. Detta på långsikt kan ge stora konsekvenser då en låg investeringskostnad inte nödvändigtvis behöver resultera i en låg total kostnad. Ifall en lägre investeringskostnad prioriteras före kvalitet kan detta i sin tur orsaka högre kostnader i senare skeden och kan därmed innebära en högre total kostnad. Detta på grund av att andra kostnader som reparationskostnader kommer att öka. Således finns det goda skäl att tillämpa LCC, Life Cycle Costing, vid investeringsstadiet då LCC i sig är ett begrepp som bygger på att man tar hänsyn till en tillgångs sammantagna konsekvenser över dess livstid. Som underlag används Livscykelkostnadsanalys, LCCA, som är ett verktyg som nyttjas vid besluts- eller utvärderingsprocess. LCCA tar hänsyn till samtliga konsekvenser i form av kostnader som uppstår under hela byggprocessen. Utifrån detta kan bedömningen underlättas inför val av investeringsalternativ då man med hjälp av LCCA får en klarare bild av vilket investeringsalternativ som är mest ekonomiskt hållbar ur ett långsiktigt perspektiv (Forsman, 2010).

1.2. Syfte

Huvudsyftet med examensarbetet är att analysera olika räckestyper vid olyckor för att kunna upprätta en komplett livscykelkostnadsmodell. Den framtagna livscykelkostnadsmodellen ska bestämma den ekonomiska lönsamheten för olika räckestyper ur ett långsiktigt perspektiv och ändamålet är att modellen ska kunna nyttjas som en komponent i beslutsunderlagen och därmed underlätta vid val av olika investeringsalternativ.

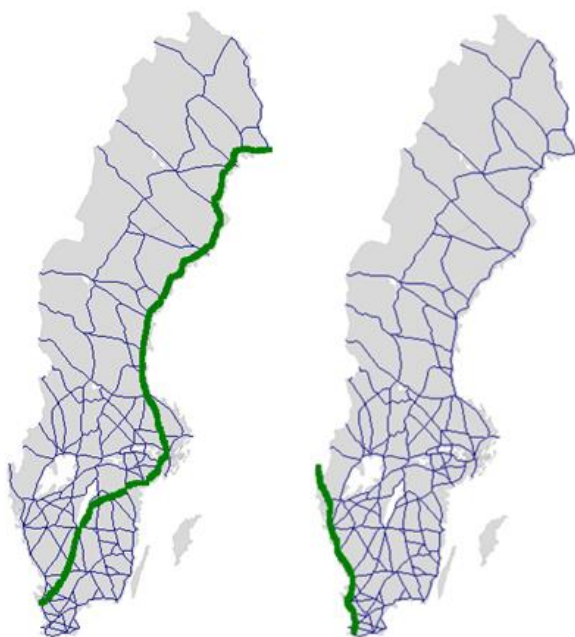
1.3. Problemformulering

Sammantaget ska huvudsakligen följande frågeställning besvaras:

- Vilken räckestyp är mest kostnadseffektivt ur ett långsiktigt perspektiv?

1.4. Avgränsning

Examensarbetet avgränsas på så vis att enbart broräcken på motorvägarna E4 och E6 studeras. På väg E4 kommer sträckan mellan Skåne län och Norrbottens län att studeras och på väg E6 kommer sträckan mellan Skåne län och Västra Götalands län att studeras enligt figur 1.



Figur 1. Väg E4 till vänster och Väg E6 till höger

1.5. Metod

En litteraturstudie utförs initialt och är avsedd för att erhålla teoretiska kunskaper kring både räcken och LCC. Vidare ska denna litteraturstudie utgöra ett underlag som används för att besvara frågeställningen. För detta ändamål krävs det en allmän teoretisk grund för att förstå vilka räckestyper som är aktuella att analysera på broar. Vad gäller LCC krävs det en teoretisk förståelse över konceptet i sig för att veta vilka ekvationer och ingående termer som är aktuella inför framtagandet av en korrekt LCC-modell som ska beröra räcken. Den teori som LCCA kretsar kring i litteraturstudien är tillämpad för fastighetsbranschen. Trots detta kommer den teorin att utgöra grunden för framtagandet av en ny LCC-modell för räcken då fastighetsbranschen och vägbranschen anses vara närbelägna. Likaså gäller efterföljande avsnitt om systemgränser där teorin är tillämpad för väganläggningar. Även denna teori anses kunna tillämpas på ett analogt sätt för räcken. De informationskällor som används i denna litteraturstudie är främst Internetkällor och vetenskapliga artiklar.

Vid framtagandet av en LCC-modell för räcken görs en olycksanalys och analys av räckesreparationer där diverse underlag studeras i syfte att ta fram de beståndsdelar som utgör grunden vid framtagandet av LCC-modellen. Vidare utförs en känslighetsanalys med den framtagna LCC-modellen för att jämföra olika räckestyper med varandra utifrån ett kostnadseffektivt perspektiv vars syfte är att besvara huvudfrågeställningen.

I olycksanalysen kommer även personolyckskvoten och DSS-kvoten (död och svårt skadade) för de olika räckestyperna att studeras då detta är intressant att beakta i samband med livscykelkostnaderna.

De underlag som studeras är polisrapporterade olyckor med koppling till STRADA, SPVA, NVDB. Programvaror som används under examensarbetet är QGIS samt Trafikverkets trafikflödeskartor och PMSv3. Programmen och underlagen i sig beskrivs i kapitel 3.

2. Litteraturstudie

2.1. Räckestyper

2.1.1. Sidoräcke på broar

Broar ska, under alla omständigheter, ha sidoräcken. Förutom att kunna tåla påfrestningar från fordon ska dessa även framkalla en trygghetskänsla för samtliga trafikanter som passerar bron. Denna typ av trygghetskänsla ska även genereras för de övriga människor som antingen vistas nedanför eller passerar bron. För detta ändamål är alltså bronns sidoräcken utformade på så vis att de är högre än vägräcken och kan i somliga fall utföras med galler eller spjälor för att öka säkerheten ytterligare (Rydén, 2012). I princip används balkräcke eller rörräcke som sidoräcke på broar.

Balkräcke

Det finns två typer av balkräcken, vilka är W-profil och Kolsvaräcken. Vanligtvis är det W-profil som förekommer på broar (Strömgren, 2016).

Vägräcken i form av W-profil är bland det vanligaste vägräcket som används i Sverige, men även internationellt. Själva balken som löper längs med vägen kallas för W-profil och denna monteras på så kallade ”sigma-stolpar” vars stolpavstånd kan vara antingen 2 eller 4 m (FMK Trafikprodukter AB, 2016a).

I figur 2 visas hur W-profiler kan se ut som skyddsanläggning på broar.



Figur 2. W-profil på broar (FMK Trafikprodukter AB, 2016a).

Rörräcke

Rörräcken är ett estetiskt alternativ där själva konstruktionen i sig är luftig. Den luftiga konstruktionen ger trafikanterna en god genomsiktlighet i både trafikplatsen och över det omgivande landskapet. Själva profilen hos balken har en form av en cirkel eller ellips och är tolerant mot påkänningar från både arbetsredskap och fordon (Helin & Thörnblad, 2007).

I figur 3 visas hur rörräcken kan se ut som skyddsanläggning på broar.



Figur 3. Rörräcken på broar (FMK Trafikprodukter AB, 2016b).

2.1.2. Mitträcke på broar

Det är vanligt att mitträcken förekommer på mindre broar och behöver nödvändigtvis inte förekomma på alla broar. I de fall där det råder mindre broar färdas samtliga trafikanter på samma bro och då används mitträcken för att förhindra fordon från att ta sig till fel sida av vägen. I större brokonstruktioner separeras bron i två broar där respektive bro är avsedd för respektive färdriktning och då behövs det inget mitträcke utan två sidoräcken på respektive brohalva (Strömgren, 2016). Vanliga mitträcken som används i Sverige är ställineräcke och betongräcke.

Ställineräcke

Ställineräcken, utgörs av tre till fyra vajrar som hålls upp av stolpar. Denna typ av räcke är markförankrad både i början och i slutet där vajrarna är fästade i marken (Barrier Tech, u.å). Stolparna som håller upp vajrarna har ett avstånd från två till fyra meter från varandra (Helin & Thörnblad, 2007). Räckeslängderna, det vill säga avståndet mellan två stolpar, för ställineräcken räknas inte som ett sammanhängande räcke eftersom varje räckeslängd inventeras var för sig mellan förankringarna (Barrier Tech, u.å).

En fördel som tillkommer med ställineräcken är att dessa är lätta att öppna, vilket kan anses vara viktigt vid utryckningar. I Sverige används det en mängd av olika ställineräcken. Exempel på dessa är SafeRoad, Safence, Brifen, Cass och Safety Line som visas i figur 4 (Vägverket, u.å).



Figur 4. Exempel på Ställineräcke. Typerna som visas är, från vänster: SafeRoad, Safence, Brifen, Cass, Safety Line (Vägverket, u.å)

Betongbarriärer

Det som skiljer sig betongbarriärerna från övriga räckestyper är att dessa kan återanvändas. Betongräcken är av hög klass och ska kunna klara av påfrestningar från bland annat ett tungt fordon som till exempel en tung lastbil. För att jämföra så är betongen av högre klass relativt stålräcken och kräver således mindre reparationsarbeten. Konstruktionen ser ut på så vis att dessa utgörs av betongbarriärer utrustade med ledningsrör och fastgjutna belysningsstolpar. Sammankopplingen mellan barriärerna sker med hjälp av en vajer som har en stötdämpande effekt (Helin & Thörnblad, 2007).

Betongräcket kan betraktas i figur 5.



Figur 5. Betongbarriärer (Barrier Tech Rev 0, u.å).

2.2. Val av räcke

Vid val av räcke är det viktigt att ta hänsyn till faktorer såsom: funktionella egenskaper, drift, miljöpåverkan, möjlighet till räddningsinsats, placering, GC och andra oskyddade trafikanter, estetik med flera (Vägverket, 2004a).

2.2.1. Funktionella egenskaper

För att räcken ska kunna fungera som den ska är det viktigt att arbetsbredd, skaderiskklass och kapacitetsklass beaktas och följer de trafiksäkerhetskrav som ställs (Vägverket, 2004a). Därför är det viktigt att vid upphandling av räcken ha kännedom om egenskaperna hos skyddsanläggningen (Svenska Väg- och Broräckesföreningen [SVBRF], u.å).

Kapacitetsklass är ett mått som talar om förmågan hos ett räcke att kunna klara av kollisioner med dimensionerande fordon (Vägverket, 2004b). För att kunna identifiera vilken kapacitetsklass olika räcken ska vara avsedda för så utförs kollisionstester. Under dessa kollisionstester är det många faktorer som bör beaktas, varav fordonets vikt, hastighet och avkörningsvinkeln är de mest väsentliga (Vägverket, 2004a). Med kollisionstesterna kan en arbetsbredd bestämmas genom att beakta räckets utböjning vid krock, det vill säga den dynamiska deflektionen, samt vägens egenbredd (Vägverket, 2004b). Kollisionstesterna är dock inte helt trovärdiga då det vid testet inte behöver ha samma förutsättningar som när en riktig olycka uppstår på vägen (SVBRF, u.å).

Tabell 1, visar vilka kapacitetsklasser som används i Sverige till broräcke och vägbro samt till räcke i skiljeremsa.

Tabell 1. Kapacitetsklasser för räcken som används i Sverige. Bokstaven H, står för högbelastad N står normalbelastad. Siffran efter antyder belastningsnivån. (Vägverket, 2004a).

Räcke	Kapacitetsklass
Broräcke på vägbro	
Minimikrav	H2 (Högbelastad)
Motorvägsbro som går över järnväg med sth > 160 km/h eller över annan motorväg	H4a eller H4b
Räcke i skiljeremsa	
Minimikrav	N2 (Normalbelastad)
Mittremsa på motorväg	H1

2.2.2. Drift och underhåll

Drift och underhåll är aspekter som är viktiga att ta hänsyn till vid val av räcken. För att driften skall fungera är det viktigt att ta hänsyn till hur enkelt det är att reparera räckets när den utsätts för skada, hur stor möjligheten är att kunna återanvända gamla fundament och grundläggningar, hur bra de klarar sig mot skador under snöplogning, hur lätt det är att justera räckets i höjddled ifall det uppstår sättningar under räckets och väderförhållanden i området (Vägverket, 2004a).

Både vägräcken och broräcken är i princip fria från att underhållas. Utöver de estetiska skälen finns det inga andra anledningar till att rengöra räcken. Något som bör göras frekvent är att man besiktat eventuella skador på vägräcken och broräcken. Skadade partier bör repareras omgående för att återställa räckets funktion. Även höjden på vägräcken bör avstämmas frekvent så att de inte hamnar i fel höjd på grund av exempelvis sättningar som kan uppstå (FMK Trafikprodukter AB, 2011).

2.2.3. Miljöpåverkan

I vattenskyddsområden är det viktigt att välja rätt räckestyp. Stållineräcke bör till exempel undvikas då dessa kan skada drivmedelstankar som kan medföra förorenat spill (Vägverket, 2004a).

2.2.4. Möjlighet till räddningsinsats

Det är viktigt att vid räddningstjänster kunna skapa fritt utrymme genom att öppna räcken till exempel vid överledningsplatser i mittremsa. Därför är det viktigt att välja räcken som är lätta att öppna vid nödsituationer (Vägverket, 2004a).

2.2.5. Estetik

Att ha ett räckesnätverk som är estetiskt tilltalande är viktigare än vad man tror. För att en väg ska anses vara och kännas med estetiskt tilltalande ska räcken inom samma "familj", det vill säga räcken som har liknande utseende, användas även om kapacitetsklass inte är densamma för de olika räcken. Dessutom är det viktigt att välja räckets som passar in med omgivningen (Vägverket, 2004a).

2.2.6. GC och andra oskyddade trafikanter

Avsikten med att räcken används är för att förbättra säkerheten för alla trafikanter på vägen. Det är dock inte säkert att alla upplever räcken som positiva. För motorcyklister eller andra trafikanter som rör sig med lägre hastigheter kan mitträcket och sidoräcket tillsammans ge en obehaglig känsla. De utsätts dels för farliga föremål på båda sidor och dels så kan det kännas

obehagligt när större fordon kör om dem eftersom de inte har möjlighet att köra ner för diket vid nödsituationer. För gående och cyklister försämras tillgängligheten på grund av sidoräcken på vägen som ger trafikanterna en känsla av trängd. Slänträcken är dock en bra lösning då obehagskänslor reduceras samtidigt som tillgängligheten ökar. Ett vägräcke som separerar körbanan från GC-vägen anses vara den bästa lösningen, givet att GC-vägen inte byggs helt separat (Rydén, 2012).

2.3. LCC

Life Cycle Cost, LCC, i sig är ett begrepp som togs fram av U.S Department of Defence där man ville förbättra den statliga upphandlingen genom att effektivisera och optimera den med LCC (Emblemsvåg 2003, refererad i Forsman 2010).

Huvudsyftet med LCC är att fastställa kvantiteten av livscykelkostnaden där man beaktar en investerings samtliga kostnader i form av investeringskostnad och framtida kostnader i syfte att framställa underlag som i sin tur ska underlätta inför en beslutssituation alternativt en utvärderingsprocess. Begreppet LCC kretsar främst kring LCCA men kan även vara ett samlingsnamn för flera metoder med samma ändamål, vilket är att ta hänsyn till investeringskostnader under hela dess livstid (Levin et al 2008, refererad i Forsman 2010).

2.3.1. LCCA

Termen LCCA som beskrivs i detta avsnitt har sin användning inom fastighetsbranschen. Trots detta kan den nyttjas inom vägbranschen då fastighetsbranschen är en närbelägen bransch och därav anses detta vara godtaget (Forsman, 2010).

En LCCA-modell är grundad på en definierad systemgräns. Vid genomförandet av LCCA används vanligen nuvärdesmetoden som en ekonomisk modell. Nuvärdesmetoden bestämmer det monetära värde som man behöver investera idag i syfte att betala samtliga kostnader, inom den definierade systemgränsen, som anläggningen medför nu och i framtiden. Det som gör nuvärdesmetoden till en LCCA är den avgränsning som den gör för att endast ta hänsyn till samtliga kostnader som anläggningen för med sig. Att nuvärdesmetoden används beror på att pengars köpkraft avtar med tiden. Således ska framtida kostnader diskonteras med en diskonteringsränta till en och samma punkt som vanligtvis brukar vara tidpunkten för investeringen. Denna diskonteringsränta ska reflektera inflationen, eventuella avkastningskrav och risker (Sund 1996, refererad i Forsman 2010).

Det finns varierande standarder som beskriver hur en LCCA kan genomföras, men den generella strukturen i sig, för majoriteten av standarderna, skiljer sig inte så mycket (Forsman, 2010)

Ett generellt uttryck som används för att kalkylera ett föremåls LCC redovisas i ekvation 1. I ekvation 2 redovisas nuvärdessumman och i ekvation 3 redovisas nuvärdet, där både dessa termer ingår i ekvation 1 (Stern 2002, refererad i Forsman 2010).

$$LCC = U_0 + \sum_{t=0}^N D * NV_{sum} + \sum_{t=0}^N U * NV_{sum} + \sum_{t=0}^N RI - RV * NV \quad \text{Ekvation 1}$$

där

$$NV_{sum} = \frac{(1+r)^t - 1}{r * (1+r)^t} \quad \text{Ekvation 2}$$

$$NV = \frac{1}{(1+r)^t} \quad \text{Ekvation 3}$$

U_0	Ursprungskostnaden
D	Driftkostnader
U	Underhållskostnader
RI	Reinvesteringskostnader
RV	Restvärde
NV_{sum}	Nuvärdessumma
NV	Nuvärde
N	Analysperiodenslängd
t	Tidsvariabel
r	Diskonteringsränta

Ursprungskostnaden U_0 , avser utvecklingskostnader där den största posten i utvecklingskostnaden berör byggkostnaden som är en summa av olika kvantiteter så som kostnader för arbete, maskiner och material. I korthet utgör ursprungskostnaden investeringskostnaden för anskaffandet av en anläggning (Forsman, 2010). Driftkostnaden D , innefattar den årliga summan av poster som relaterar till aktiviteter med ändamålet att bibehålla förvaltningsobjektets funktion. Underhållskostnaden U , utgör summan av poster

som relaterar till aktiviteter med ändamålet att återställa ett förvaltningsobjekts funktion (Aff 2003, refererad i Forsman 2010). En reinvestering kan definieras som åtgärder som utförs vars syfte är att förbättra funktionen hos ett förvaltningsobjekt jämfört med dess föregående standard. Reinvesteringskostnaden RI, syftar således på summan av samtliga poster som relaterar till aktiviteter med ändamålet att utöka en anläggnings funktion. Restvärdet RV, berör eventuell inkomst från försäljning av en anläggning, men kan även utgöra en kostnad för avveckling och rivning (Lind 2002, refererad i Forsman 2010).

2.3.2. Systemgräns

För att jämföra olika investeringsalternativ med hjälp av LCCA måste investeringsalternativen iaktas utifrån samma perspektiv. Således ska det finnas en definierad systemgräns som begränsar LCCA-modellen på så vis att den blir genomförbar samt att resultaten mellan de olika investeringsalternativen kan jämföras med varandra. (Levin et al. 2008, refererad i Forsman 2010)

En systemgräns kan omfattas av följande punkter (Forsman, 2010):

- Tid (Analysperioden)
- Omfattning (Vilka kostnadsposter som tas hänsyn till)
- Omgivningspåverkan (Vilka typer av poster som beaktas)

Hur utfallet av en LCCA blir till har sin grund i hur man väljer att definiera systemgränsen för LCCA-modellen. Valmöjligheterna för olika systemgränser möjliggör att LCC hos en väganläggning kan beaktas ur diverse perspektiv. För just väganläggningar är dessa tre följande punkter de tre mest aktuella perspektiven som en väganläggning kan betraktas utifrån (Forsman, 2010):

- Vaghållarperspektivet
- Trafikantperspektivet
- Samhällsperspektivet

Utifrån vaghållarperspektivet beaktas enbart de kostnader som drabbar vaghållaren så som investerings-, drifts, underhålls- och reinvestering-/avvecklingskostnader. Utifrån trafikantperspektivet beaktas även, utöver de ovan nämnda kostnaderna, de kostnader som påverkar trafikanten. Utifrån samhällsperspektivet beaktas även, utöver de ovan nämnda kostnaderna, kostnader som påverkar samhället (Forsman, 2010).

3. Metod

I detta avsnitt beskrivs framtagandet av LCC-modellens struktur. Vidare förklaras de analyser som genomförs för att göra modellen komplett. Den kompletta modellen ska sedan tillämpas för att beräkna den ekonomiska lönsamheten ur ett långsiktigt perspektiv för olika räcke typer, vid olika hastighetsgränser, för varierande ÅDT och bro längder. Slutligen beskrivs samt genomförs en känslighetsanalys med framtagen LCC-modell där olika räcke typer tas i beaktning.

De räcke typer som beaktas i LCC-modellen är rörräcken och W-profil då dessa är de räcken som främst förekommer som broräcken. I känslighetsanalysen görs kalkyler för både broräcken och vanliga vägräcken. Även om examensarbetet riktar sig mot broräcken görs även kalkyler på vanliga vägräcken då många broräcken i de erhållna underlagen har utformats av vanliga vägräcken.

3.1. LCC-modellens struktur

Teorin kring LCCA och systemgräns som beskrivits i litteraturstudien är tillämpat för byggbranschen respektive väganläggningar, men anses trots detta kunna tillämpas på ett analogt sätt för räcken.

Systemgränsen definieras på så vis att LCC utförs för en analysperiod på 40 år. LCC-modellen kretsar kring broräcken där dessa beaktas från ett samhällsperspektiv. Detta innebär att kostnadsposter som har en direkt påverkan på både räckena och samhället ska tas i beaktning. Genom att tolka definitionerna av kostnadsposterna i ekvation 1 identifieras följande kostnadsposter som anses vara relevanta och tas därmed i beaktning vid framtagandet av LCC-modellen:

- Investeringskostnad
- Olyckskostnadskvot
- Reparationskostnadskvot
- Driftskostnader

Ovanstående kostnader tas i beaktning vid framtagandet av LCC-modellen och utifrån Sterners generella uttryck i ekvation 1 omformuleras uttrycket och redovisas i ekvation 5.

$$LCC_{räcke} = I * L + \sum O * TA * NV_{sum} + \sum R * TA * NV_{sum} + \sum D * L * NV_{sum} + RI * L \quad \text{Ekvation 5}$$

$LCC_{räcke}$	Livscykelkostnad för räcke	[kr]
I	Investeringskostnaden	[kr/m]
O	Olyckskostnadskvot	[kr/Mapkm]
R	Reparationskostnadskvot	[kr/Mapkm]
D	Driftkostnader	[kr/m]
L	Brolängden	[m]
TA	Trafikarbete	[Mapkm/år]

LCC-modellen är utformad på så vis att broräckenas livscykelkostnad beror på parametrar så som längden och ÅDT på bron. Därmed måste hänsyn tas till trafikarbetet, TA, vilket är en storhet som beskriver trafikens belastning på vägnätet uttryckt i axelparkilometer. Med hänsyn till trafikarbetet kan parametrar så som brolängd och ÅDT regleras. Således kan en känslighetsanalys göras i syfte att bestämma vilket broräcke som är mest kostnadseffektivt ur ett långsiktigt perspektiv och utifrån olika förhållanden som råder på bron.

De kostnadsposter som redan är färdigställda och kan tillämpas direkt på LCC-modellen är investeringskostnaden och reparationskostnaderna. Således behövs inte någon vidare analys av dessa kostnadsposter. För att göra LCC-modellen komplett bör dock en olycksanalys genomföras där underlag studeras för att upprätta olyckskostnadskvoten. Vidare behövs även en analys av räckesreparationer genomföras där även underlag studeras för att upprätta reparationskostnadskvoten. Samtliga kvoter som tas fram normaliseras mot miljonaxelparkm (Mapkm), det vill säga trafikarbetet.

3.2. Underlag vid analys

Till förfogandet erhålls följande underlag samt muntliga referenser:

- Polisrapporterade olyckor med koppling mot STRADA. Underlaget omfattar år 2003-01-01 till år 2013-23-31. (Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB Stockholm)
- SPVA-register. Underlaget omfattar åren 2014, 2015 samt till och med 2016-06. (Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB Stockholm)

- NVDB-filer (Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB Stockholm)
- Kostnader för olika skadegrader hos trafikanter som varit involverade i trafikolyckor. Priserna kommer från ASEK 5.1. (Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB Stockholm)
- Investeringskostnader för olika räckestyper. Kostnaderna är uppskattade av Mats Petterson från Trafikverket som är ansvarig för räckesfrågor. (Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB Stockholm)

Nedanför beskrivs respektive underlag för sig. Utöver detta beskrivs även vilken information ur underlagen som är relevant för examensarbetet.

STRADA är en förkortning till "Swedish Traffic Accident Data Acquisition" och är ett informationssystem uppbyggt av källor från både polis och sjukvård. Informationssystemet innehåller data om skador och olyckor över hela vägnätet. Vägtrafikolyckor med personskada registreras av polisen. Denna information sammankopplas med personuppgifter från Sveriges alla akutsjukhus som registreras om personen söker vård för en skada. Polisens rapporter innehåller specifik information då de har varit på olyckplatsen medan sjukhusets rapporter innehåller skadegraden hos patienterna. Ur sjukvården erhålls även uppgifter från oskyddade trafikanter som fotgängare, cyklister och mopedister som polisen inte alltid har kännedom om. Skade och olycksdata registreras via ett kartverktyg då STRADA är ett så kallat för GIS-baserat system. Kartsystemet hjälper väghållare att förbättra trafiksäkerheten eftersom information av var, när och hur olyckorna har skett kan avläsas på kartsystemet (Transportstyrelsen, u.å). Relevant information ur detta underlag som används i examensarbetet är koordinater för brorelaterade olyckor och skadegraden hos involverade trafikanter.

NVDB är en förkortning till "nationell vägdatabas". Denna databas innehåller data om alla statliga, kommunala och enskilda vägar i Sverige. Databasen drivs av Trafikverket i samarbete med Lantmäteriet, Sveriges kommuner och landsting, Skogsnäringen och Transportstyrelsen (Trafikverket, 2015a). Relevant information ur detta underlag som används i examensarbetet är hastighetsgränser och brolängder.

SPVA är en förkortning till "skada på väganordning" och är ett system som används för att rapportera skada på en väganordning. När det uppstår skador på vägen är det kontrakterade entreprenörer som ska rapportera detta. Rapportering sker digitalt med en skadeanmälningsblankett som ska fyllas i. I samband med rapporteringen skickas även övriga

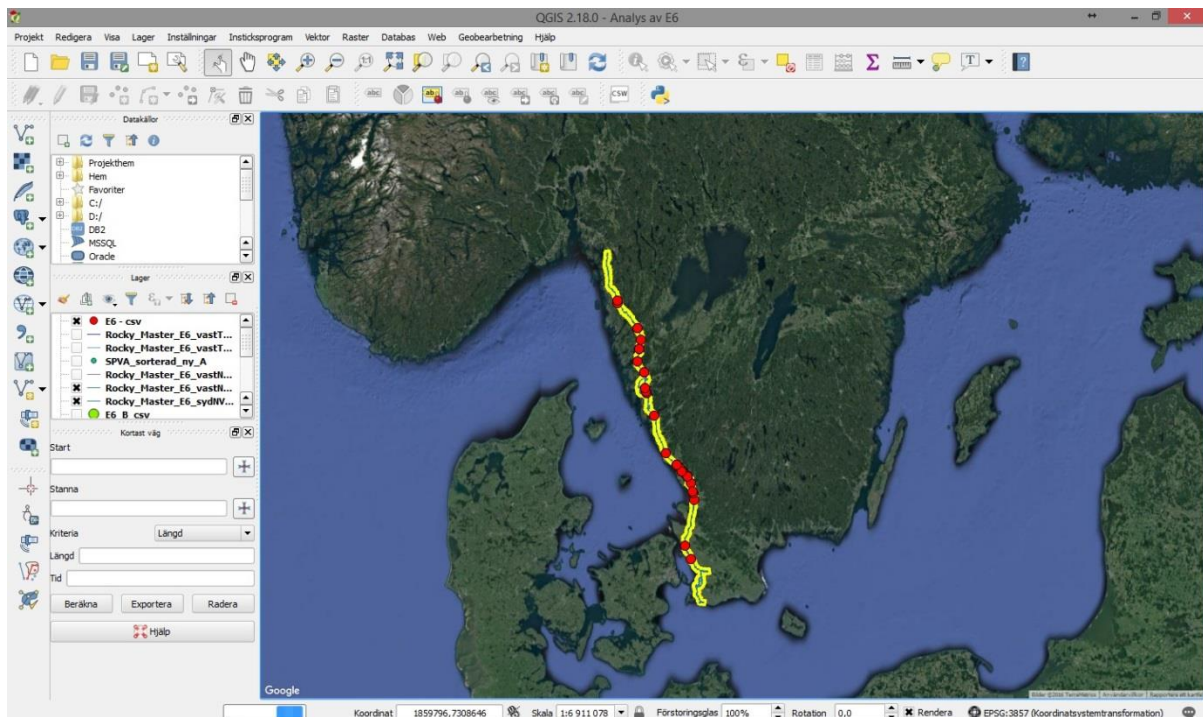
handlingar som hör till ärendet (Trafikverket, 2016a). Relevant information ur detta underlag som används i examensarbetet är koordinater för brorelaterade olyckor och dess kostnader som uppstår i samband med reparationerna av de skadade räckena.

3.3. Programvara vid analys

Programvarorna som används vid analysen är QGIS samt Trafikverkets PMSv3 och vägtrafikflödeskartor.

3.3.1. QGIS

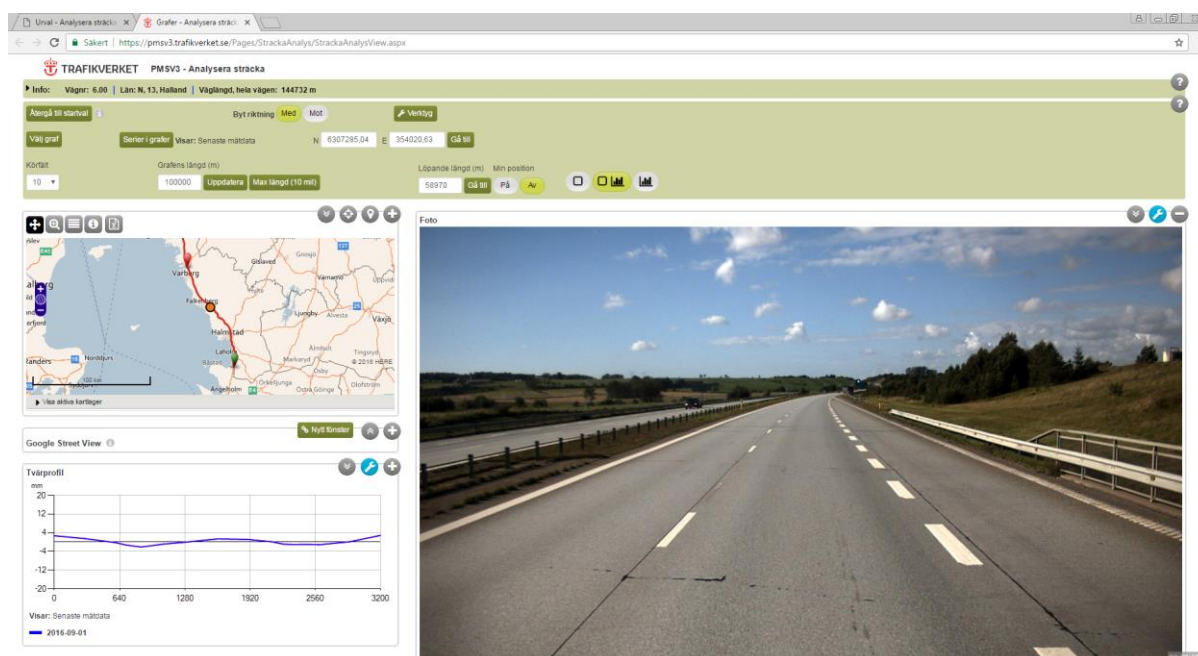
QGIS är ett GIS-baserat program som kan hantera ett flertal olika vektor- och rasterformat. Via detta kan olika underlag läsas in och visas upp som vektorer på en geografisk karta i programmet. I examensarbetet används programvaran i olycksanalysen och analysen av räckesreparationer på så vis att underlagen filtreras så att enbart olyckor och reparationer på broar på både E4 och E6 tas i beaktning. Detta görs genom att underlagen läses in i QGIS och dyker upp som vektorer i en geografisk karta. Således går det att plocka ut vektorer och eliminera de som inte inträffar på broar på både väg E4 och väg E6. Utöver filtrering av olyckorna och reparationerna används även QGIS, genom inläsning av underlaget NVDB, för att ta reda på övrig information på broarna så som deras brolängd, hastighetsgräns med mera.



Figur 6. Skärmbild av programmet QGIS (2017).

3.3.2. PMSv3

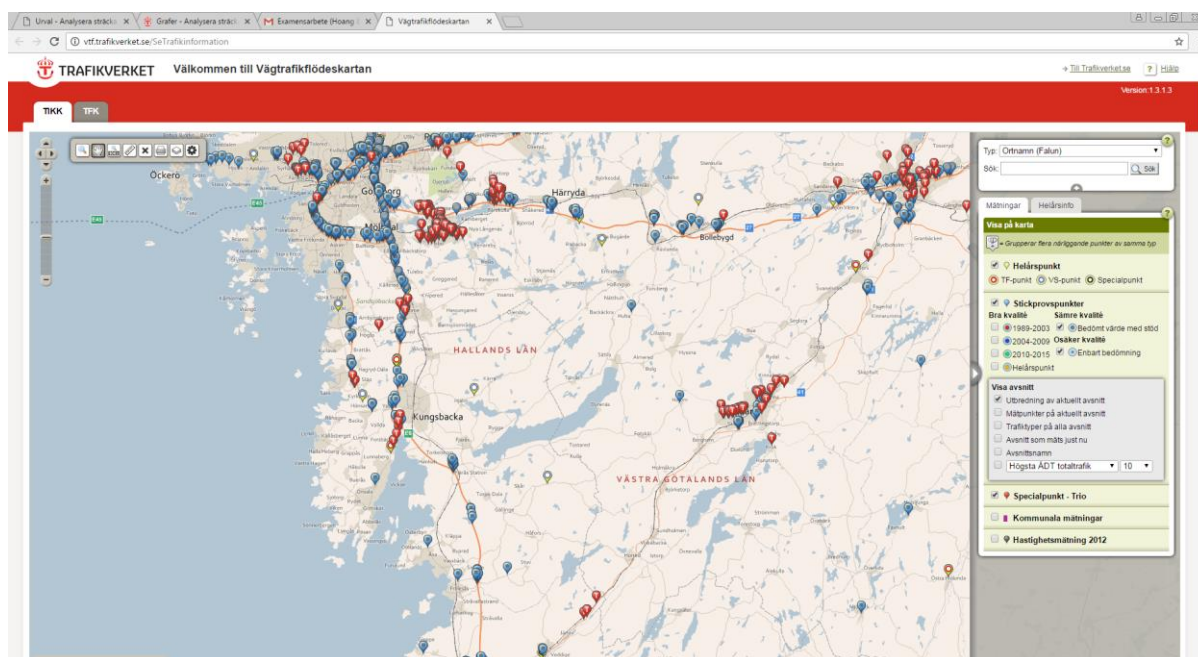
PMSv3 är ett hemsidobaserat verktyg framtaget av Trafikverket där det går att få fram de mätta och kalkylerade tillstånden på de belagda statliga vägarna i Sverige. Samtliga resultat redovisas i kartor, tabeller eller grafer. Huvudsyftet med detta verktyg är att det ska nyttjas för att ta beslut om vilka vägar som ska prioriteras för belägningsåtgärder. Via foton som tagits finns det möjlighet att se hur vägarna och dess omgivning ser ut beroende på vart man orienterar sig i kartorna. I examensarbetet används enbart verktyget i olycksanalysen i syfte att identifiera vilka räckestyper som råder på broarna där olyckorna inträffat. För detta ändamål matas olyckornas koordinater in i PMSv3 och därmed redovisas foton på de räckestyper som råder på broarna.



Figur 7. Skärmbild av verktyget PMSv3 från Trafikverkets hemsida (2017).

3.3.3. Vägtrafikflödeskartor

Vägtrafikflödeskartorna som används är också ett hemsidobaserat verktyg som tagits fram av Trafikverket. Med hjälp av dessa kartor går det att ta reda på ÅDT som råder på samtliga statliga vägar i Sverige. I examensarbetet används dessa kartor i både olycksanalysen och analysen av räckesreparationer i syfte att erhålla information om de aktuella broarnas ÅDT.



Figur 8. Skärmbild av Vägtrafikflödeskartorna från Trafikverkets hemsida (2017).

3.4. Antaganden och generaliseringar

Då underlagen inte är fullständiga går det inte att genomgå en analys utan några antaganden.

Utifrån de polisrapporterade olyckorna är olyckornas händelseförlopp inte tillräckligt beskrivna. I vissa enstaka olyckor framgår det ur händelseförloppet att broräcken involverades i trafikolyckan, men det finns en risk att flera andra olyckor kan ha involverat broräcken utan att detta antecknats av polisen. Därmed görs antagandet att samtliga olyckor som skett på broarna i E4 och E6 involverar broräcken. Görs inte detta antagande blir underlagen inte tillräckligt informationsrika för att kunna göra några beräkningar.

SPVA-underlaget omfattar kostnaderna som uppstår i samband med reparation av skadade räcken. Vid mycket höga kostnader kan andra underhållskostnader ha inkluderats som inte beror på olycka och detta ger upphov till det så kallade "outlayers". Dessa "outlayers" elimineras då de är orimligt höga och detta görs för att erhålla en mer korrekt data.

Årtalen som omfattas av de polisrapporterade olyckorna och SPVA-registret sammanfaller inte helt och hållet med varandra då SPVA är ett underlag som på senare tid tagits fram. Då båda dessa underlag inte sammanfaller med varandra tidsmässigt innebär det att olyckor som har registrerats i polisens rapport, behöver inte nödvändigtvis ha registrerats i SPVA-registret. Följaktligen innebär detta att olyckskostnadskvoten och reparationskostnadskvoten inte kan beräknas för vissa hastighetsgränser. För godtycklig räckestyp kan en exemplifiering vara att en reparationskostnadskvot kan beräknas fram för hastighetsgränsen 90 km/h då det finns registrerade olyckor i SPVA-registret att utgå ifrån, men dessvärre kan inte en olyckskostnadskvot beräknas fram för denna hastighetsgräns då det inte finns några olyckor registrerade i polisens rapport. Följden av detta blir att det inte finns något underlag att utgå ifrån för att göra en LCC-modell som täcker hastighetsgränsen 90 km/h. Således genomförs en statistisk dataanalys för respektive underlag med ändamålet att kunna särskilja de hastighetsgrupper vars data skiljer sig ifrån varandra samt gruppera de hastighetsgrupper vars data inte skiljer sig från varandra. Följaktligen görs generaliseringen att de hastighetsgrupper vars data inte skiljer sig från varandra får en gemensam olyckskostnadskvot eller reparationskostnadskvot. På så vis kan olyckskostnadskvoter samt reparationskostnadskvoter tas fram för samtliga aktuella hastigheter och en LCC-modell för samtliga aktuella hastighetsgränser kan upprättas. En exemplifiering på grupperingen redovisas tabell 2 med en efterföljande beskrivning på hur generaliseringen går till.

Tabell 2. Exemplifiering av grupperingar.

Gruppering	Hastighetsgräns
Grupp A	120, 110, 100 km/h
Grupp B	90, 50 km/h

Ponera att data saknas för hastighetsgrupperna 80, 70 och 60 km/h samt att en statistisk dataanalys genomförs på så vis att grupperingar skapas i enlighet med tabell 2. Detta innebär att grupp A utgörs av populationerna 120, 110 och 100 km/h vars data inte skiljer sig ifrån varandra och detsamma för grupp B och dess innefattande populationer. Vidare innebär detta även att det finns en skillnad i data mellan grupp A och grupp B. Med denna gruppering beräknas exempelvis olyckskostnadskvoten för både grupp A och grupp B. Med generaliseringen innebär detta således att grupp A i sig får en olyckskostnadskvot som gäller för hastighetsgränserna 120, 110 och 100 km/h medan grupp B i sig får en

olyckskostnadskvot som gäller för hastighetsgränserna 90, 80, 70, 60 och 50 km/h. På så vis täcks även hastighetsgränserna 80, 70 och 60 km/h med en olyckskostnadskvot, som räknats fram för grupp B, fastän dessa saknar registrerad data i polisens rapport.

Broar där det inte har inträffat några olyckor eller lagningar utesluts ur underlaget av generaliserande skäl. I det verkliga fallet bör dessa broar vara med i det statistiska underlaget för den totala populationen.

3.5. Ekvationer och data som används i beräkningarna

3.5.1. Olycksanalys och analys av räckesreparationer

Ekvationer

Ekvationerna som används i beräkningarna redovisas i bilaga 1.

Data

Kostnader för olika skadegrader som används i olycksanalysen är:

- Kostnad för död: 22238000 kr/person
- Kostnad för svårt skadad: 3706000 kr/person
- Kostnad för lindrigt skadad: 146000 kr/person

3.5.2. Känslighetsanalys

Data

Analysperioden är bestämd till 40 år och kalkylräntan som används i LCC-modellen är bestämd till 3,5 %.

Investeringskostnader för olika räckestyper som används i känslighetsanalysen är:

- W-profil N2 (Vägräcke): 350 kr/m
- Rörräcke N2 (Vägräcke): 350 kr/m
- W-profil H2 (Broräcke): 900 kr/m
- Rörräcke H2 (Broräcke): 1100 kr/m

Driftkostnader för olika räckestyper:

Underlag för driftkostnader för olika räckestyper saknas. Trots många försök har inga faktiska kostnader kunnat levereras. Dock kvarstår denna kostnadspost i LCC-modellen och förkastas inte då den anses vara en viktig post i själva LCC-modellen.

3.6. Olycksanalys

För olycksanalysen görs analysen primärt för polisrapporterade olyckor med koppling till STRADA. Underlaget redovisar samtliga trafikolyckor som skett på Sveriges vägnät kompletterat med koordinater för respektive trafikolycka som lokaliserar vart olyckorna har inträffat. Underlaget redovisar även skadegraden bland de involverade trafikanterna. Med hjälp av programvaran Excel filtreras underlaget så att olyckstyperna enbart omfattar de som beskrivs i tabell 3.

Tabell 3. Tabell över de olyckstyper som tas i beaktning vid olycksanalysen.

Olyckstyp	
S (singel-motorfordon)	Singel-motorfordon
O (omkörning-motorfordon)	Omkörning-motorfordon
U (upphinnande-motorfordon)	Upphinnande-motorfordon
A (avsvängande motorfordon)	Avsvängande motorfordon
K (korsande-motorfordon)	Korsande-motorfordon
M (möte-motorfordon)	Möte-motorfordon

Med hjälp av programvarorna QGIS och Excel filtreras olyckorna via koordinatlokalisering på så vis att enbart olyckor på broar på både E4 och E6 beaktas.

Samtlig information registreras i en Excel-fil där respektive bro förknippas samman med antalet olyckor som inträffat på bron samt med kompletterande information så som skadegraden på antalet involverade trafikanter, priser för respektive skadegrad, räckeyp som råder på bron, hastighetsgräns, brolängd och ÅDT Axelpar. Skadegraden på de involverade trafikanterna erhålls ur polisens rapport medan priser för respektive skadegrad erhålls ur ASEK 5.1. De rådande hastighetsgränserna och brolängderna erhålls ur underlaget NVDB som kan läsas in på QGIS medan ÅDT Axelpar och rådande räkestyper erhålls ur Trafikverkets vägtrafiksflödeskartor respektive PMSv3. Genom en statistisk dataanalys i form av T-test bildas grupperingar där aktuella hastighetsgrupper slås samman. För respektive gruppering beräknas trafikarbetet och olyckskostnadskvoten. För både W-profil och rörräcken beräknas slutligen en olyckskostnadskvot för respektive hastighetsgrupp som kan tillämpas som komponent i LCC-modellen.

Utöver detta studeras även PO-kvoten och DSS-kvoten i olycksanalysen. PO-kvoten anger antalet personolyckor per miljonaxelpar kilometer som uppstår på vägen. DSS-kvoten anger

antalet död och svårt skadade per miljonaxelpar kilometer på vägen. Trafiksäkerheten på vägen kommer att bedömas med hjälp av dessa kvoter. Vid framtagandet av dessa kvoter görs ingen generalisering i form av statistisk dataanalys.

Beräkningarna i Excel för olyckskostnadskvoterna redovisas i bilaga 2 och beräkningarna för PO- och DSS-kvoterna redovisas i bilaga 3.

Statistiska analyser från olycksanalysen i form av T-test redovisas i bilaga 4.

3.7. Analys av räckesreparationer

För analys av räckesreparationer studeras underlaget SPVA. Underlaget redovisar samtliga påkörningar som skett på Sveriges motorvägar kompletterat med koordinater för respektive trafikolycka som lokaliserar vart påkörningarna har inträffat. Underlaget redovisar även vilka räckestyper som skadats vid påkörningarna samt kostnaderna som uppstod i samband med reparation av dessa räckten. Med hjälp av programvaran Excel filtreras underlaget på så vis att enbart påkörningar som berörde rörräckten och W-profiler på E4 samt E6 tas i beaktning.

Med hjälp av programvaran QGIS filtreras påkörningarna, via koordinatlokalisering, på så vis att enbart olyckor på broar på både E4 och E6 tas i beaktning.

Samtlig information registreras i en Excel-fil där de respektive bro förknippas samman med antalet reparationer som skett på bron för respektive räckestyp samt med kompletterande information så som hastighetsgräns, brolängd och ÅDT Axelpar. Hastighetsgränsen och brolängden erhålls via underlaget NVDB som kan läsas in på QGIS medan ÅDT Axelpar erhålls ur Trafikverkets vägtrafiksflödeskartor. Genom en statistisk dataanalys i form av T-test bildas grupperingar där aktuella hastighetsgrupper slås samman. För respektive gruppering beräknas trafikarbetet och den reparationskostnadskvoten. För både W-profil och rörräckten beräknas slutligen en reparationskostnadskvot för respektive hastighetsgrupp som kan tillämpas komponent i LCC-modellen.

Beräkningarna i Excel för reparationskostnadskvoterna redovisas i bilaga 5.

Statistiska analyser från analysen av räckesreparationerna i form av T-test redovisas i bilaga 6.

3.8. Framtagning av LCC-modell

Med erhållna investeringskostnader, olyckskostnadskvoter, reparationskvoter och driftkostnader upprättas en LCC-modell i en Excel-fil. LCC-modellen utformas utefter

ekvation 5. Indata till LCC-modellen är räckestyp, brolängd, ÅDT axelpar, trafikarbete, kalkylränta, pris/värde-uppräkning per år, trafikuppräkning per år (2014-2040) och trafikräkning per år (2040-2060). De indata som kan regleras är räckestyp, brolängd och ÅDT axelpar. Med valda indata kan LCC-modellen beräkna livscykelkostnaden för olika hastighetsgränser för respektive räckestyp. Modellen beräknar två typer av livscykelkostnader så som livscykelkostnaderna för 40 år exklusive reinvesteringskostnader samt livscykelkostnaderna för 40 år inklusive reinvesteringar efter 20 år. Resultatet redovisas i ett stapeldiagram med hastighetsgränserna i x-axeln och livscykelkostnaderna i y-axeln där respektive räckestyp får en enskild färg på stapeln.

LCC-modellen redovisas i bilaga 7.

3.9. Känslighetsanalys

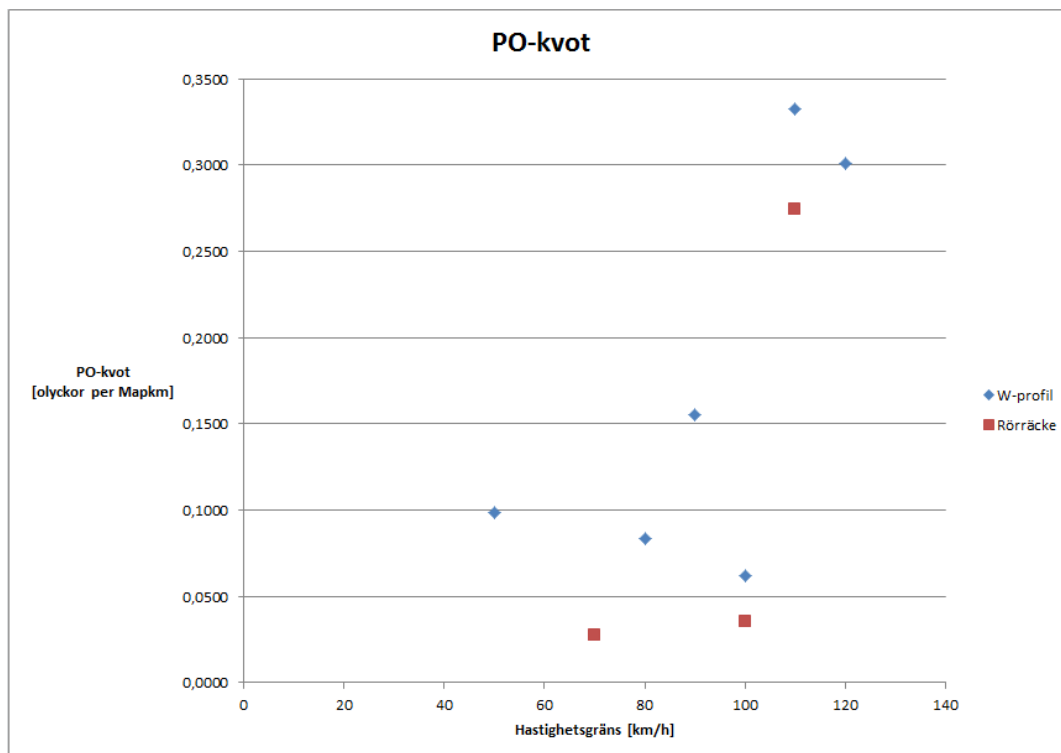
I känslighetsanalysen görs en fallstudie där den framtagna LCC-modellen används. I denna analys regleras ingångsvärdena för parametrarna brolängd och ÅDT axelpar i syfte att beräkna livscykelkostnaderna för respektive räckestyp utifrån olika fall. Fyra fallstudier väljs där dessa fall utgörs av två extremfall samt två verkliga fall. Dessa fall listas enligt:

- Fall 1: Extremfall där analysen omfattar en fiktiv bro med överdrivet kort längd respektive överdrivet låg ÅDT. I detta fall anges brolängden till 1 m och ÅDT till 1 axelpar per dygn.
- Fall 2: Extremfall där analysen omfattar en fiktiv bro med överdrivet lång längd respektive överdrivet hög ÅDT. I detta fall anges brolängden till $1 \cdot 10^9$ m och ÅDT till $1 \cdot 10^9$ axelpar per dygn.

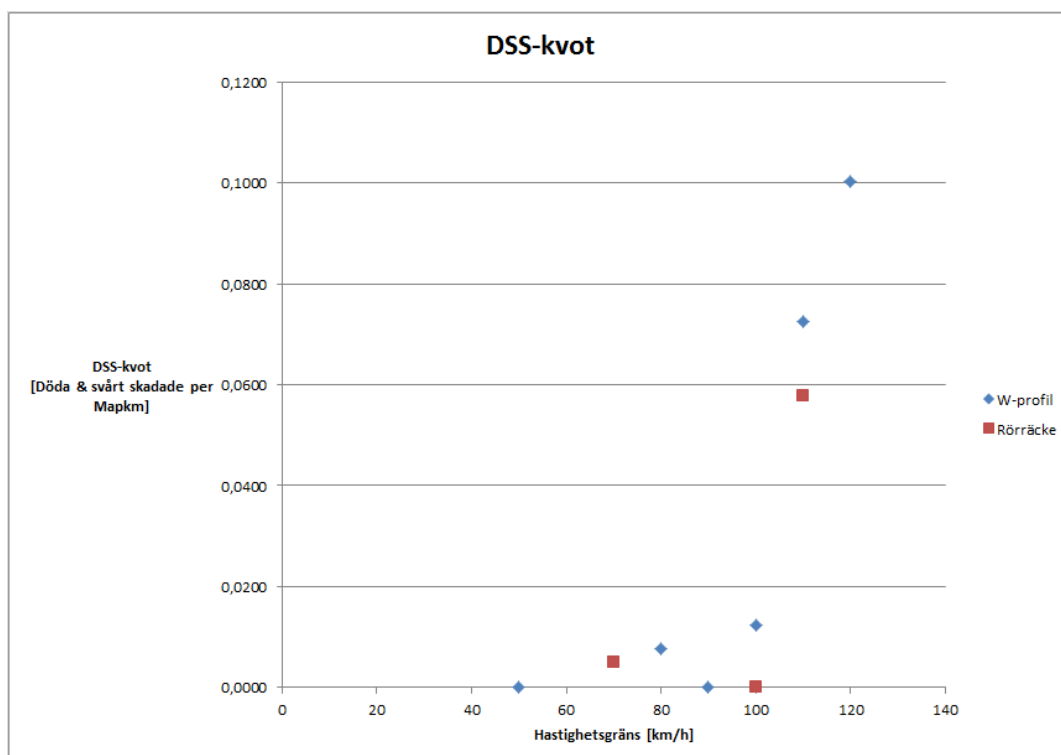
Extremfall väljs att studeras då det underlättar att dra slutsatser om vilka räckesalternativ som är mest kostnadseffektiva beroende på förhållandena. Det kan vara så att ett räckesalternativ alltid kan vara det mest kostnadseffektiva valet oavsett rådande förhållanden, men det kan även vara så att det ena räckesalternativ är mest kostnadseffektivt för vissa rådande förhållande men inte för andra.

4. Resultat

4.1. Framtagna PO- och DSS-kvoter ur olycksanalysen



Figur 9. PO-kvoter för olika hastighetsgränser hos respektive räcketyp.



Figur 10. DSS-kvoter för olika hastighetsgränser hos respektive räcketyp.

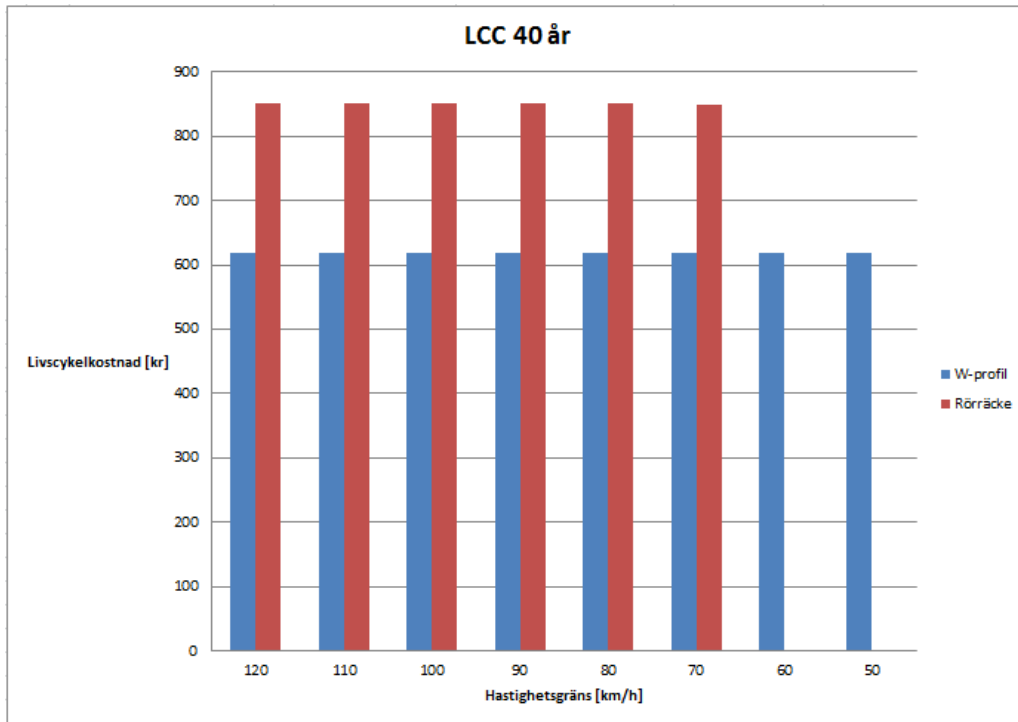
Vid framtagandet av PO-kvoten framgår det ur figur 9 att PO-kvoterna generellt är högre för W-profiler kontra rörräcken, vilket innebär att flera trafikolyckor inträffar på W-profiler kontra rörräcken. För W-profilen förekommer det avvikande värden på PO-kvoten vid hastigheterna 80 och 100 km/h och därför är det svårt att kunna fastslå att PO-kvoten ökar med ökande hastigheter. Dock kan det konstateras att hastigheterna 110 och 120 km/h har en högre PO-kvot gentemot de lägre hastigheterna. För rörräcken ökar PO-kvoten med hastigheterna.

Utifrån figur 10 framgår det att DSS-kvoterna för W-profilen generellt är högre än DSS-kvoterna för rörräcken. Således innebär detta att flera dör eller bli svårt skadade vid kollision med W-profil kontra rörräcke. Även här är det svårt att kunna fastslå att DSS-kvoten för bägge räkestyperna ökar med ökande hastigheter då avvikande värden förekommer. För W-profilen avviker DSS-kvoten vid hastigheten 90 km/h och för rörräcket avviker värdet vid 100 km/h. Dock kan det konstateras för W-profilen att hastigheterna 110 och 120 km/h har en högre DSS-kvot gentemot kvoterna för de lägre hastigheterna samt att rörräcket har en högre DSS-kvot vid 110 km/h gentemot de lägre hastigheterna.

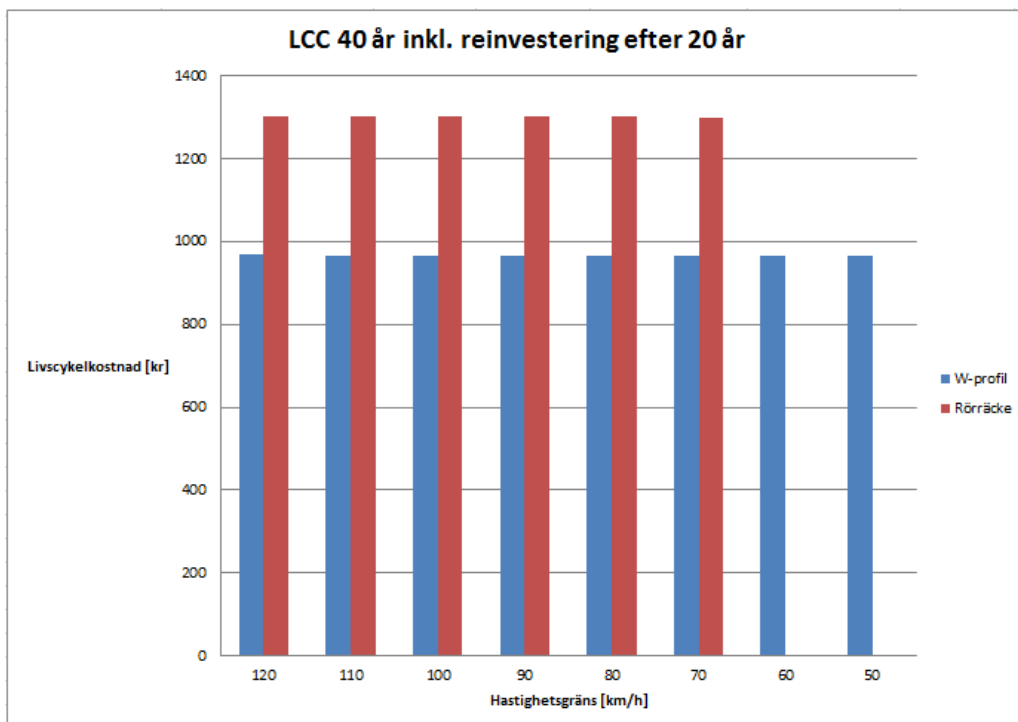
4.2. Framtagna livscykelkostnader utifrån framtagen LCC-modell

Fall 1. Fiktiv bro där brolängden är 1 m och ÅDT är 1 axelpar per dygn.

Normala vägräcken



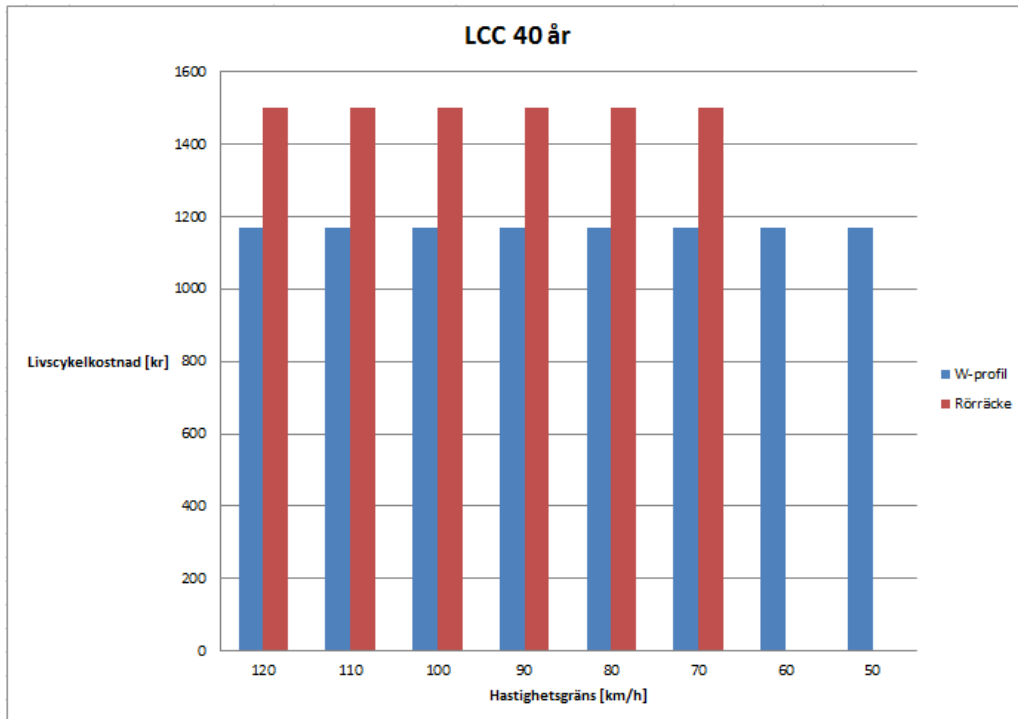
Figur 11. Fall 1: LCC för 40 år exkl. reinvesteringar för normala vägräcken hos respektive räcke­styp.



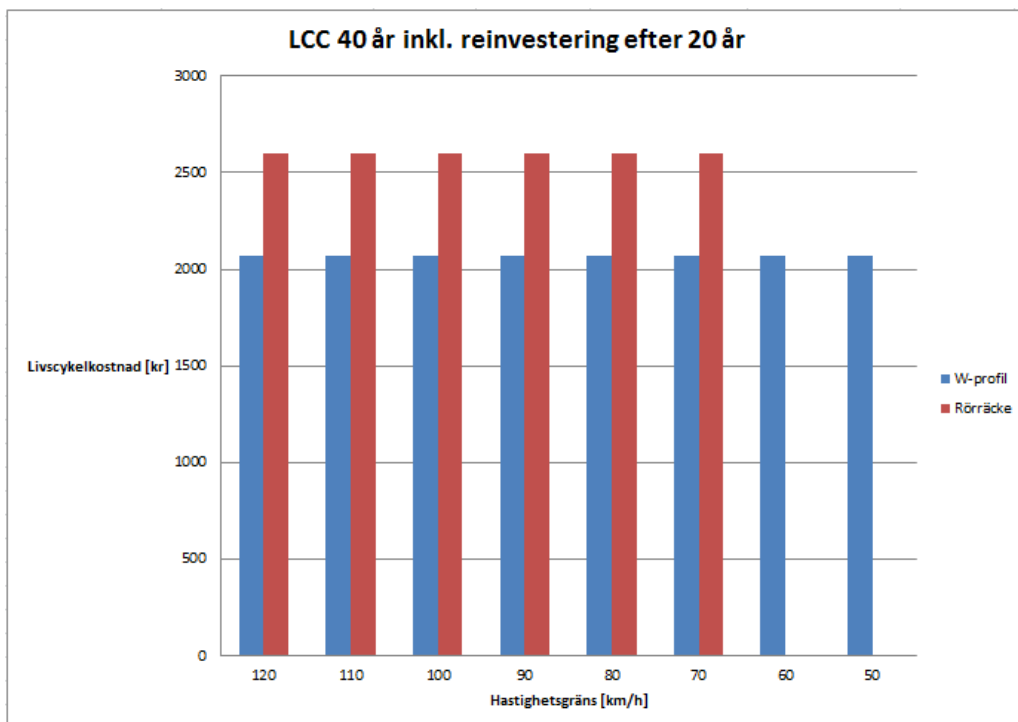
Figur 12. Fall 1: LCC för 40 år inkl. reinvesteringar efter 20 år för normala vägräcken hos respektive räcke­styp.

Fall 1. Fiktiv bro där bro­längden är 1 m och ÅDT är 1 axelpar per dygn.

Normala broräcken



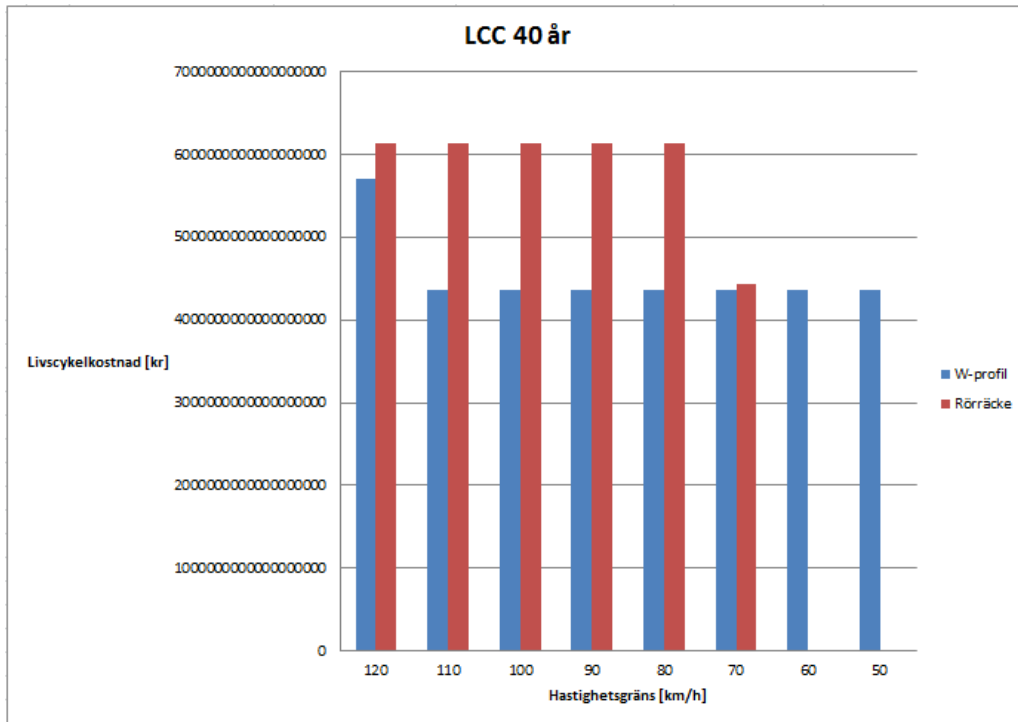
Figur 13. Fall 1: LCC för 40 år exkl. reinvesteringar för normala broräcken hos respektive räcke­styp.



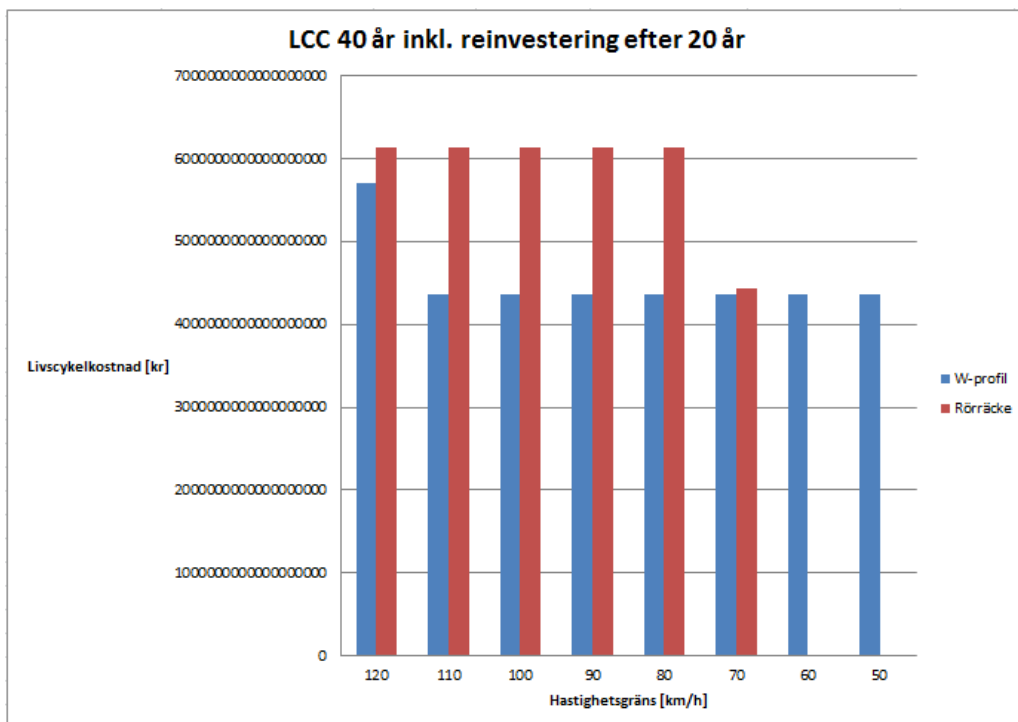
Figur 14. Fall 1: LCC för 40 år inkl. reinvesteringar efter 20 år för normala broräcken hos respektive räcke­styp.

Fall 2. Fiktiv bro där bro­längden är $1 \cdot 10^9$ m och ÅDT är $1 \cdot 10^9$ axelpar per dygn.

Normala vägräcken



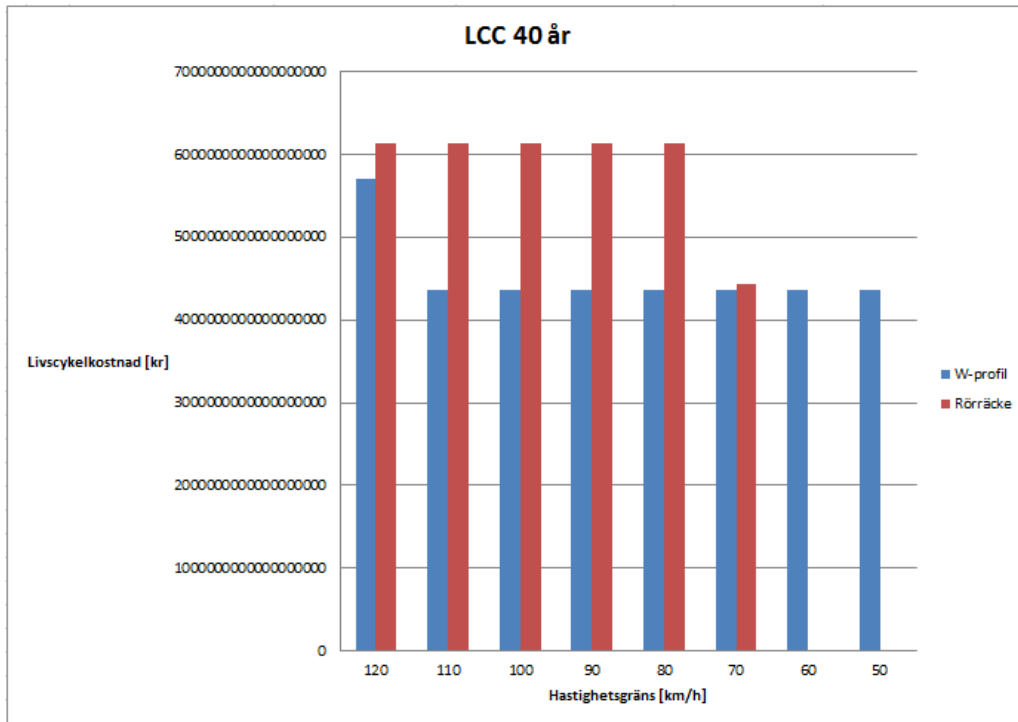
Figur 15. Fall 2: LCC för 40 år exkl. reinvesteringar för normala vägräcken hos respektive räcke­styp.



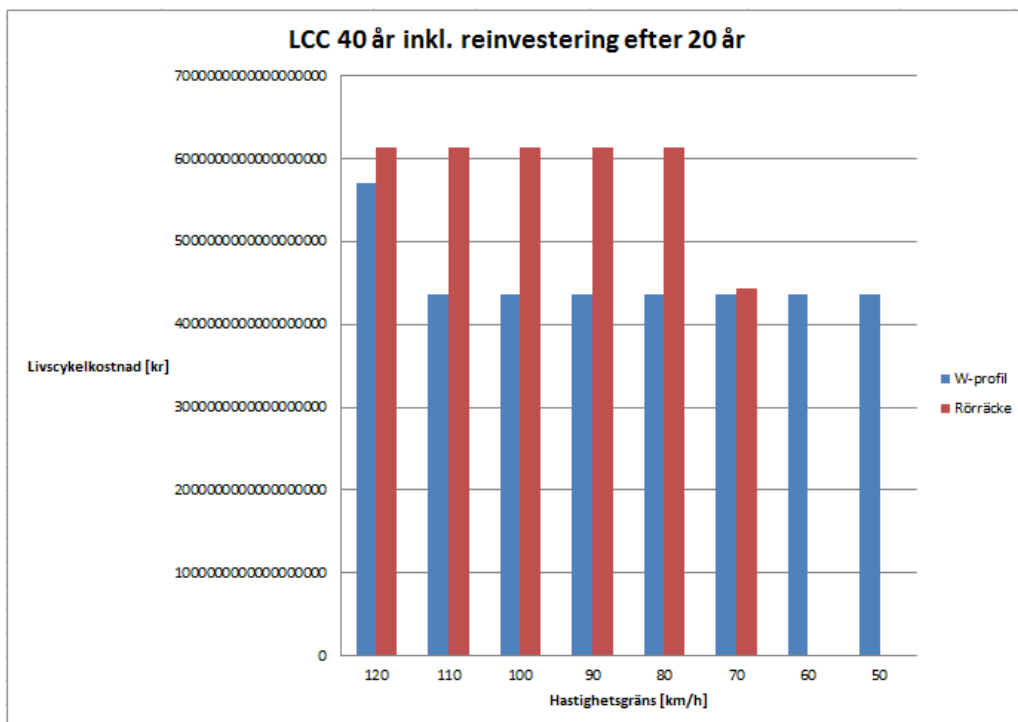
Figur 16. Fall 2: LCC för 40 år inkl. reinvesteringar efter 20 år för normala vägräcken hos respektive räcke­styp.

Fall 2. Fiktiv bro där bro­längden är $1 \cdot 10^9$ m och ÅDT är $1 \cdot 10^9$ axelpar per dygn.

Normala broräcken



Figur 17. Fall 2: LCC för 40 år exkl. reinvesteringar för normala broräcken hos respektive räckestyp.



Figur 18. Fall 2: LCC för 40 år inkl. reinvesteringar efter 20 år för normala broräcken hos respektive räckestyp.

Resultaten som redovisas i figurerna 15 till 18 är för två extrem fall med och utan reinvesteringkostnader. Ur resultaten av extremfallen framgår det att W-profilen är mer

ekonomisk lönsam än rörräcken oavsett förhållande på vägarna, det vill säga oavsett vilken längd och ÅDT det är på vägarna. Detta gäller även med och utan reinvesteringskostnader.

5. Diskussion och slutsats

Vid val av räcke­styp är det många faktorer som spelar roll. I rapporten behandlas valet av räcke­styp med fokus på den ekonomiska aspekten. Därför beräknades LCC för respektive räcke­styp vid olika hastigheter för att kunna göra en noggrannare bedömning om vilken räcke­styp som kommer att vara billigare. Dock beräknades även PO-kvoten och DSS-kvoten i rapporten för att få en inblick av vilken räcke­styp som skulle vara mest trafiksäker eftersom trafiksäkerheten också spelar stor roll vid val av räcke­styp.

Ur resultatet framgår det tydligt att W-profilen kommer att vara mest ekonomisk lönsam oavsett förhållande på bron, detta gäller oavsett vilken referenshastighet som råder på vägarna. Däremot anses W-profilen inte vara lika trafiksäker i förhållande till rörräcket ur DSS-kvoten, då fler dör eller blir svårt skadade vid kollision med W-profilen kontra rörräcket så som det framgår ur figur 10. Som tidigare nämnts utgör livscykelkostnaderna en komponent i beslutsunderlagen och ifall en större tyngd läggs på just livscykelkostnaderna gentemot trafiksäkerheten blir W-profilen det investeringsalternativ som bör väljas framför rörräcket. Dock behöver W-profilen inte vara det optimala alternativet då det är fler faktorer som spelar roll vid val av räcke­styp som till exempel drift och underhåll, miljöpåverkan och estetik. För dessa faktorer har ingen undersökning utförts i rapporten och därmed kan ingen generell bedömning göras, men eftersom DSS-kvoten är högre för W-profilen kan slutsatsen dras att ifall räcke­styp ska väljas ur en trafiksäkerhetsaspekt är rörräcken ett bättre val.

Generellt saknas det ett värde på både PO-kvoterna och DSS-kvoterna för vissa hastigheter. Detta beror på att det saknas generaliseringar i form av statistisk dataanalys, vilket innebär att PO- och DSS-kvoten saknas för vissa hastigheter då det saknas registrerad information för vissa hastighetsgränser i polisens underlag. För att resultatet ska kunna uppvisa ett tydligare mönster behövs mer indata. Bristen för indata för gäller även för att få en bättre LCC-modell. I rapporten har beaktning endast lagts på olyckor mellan 2003 till 2013 ur STRADA-utdraget. En eventuell förbättring av modellen skulle kunna göras genom att ta med värden mellan 2013 till 2017 ur STRADA utdraget, vilket skulle ha kunnat förstärka resultaten. Andra förbättringar som skulle kunna göras för att förbättra LCC-modellen och resultatet av PO-kvoten och DSS-kvoten är att undersöka flera vägar eller till

och med alla vägar. Med undersökningar av flera vägar kommer bedömningarna att vara säkrare.

Huvudsyftet med examensarbetet var att upprätta en komplett livscykelkostnadsmodell som i sin tur ska bestämma den ekonomiska lönsamheten för olika broräcken ur ett långsiktigt perspektiv. Således anses W-profilen vara det mest kostnadseffektiva investeringsalternativet som konstaterats via en känslighetsanalys som genomförts med den framtagna LCC-modellen.

6. Förslag på fortsatt arbete

Modellen som framtog i rapporten är baserad kring broarna på väg E4 och väg E6. Det är därför mycket som kan och behöver förbättras för att modellen ska bli mer utförlig. Nedan finns förslag på vad som kan göras som fortsättningsarbete.

1. Identifiera flera broar för att få mer indata.

Mer indata behövs för att komplettera modellen ytterligare. Därför bör flera broar i vägnätet undersökas och tas i beaktning. På så sätt kan flera olyckor registreras, vilket kommer att ge en bättre grund för LCC-modellen,

2. Inkludera Polisens rapport 2010-2017 och även olycksrapporteringar från sjukhus.

De polisrapporterade olyckorna som undersöktes i rapporten täcker åren mellan 2003 och 2013. En förbättring av LCC-modellen kan göras genom att även beakta polisens olycksrapporter mellan 2013 till 2017.

Det finns skador som inte rapporteras till polisen, utan endast till sjukhuset. Dessa kan också inkluderas för ytterligare noggrannhet i modellen.

3. Skapa en liknande modell fast för vägräcken. Jämför modellen med den för broräcken!

Eftersom det i allmänhet fattas LCC-modeller för samtliga räcke typer kan det vara intressant att ta fram en liknande modell fast för vanliga vägräcken. Modellen kan tas fram på samma sätt som i denna rapport med skillnaden att broräcken i detta fall utesluts. Slutligen kan den ekonomiska lönsamheten jämföras för bro- och vägräcken.

4. Mer exakta kostnader. Inkludera driftkostnader!

Modellen som har framtagits i rapporten ger bara svar på vilket utredningsalternativ som är bäst utifrån ett ekonomiskt perspektiv. Modellen visar dock inte korrekta kostnader för de olika räkestyperna. En viktig kostnad som fattas är driftkostnaden, men andra kostnader kan också undersökas och kompletteras till/i modellen. Genom att få en mer korrekt skattning av utredningsalternativen får företagen en bättre koll på vad det egentligen kan kosta.

5. Val av räcken

Förutom att undersöka den ekonomiska lönsamheten kan andra faktorer beaktas såsom trafiksäkerhet, miljöaspekter och estetik. Ett fortsättningsarbete kan vara att undersöka de

olika faktorerna, kopplingen mellan dessa och vad olika företag och civila anser är viktigast när man väljer räckestyp.

7. Referenser

Barrier Tech. (u.å) *Hjälp vid klassificering av vägräcken för införande i NVDB.*

FMK Trafikprodukter ab (2016). Vägräcke W-profil. (Elektronisk) Tillgänglig:

<http://www.fmktrafik.se/index.asp?pid=30>

FMK Trafikprodukter ab (2016). Broräcke Rörräcke. (Elektronisk) Tillgänglig:

<http://www.fmktrafik.se/index.asp?pid=4>

FMK Trafikprodukter AB. (2011) *Drift och underhåll av bro- och vägräcken.* (Elektronisk)
Tillgänglig:

http://www.vegvesen.no/fag/Teknologi/Rekkverk+og+master/Sok+etter+godkjent+produkt/Vegutstyr/_attachment/509419?ts=14071f3ae50

Forsman, J. (2010). *Förbifart Stockholm – Jämförande LCCA-studier av de övergripande tekniska lösningarna vägbank, tunnel och bro.* Luleå: Luleå tekniska universitet

Helin, T & Thörnblad, M. (2007). *Kostnads- och riskanalys av räckesreparationer inom Vägverket Region Väst – En fallstudie ur beställarens perspektiv.* Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Körner, S & Wahlgren, L. (2015) *Statistisk Dataanalys.* Studentlitteratur AB

Rydén, C. (2012) *Inriktning för väg- och broräcken.* (Elektronisk) Tillgänglig:

http://www.svmc.se/smc_filer/SMC%20centralt/V%C3%A4gar/Inriktning%20f%C3%B6r%20v%C3%A4g-%20och%20bror%C3%A4cken%20projektrapport%20v1.0%202012-03-19.pdf

Strömberg, Per. (2016-11-28) (Muntlig)

Svenska Väg- och Broräckesföreningen (u.å). *Skyddsanordningarnas klassade egenskaper.* (Elektronisk) Tillgänglig:

http://svbrf.se/om_racken/om_racken.htm

Trafikverket. (2016a) *SPVA, Rapportera in skada på väganordning*. (Elektronisk)

Tillgänglig:

<http://www.trafikverket.se/tjanster/Anmal-skador-och-brister/rapportera-in-skada-pa-vaganordning-spva/>

Trafikverket. (2016b) *Bygg om eller bygg nytt – Kapitel 6 Trafiksäkerhet*. Borlänge:

Trafikverket

Trafikverket. (2015a) *Nationell vägdatabas, NVDB*. (Elektronisk) Tillgänglig:

<http://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/data/Nationell-vagdatabas/>

Trafikverket. (2015b) *Trafikarbete*. (Elektronisk) Tillgänglig:

<http://www.trafikverket.se/tjanster/trafiktjanster/Vagtrafik--och-hastighetsdata/Trafikarbete/>

Transportstyrelsen. (u.å) *Strada – informationssystem för olyckor och skador i trafiken*.

(Elektronisk) Tillgänglig:

<http://www.transportstyrelsen.se/STRADA>

Vägverket. (2004a) *Vägar och gators utformning, VGU – Väg- och gatuutrustning*.

(Elektronisk) Tillgänglig:

http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument_vag_och_gatuutformning/Vagar_och_gators_utformning/Vag_och_gatuutrustning/02_racken_gatuutrustning.pdf

Vägverket. (2004b) *Vägar och gators utformning, VGU – Väg- och gatuutrustning*.

(Elektronisk) Tillgänglig:

http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument_vag_och_gatuutformning/Vagar_och_gators_utformning/Vag_och_gatuutrustning/bilaga_1_forklaring_av_standarder_for_funktionsprovning.pdf

Vägverket. (u.å) *Vägverket Uttryckning på 2+1 vägar.* (Elektronisk) Tillgänglig:

https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0ahUKEwiGyd-o--DRAhWJ6CwKHbyLBloQFghSMAk&url=http%3A%2F%2Fwww.t-olycka.se%2Findex.php%2Ffiles%2F16%2FTrefaeltsvaeg%2F88%2FInfoblad%2520-%2520Utryckning%2520pa%25202%2B1-vaegar.pdf&usg=AFQjCNGa617ziZzDu_xuLTuQ4NAWsSJzAg&sig2=HEzW7-kYteVx6LOPZ4SYQg&bvm=bv.145393125,d.bGg

8. Bilagor

8.1. Bilaga 1 – Ekvationer som används i beräkningarna

Ekvationer som används i både olycksanalysen och analys av räckesreparationer

Trafikarbetet beskrivs som måttet på trafikens belastning i vägnätet uttryckt i axelparkilometer (Trafikverket, 2015b). Trafikarbetet kan även uttryckas som miljonaxelparkilometer och följande ekvation erhålls:

$$TA = \frac{365 \cdot \text{År} \cdot L \cdot \text{ÅDT}}{1 \cdot 10^6}$$

Där

TA	Trafikarbete	[Mapkm]
L	Brolängd	[km]
ÅDT	Årsdygnstrafik	[axelpar/dygn]

I både olycksanalysen och analys av räckesreparationer görs en statistisk dataanalys. Konfidensintervall för skillnaden mellan två populationer beräknas enligt följande (Körner & Wahlgren, 2015)

$$(x_{1,medel} - x_{2,medel}) \pm t * \sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$
$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1) * s_1^2 + (n_2 - 1) * s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Där

n_1	Stickprovsstorlek för stickprov 1
n_2	Stickprovsstorlek för stickprov 2
$x_{1,medel}$	Medelvärdet för stickprov 1
$x_{2,medel}$	Medelvärdet för stickprov 2
s_1	Standardavvikelse för stickprov 1
s_2	Standardavvikelse för stickprov 2
t	t bygger på $n_1 + n_2 - 2$ och bestäms med hjälp av t-fördelningstabell

Ekvationer för beräkningar i olycksanalysen

Personolyckskvoten definieras som ”Polisrapporterade personskadeolyckor per miljonaxelparkilometer, Mapkm, och följande ekvation erhålls (Trafikverket, 2016b):

$$POk = \frac{\Sigma O}{\Sigma TA}$$

Där

<i>POk</i>	Personolyckskvot	[skadade/Mapkm]
<i>O</i>	Antal olyckor på en viss bro	[stycken]
<i>TA</i>	Trafikarbete	[Mapkm]

Döds- och svårt skadadvot definieras som ”Antal dödade och svårt skadade per miljonaxelparkilometer, Mapkm, och därmed erhålls följande ekvation (Trafikverket, 2016b):

$$DSSk = \frac{\Sigma SS + \Sigma D}{\Sigma TA}$$

Där

<i>DSSk</i>	Döds- och svårt skadadvot	[D & SS/Mapkm]
<i>SS</i>	Antal svårt skadade	[personer]
<i>D</i>	Antal döda	[personer]
<i>TA</i>	Trafikarbete	[Mapkm]

Olyckskostnaden anger den totala kostnaden som uppstår av de skadade trafikanterna från trafikolyckorna. Olyckskostnadskvoten är en kvot vars olyckskostnad är normaliserad mot trafikarbetet och därmed erhålls följande ekvation:

$$Ok_{kvot} = \frac{\sum LS * p_{LS} + \sum SS * p_{SS} + \sum D * p_D}{\sum TA}$$

Där

Ok_{kvot}	Olyckskostnadskvot	[kr/Mapkm]
LS	Antal lindrigt skadade	[personer]
p_{LS}	Kostnad för lindrigt skadade	[kr/person]
SS	Antal svårt skadade	[personer]
p_{SS}	Kostnad för svårt skadade	[kr/m]
D	Antal döda	[personer]
p_D	Kostnad för döda	[kr/m]
TA	Trafikarbete	[Mapkm]

Ekvationer för beräkningar i analys av räckesreparationer

Påkörningsfrekvensen beräknas enligt följande (Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB Stockholm):

$$Pk_{frekvens} = \frac{L_{räckestyp}}{X_{tot, räckestyp} * \text{År}}$$

Där

$Pk_{frekvens}$	Påkörningsfrekvensen	[-]
$L_{räckestyp}$	Antal lagningar för en viss räckestyp	[stycken]
$X_{tot, räckestyp}$	Totala antalet broar med viss räckestyp	[stycken]

Reparationskostnadskvoten per år beräknas enligt följande ekvation (Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB Stockholm):

$$Rkk = Pk_{frekvens} * Rk_{medel}$$

Där

Rkk Reparationskostnadskvoten [kr/Mapkm]

$Pk_{frekvens}$ Påkörningsrekvens [-]

Rk_{medel} Medelvärde reparationskostnadskvot [kr/Mapkm]

8.2. Bilaga 2 – Beräkningar av olyckskostnadskvot

Olyckskostnadskvot för hastigheterna 120, 110, 100, 90, 80, 50 km/h för W-profil

Hastighetsgräns: 120, 110, 100, 90, 80, 50 km/h									
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG
13	1	1	0	0	3	13830	6	0,307420155	120
14	1	6	0	0	9	12660	327	15,86586015	120
14	2	1	0	0	2	12500	327	15,66534375	120
15	1	1	0	4	0	14150	88	4,772229	120
16	2	1	0	0	1	12500	69	3,30553125	120
17	1	2	0	0	3	13650	121	6,335179988	120
18	1	2	0	0	2	13650	281	14,70012863	120
19	2	1	1	0	1	14410	30	1,65678975	120
20	2	1	0	0	1	14410	25	1,353044963	120
21	1	2	0	0	2	16080	62	3,83317452	120
21	2	1	0	0	1	14950	62	3,563803425	120
22	2	1	0	2	2	16720	62	3,98573868	120
23	1	1	0	0	1	14670	12	0,669051023	120
24	2	1	0	1	0	14660	27	1,52821704	120
25	1	1	0	0	1	14520	29	1,58596515	120
43	1	1	0	0	1	11460	13,5	0,592926075	120
4	1	1	0	0	2	11350	90	3,893149313	110
5	1	2	0	0	2	11350	372	16,17288173	110
5	2	1	0	0	1	11040	372	15,73115544	110
6	1	1	0	0	1	20740	92	7,320665205	110
12	1	1	0	0	1	15910	6	0,359752943	110
26	2	1	0	0	4	26400	70	7,031871	110
27	1	1	0	0	1	22930	21	1,854251648	110
1	2	2	0	0	2	5580	610,5	13,05575618	110
2	2	1	0	0	4	2020	4,9	0,037934085	110
4	1	1	0	0	1	4070	54,4	0,84854616	110
9	1	1	0	2	0	13190	14,1	0,712764518	110
10	1	1	0	0	1	12990	13,2	0,65715111	110
12	2	2	0	2	0	7120	304	8,2953696	110
15	2	1	0	0	1	19450	11,2	0,8348718	110
16	2	1	0	1	0	18140	121,1	8,419059705	110
37	1	1	0	0	2	16610	75,1	4,780702658	110
37	2	1	0	1	2	15410	75,1	4,435317758	110
40	1	1	0	0	1	14000	89,1	4,7806605	110
41	1	3	0	0	6	16410	335,5	21,10003954	110
41	2	1	0	0	2	16410	335,5	21,10003954	110
42	1	3	0	1	5	15710	103,5	6,231587513	110
45	1	1	0	0	1	9330	30,3	1,083443918	110
47	2	1	0	0	2	9240	5,8	0,20539134	110
48	1	1	0	3	0	12000	2,4	0,110376	110
48	2	1	0	0	1	12000	2,4	0,110376	110
49	1	1	1	0	0	12360	50	2,368485	110
8	2	1	0	0	2	7760	372,5	11,0782245	100
17	1	2	0	1	1	46140	7,3	1,290870315	100
35	1	1	0	0	1	35980	450	62,0520075	100
36	2	1	0	0	1	22320	76,9	6,57813366	100
5	1	1	0	0	4	4050	32,9	0,510661463	90
38	1	1	0	0	1	15780	26,2	1,58449347	90
39	1	1	0	0	2	15780	285	17,23590225	90
9	1	1	0	1	3	35870	11	1,567178235	80
10	1	1	0	0	1	40960	21	3,2965632	80
11	1	1	0	0	1	23900	300	27,45154598	80
34	1	5	0	0	6	51420	252,8	49,81857552	80
34	2	3	0	0	11	50910	252,8	49,32445896	80
3	1	1	0	0	2	12410	197,5	9,393361688	50
19	2	1	0	0	1	51010	55,9	10,92821662	50
Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot								
130950000	270914,856								

Olyckskostnadskvot för hastigheterna 120, 110, 100 km/h för Rörräcke

Hastighetsgräns 120, 110, 100 km/h										
BroID	Riktning	Antal olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG	
44	1	1	0	0	1	9170	385,3	13,5409928	120	
110	1	1	0	0	3	7220	7	0,19092749	110	
110	2	1	0	0	2	6890	123	3,24528818	110	
6	2	1	0	0	1	3050	1800,5	21,0462696	110	
7	1	1	0	0	1	4580	205	3,59833425	110	
11	1	1	0	0	1	5510	70	1,47819525	110	
13	2	1	0	0	1	8300	65	2,06763375	110	
14	2	1	0	0	1	14530	12,8	0,71278368	110	
46	1	8	1	0	8	9240	521	18,4498083	110	
46	2	4	0	3	3	9240	521	18,4498083	110	
18	1	1	0	0	3	46500	235	41,8796438	100	
18	2	1	0	0	3	46140	235	41,5554143	100	
35	2	3	0	0	4	33220	450	57,2920425	100	
Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot									
38028000	170142,214									

Olyckskostnadskvot för hastigheten 70 km/h för Rörräcke

Hastighetsgräns E4 & E6: 70 km/h										
BroID	Riktning	Antal olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG	
8	2	1	0	0	1	52090	49	9,82203831	70	
20	1	4	0	2	6	51930	600	119,413035	70	
21	2	4	0	0	5	49390	600	113,572305	70	
22	1	5	0	1	7	51930	600	119,413035	70	
22	2	1	0	0	1	49390	600	113,572305	70	
23	1	1	0	0	1	51930	600	119,413035	70	
24	2	1	0	0	2	52640	90	18,156852	70	
25	1	3	0	0	3	67090	260	66,8518305	70	
25	2	3	0	1	4	73860	260	73,597797	70	
26	1	2	0	0	4	71970	450	124,121261	70	
26	2	1	0	0	1	76900	450	132,623663	70	
27	1	2	0	0	3	70590	460	124,446641	70	
27	2	7	0	2	10	76480	460	134,830416	70	
28	1	2	0	1	2	70590	265,5	71,8273545	70	
28	2	2	0	0	2	76480	265,5	77,8205988	70	
29	1	1	0	0	1	70590	313,8	84,8942517	70	
30	1	1	0	0	2	65920	326,8	82,5622291	70	
30	2	1	0	0	4	71240	326,8	89,2253216	70	
31	1	4	1	1	3	35270	638,9	86,3615665	70	
32	2	2	0	0	3	34940	82,3	11,0205914	70	
33	1	1	0	0	1	8450	153,5	4,97103994	70	
Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot									
61522000	34591,7381									

8.3. Bilaga 3 - Beräkningar av PO-kvot och DSS-kvot

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 50 km/h för W-profil

Hastighetsgräns E4: 50 km/h										
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG	
3	1	1	1	0	0	2	12410	197,5	9,393361688	50
19	2	1	1	0	0	1	51010	55,9	10,92821662	50
PO-kvot	DSS-kvot									
0,0984	0,0000									

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 80 km/h för W-profil

Hastighetsgräns E6 & E4: 80 km/h										
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG	
9	1	1	1	0	1	3	35870	11	1,567178235	80
10	1	1	1	0	0	1	40960	21	3,2965632	80
11	1	1	1	0	0	1	23900	300	27,45154598	80
34	1	5	5	0	0	6	51420	252,8	49,81857552	80
34	2	3	3	0	0	11	50910	252,8	49,32445896	80
PO-kvot	DSS-kvot									
0,0837	0									

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 90 km/h för W-profil

Hastighetsgräns E4: 90 km/h										
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG	
5	1	1	1	0	0	4	4050	32,9	0,510661463	90
38	1	1	1	0	0	1	15780	26,2	1,58449347	90
39	1	1	1	0	0	2	15780	285	17,23590225	90
PO-kvot	DSS-kvot									
0,155190685	0									

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 100 km/h för W-profil

Hastighetsgräns E4: 100 km/h										
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG	
8	2	1	1	0	0	2	7760	372,5	11,0782245	100
17	1	2	2	0	1	1	46140	7,3	1,290870315	100
35	1	1	1	0	0	1	35980	450	62,0520075	100
36	2	1	1	0	0	1	22320	76,9	6,57813366	100
PO-kvot	DSS-kvot									
0,061728977	0,0123458									

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 110 km/h för W-profil

Hastighetsgräns E4 & E6: 110 km/h											
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG		
4	1	1	0	0	2	11350	90	3,893149313	110		
5	1	2	0	0	2	11350	372	16,17288173	110		
5	2	1	0	0	1	11040	372	15,73115544	110		
6	1	1	0	0	1	20740	92	7,320665205	110		
12	1	1	0	0	1	15910	6	0,359752943	110		
26	2	1	0	0	4	26400	70	7,031871	110		
27	1	1	0	0	1	22930	21	1,854251648	110		
1	2	2	0	0	2	5580	610,5	13,05575618	110		
2	2	1	0	0	4	2020	4,9	0,037934085	110		
4	1	1	0	0	1	4070	54,4	0,84854616	110		
9	1	1	0	2	0	13190	14,1	0,712764518	110		
10	1	1	0	0	1	12990	13,2	0,65715111	110		
12	2	2	0	2	0	7120	304	8,2953696	110		
15	2	1	0	0	1	19450	11,2	0,8348718	110		
16	2	1	0	1	0	18140	121,1	8,419059705	110		
37	1	1	0	0	2	16610	75,1	4,780702658	110		
37	2	1	0	1	2	15410	75,1	4,435317758	110		
40	1	1	0	0	1	14000	89,1	4,7806605	110		
41	1	3	0	0	6	16410	335,5	21,10003954	110		
41	2	1	0	0	2	16410	335,5	21,10003954	110		
42	1	3	0	1	5	15710	103,5	6,231587513	110		
45	1	1	0	0	1	9330	30,3	1,083443918	110		
47	2	1	0	0	2	9240	5,8	0,20539134	110		
48	1	1	0	3	0	12000	2,4	0,110376	110		
48	2	1	0	0	1	12000	2,4	0,110376	110		
49	1	1	1	0	0	12360	50	2,368485	110		
PO-kvot	DSS-kvot										
0,332769061	0,07259212										

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 120 km/h för W-profil

Hastighetsgräns: 120 km/h											
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG		
13	1	1	0	0	3	13830	6	0,307420155	120		
14	1	6	0	0	9	12660	327	15,86586015	120		
14	2	1	0	0	2	12500	327	15,66534375	120		
15	1	1	0	4	0	14150	88	4,772229	120		
16	2	1	0	0	1	12500	69	3,30553125	120		
17	1	2	0	0	3	13650	121	6,335179988	120		
18	1	2	0	0	2	13650	281	14,70012863	120		
19	2	1	1	0	1	14410	30	1,65678975	120		
20	2	1	0	0	1	14410	25	1,353044963	120		
21	1	2	0	0	2	16080	62	3,83317452	120		
21	2	1	0	0	1	14950	62	3,563803425	120		
22	2	1	0	2	2	16720	62	3,98573868	120		
23	1	1	0	0	1	14670	12	0,669051023	120		
24	2	1	0	1	0	14660	27	1,52821704	120		
25	1	1	0	0	1	14520	29	1,58596515	120		
43	1	1	0	0	1	11460	13,5	0,592926075	120		
PO-kvot	DSS-kvot										
0,301052164	0,10035072										

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 70 km/h för Rörräcke

Hastighetsgräns E4 & E6: 70 km/h											
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG		
8	2	1	0	0	1	52090	49	9,82203831	70		
20	1	4	0	2	6	51930	600	119,413035	70		
21	2	4	0	0	5	49390	600	113,572305	70		
22	1	5	0	1	7	51930	600	119,413035	70		
22	2	1	0	0	1	49390	600	113,572305	70		
23	1	1	0	0	1	51930	600	119,413035	70		
24	2	1	0	0	2	52640	90	18,156852	70		
25	1	3	0	0	3	67090	260	66,8518305	70		
25	2	3	0	1	4	73860	260	73,597797	70		
26	1	2	0	0	4	71970	450	124,121261	70		
26	2	1	0	0	1	76900	450	132,623663	70		
27	1	2	0	0	3	70590	460	124,446641	70		
27	2	7	0	2	10	76480	460	134,830416	70		
28	1	2	0	1	2	70590	265,5	71,8273545	70		
28	2	2	0	0	2	76480	265,5	77,8205988	70		
29	1	1	0	0	1	70590	313,8	84,8942517	70		
30	1	1	0	0	2	65920	326,8	82,5622291	70		
30	2	1	0	0	4	71240	326,8	89,2253216	70		
31	1	4	1	1	3	35270	638,9	86,3615665	70		
32	2	2	0	0	3	34940	82,3	11,0205914	70		
33	1	1	0	0	1	8450	153,5	4,97103994	70		
PO-kvot	DSS-kvot										
0,027551041	0,0050604										

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 100 km/h för Rörräcke

Hastighetsgräns E4: 100 km/h											
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG		
18	1	1	0	0	3	46500	235	41,8796438	100		
18	2	1	0	0	3	46140	235	41,5554143	100		
35	2	3	0	0	4	33220	450	57,2920425	100		
PO-kvot	DSS-kvot										
0,035529759	0										

PO-kvot och DSS-kvot för hastigheten 110 km/h för Rörräcke

Hastighetsgräns: 110 km/h											
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Döda	Svårt skadade	Lindrigt skadade	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	HG		
110	1	1	0	0	3	7220	7	0,19092749	110		
110	2	1	0	0	2	6890	123	3,24528818	110		
6	2	1	0	0	1	3050	1800,5	21,0462696	110		
7	1	1	0	0	1	4580	205	3,59833425	110		
11	1	1	0	0	1	5510	70	1,47819525	110		
13	2	1	0	0	1	8300	65	2,06763375	110		
14	2	1	0	0	1	14530	12,8	0,71278368	110		
46	1	8	1	0	8	9240	521	18,4498083	110		
46	2	4	0	3	3	9240	521	18,4498083	110		
PO-kvot	DSS-kvot										
0,274411627	0,05777087										

8.4. Bilaga 4 – Statistiska analyser från olycksanalysen i form av T-test

Statistiska analyser i form av T-test för W-profil

Sammanlagning av grupper via T-test							
Generella hyp	H0: Det finns ingen skillnad mellan de två populationerna						
	H1: Det finns skillnad mellan de två populationerna						
Jämförelse							
HG: 120 km/h - 110 km/h							
HG-grupp 1:	120 km/h						
Antal olyckor:	24						
Medel:	1463478,87						
STDAV.P:	3256824,8						
HG-grupp 2	110 km/h						
Antal olyckor:	33						
Medel:	5506388,89						
STDAV.P:	19412120,6						
Delta Medel	-4042910,01						
Sp²	2,2368E+14						
frihetsgrader	55						
t-fördelning	2,00404478						
Övre.konf	3997869,88						
Undre.konf	-12083689,9						
Slutsats:	Inget kan förkastas ty nollan kommer med i konfidensintervallet. Grupperna slås samman.						

Hastighetsgrän: 120, 110 km/h															
BroID	Riktning	Antalet olycko	Antalet döda	Antalet svårt s	Antalet lindrig	ADT Fordon	ADT Lastbilar	ADT Axelpar	Längd	Trafikarbete	PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot	HG
13	1	1	0	0	3	11130	2190	13830	6	0,30742016	3,25287716	0	438000	1424760,195	120
14	1	6	0	0	9	10150	2130	12660	327	15,8658602	0,37817048	0	1314000	82819,33583	120
14	2	1	0	0	2	10020	2000	12500	327	15,6653438	0,06383518	0	292000	18639,87185	120
15	1	1	0	4	0	11410	2230	14150	88	4,772229	0,20954569	0,83818274	14824000	3106305,251	120
16	2	1	0	0	1	10020	2000	12500	69	3,30553125	0,30252323	0	146000	44168,39199	120
17	1	2	0	0	3	10920	2290	13650	121	6,33517999	0,31569742	0	438000	69137,73577	120
18	1	2	0	0	2	10920	2290	13650	281	14,7001286	0,13605323	0	292000	19863,77177	120
19	2	1	1	0	1	11920	2160	14410	30	1,65678975	0,60357689	0,60357689	22384000	13510465,04	120
20	2	1	0	0	1	11920	2160	14410	25	1,35304496	0,73907374	0	146000	107904,765	120
21	1	2	0	0	2	13070	2540	16080	62	3,83317452	0,521176075	0	292000	76177,06903	120
21	2	1	0	0	1	12330	2250	14950	62	3,56380343	0,28059909	0	146000	40967,46722	120
22	2	1	0	2	2	13710	2690	16720	62	3,98573868	0,25089452	0,50178904	7704000	1932891,396	120
23	1	1	0	0	1	11950	2320	14670	12	0,66905102	1,49465432	0	146000	218219,5305	120
24	2	1	0	1	0	12130	2180	14660	27	1,52821704	0,65435732	0,65435732	3706000	2425048,212	120
25	1	1	0	0	1	12200	2300	14520	29	1,58596515	0,63053088	0	146000	92057,50833	120
43	1	1	0	0	1	9080	1800	11460	13,5	0,59292608	1,68655089	0	146000	246236,4301	120
4	1	1	0	0	2	9460	1630	11350	90	3,89314931	0,25686146	0	292000	75003,54509	110
5	1	2	0	0	2	9460	1630	11350	372	16,1728817	0,1236638	0	292000	18054,9147	110
5	2	1	0	0	1	9210	1600	11040	372	15,7311554	0,06356812	0	146000	9280,945736	110
6	1	1	0	0	1	18440	2300	20740	92	7,32066521	0,13659961	0	146000	19943,54282	110
12	1	1	0	0	1	13400	2180	15910	6	0,35975294	2,77968539	0	146000	405834,0676	110
26	2	1	0	0	4	23000	3420	26400	70	7,031871	0,14220966	0	584000	83050,44276	110
27	1	1	0	0	1	19410	3390	22930	21	1,85425165	0,53930113	0	146000	78737,96429	110
1	2	2	0	0	2	4800	680	5580	610,5	13,0557562	0,15318914	0	292000	22365,61376	110
2	2	1	0	0	4	1800	250	2020	4,9	0,03793409	26,3615163	0	584000	15395125,52	110
4	1	1	0	0	1	3380	540	4070	54,4	0,84854616	1,17848627	0	146000	172058,9956	110
9	1	1	0	2	0	11840	1320	13190	14,1	0,71276452	1,40298791	2,80597582	7412000	10398946,38	110
10	1	1	0	0	1	11840	1250	12990	13,2	0,65715111	1,52172002	0	146000	222171,1229	110
12	2	2	0	2	0	6440	780	7120	304	8,2953696	0,24109836	0,24109836	7412000	893510,5194	110

15	2	1	0	0	1	18280	1980	19450	11,2	0,8348718	1,19778869	0	146000	174877,1488	110
16	2	1	0	1	0	16980	1800	18140	121,1	8,41905971	0,11877811	0,11877811	3706000	440191,6758	110
37	1	1	0	0	2	14370	2090	16610	75,1	4,78070266	0,20917427	0	292000	61078,88754	110
37	2	1	0	1	2	13640	1850	15410	75,1	4,43531776	0,22546299	0,22546299	3998000	901401,0311	110
40	1	1	0	0	1	11840	1890	14000	89,1	4,7806605	0,20917612	0	146000	30539,71308	110
41	1	3	0	0	6	13820	2420	16410	335,5	21,1000395	0,14217983	0	876000	41516,50988	110
41	2	1	0	0	2	13820	2420	16410	335,5	21,1000395	0,04739328	0	292000	13838,83663	110
42	1	3	0	1	5	12950	2180	15710	103,5	6,23158751	0,48141826	0,16047275	4436000	711857,1297	110
45	1	1	0	0	1	7080	1720	9330	30,3	1,08344392	0,92298271	0	146000	134755,4752	110
47	2	1	0	0	2	7110	1640	9240	5,8	0,20539134	4,86875445	0	292000	1421676,299	110
48	1	1	0	3	0	10000	2000	12000	2,4	0,110376	9,05994057	27,1798217	11118000	100728419,2	110
48	2	1	0	0	1	10000	2000	12000	2,4	0,110376	9,05994057	0	146000	1322751,323	110
49	1	1	1	0	0	10970	1420	12360	50	2,368485	0,42221082	0,42221082	22238000	9389124,271	110
PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot												
0,24648435	0,08216145	118136000	510853,952												

Jämförelse	
HG: (120, 110) km/h - (100) km/h	
HG-grupp 1: (120, 110) km/h	
Antal olyckor:	57
Medel:	3966232,69
STDAV.P:	15529692,1
HG-grupp 2 100 km/h	
Antal olyckor:	5
Medel:	758734,73
STDAV.P:	1284808,74
Delta Medel	3207497,96
Sp^2	2,252E+14
frihetsgrader	60
t-fördelning	2,00029782
Övre.konf	17208381,6
Undre.konf	-10793386
Slutsats:	Inget kan förkastas ty nollan kommer med i konfidensintervallet. Grupperna slås samman.

Hastighetsgrän: 120, 110, 100 km/h															
BroID	Riktning	Antalet olycko	Antalet döda	Antalet svårt s	Antalet lindrig	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot	HG
13	1	1	0	0	3	11130	2190	13830	6	0,30742016	3,25287716	0	438000	1424760,195	120
14	1	6	0	0	9	10150	2130	12660	327	15,8658602	0,37817048	0	1314000	82819,33583	120
14	2	1	0	0	2	10020	2000	12500	327	15,6653438	0,06383518	0	292000	18639,87185	120
15	1	1	0	0	4	11410	2230	14150	88	4,772229	0,20954569	0,83818274	14824000	3106305,251	120
16	2	1	0	0	1	10020	2000	12500	69	3,30531125	0,30252323	0	146000	44168,30199	120
17	1	2	0	0	3	10920	2290	13650	121	6,33517999	0,31569742	0	438000	69137,73577	120
18	1	2	0	0	2	10920	2290	13650	281	14,7001286	0,13605323	0	292000	19863,77177	120
19	2	1	1	0	1	11920	2160	14410	30	1,65678975	0,60357689	0,60357689	22384000	13510465,04	120
20	2	1	0	0	1	11920	2160	14410	25	1,35304496	0,73907374	0	146000	107904,766	120
21	1	2	0	0	2	13070	2540	16080	62	3,83317452	0,52176075	0	292000	76177,06903	120
21	2	1	0	0	1	12330	2250	14950	62	3,56380343	0,28059909	0	146000	40967,46722	120
22	2	1	0	2	2	13710	2690	16720	62	3,98573868	0,25089452	0,50178904	7704000	1932891,396	120
23	1	1	0	0	1	11950	2320	14670	12	0,66905102	1,49465432	0	146000	218219,5305	120
24	2	1	0	1	0	12130	2180	14660	27	1,52821704	0,65435732	0,65435732	3706000	2425048,212	120
25	1	1	0	0	1	12200	2300	14520	29	1,58596515	0,63053088	0	146000	92057,50833	120
43	1	1	0	0	1	9080	1800	11460	13,5	0,59292608	1,68655089	0	146000	246236,4301	120
4	1	1	0	0	2	9460	1630	11350	90	3,89314931	0,25686146	0	292000	75003,54509	110
5	1	2	0	0	2	9460	1630	11350	372	16,1728817	0,1236638	0	292000	18054,9147	110
5	2	1	0	0	1	9210	1600	11040	372	15,7311554	0,06356812	0	146000	9280,945736	110
6	1	1	0	0	1	18440	2300	20740	92	7,32066521	0,13659961	0	146000	15941,54282	110
12	1	1	0	0	1	13400	2180	15910	6	0,35975294	2,77968539	0	146000	405834,0676	110
26	2	1	0	0	4	23000	3420	26400	70	7,031871	0,14220966	0	584000	83050,44276	110
27	1	1	0	0	1	19410	3390	22930	21	1,85425165	0,53930113	0	146000	78737,96429	110
1	2	2	0	0	2	4800	680	5580	610,5	13,0557562	0,15318914	0	292000	22365,61376	110
2	2	1	0	0	4	1800	250	2020	4,9	0,03793409	26,3615163	0	584000	15395125,52	110
4	1	1	0	0	1	3380	540	4070	54,4	0,84854616	1,17848627	0	146000	172058,9956	110

9	1	1	0	2	0	11840	1320	13190	14,1	0,71276452	1,40298791	2,80597582	7412000	10398946,38	110
10	1	1	0	0	1	11840	1250	12990	13,2	0,65715111	1,52172002	0	146000	222171,1229	110
12	2	2	0	2	0	6440	780	7120	304	8,29536966	0,24109836	0,24109836	7412000	893510,5194	110
15	2	1	0	0	1	18280	1980	19450	11,2	0,8348718	1,19778869	0	146000	174877,1488	110
16	2	1	0	1	0	16980	1800	18140	121,1	8,41905971	0,11877811	0,11877811	3706000	440191,6798	110
37	1	1	0	0	2	13640	2090	16610	75,1	4,78070266	0,20917427	0	292000	61078,88754	110
37	2	1	0	1	2	13640	1850	15410	75,1	4,43531776	0,22546299	0,22546299	3998000	901401,0311	110
40	1	1	0	0	1	11840	1890	14000	89,1	4,7806605	0,20917612	0	146000	30539,71308	110
41	1	3	0	0	6	13820	2420	16410	335,5	21,1000395	0,14217983	0	876000	41516,50988	110
41	2	1	0	0	2	13820	2420	16410	335,5	21,1000395	0,04739328	0	292000	13838,83663	110
42	1	3	0	1	5	12950	2180	15710	103,5	6,23158751	0,48141826	0,16047275	4436000	711857,1297	110
45	1	1	0	0	1	7080	1720	9330	30,3	1,08344392	0,92298271	0	146000	134755,4752	110
47	2	1	0	0	2	7110	1640	9240	5,8	0,20539134	4,86875445	0	292000	1421676,299	110
48	1	1	0	3	0	10000	2000	12000	2,4	0,110376	9,05994057	27,1798217	11118000	100728419,2	110
48	2	1	0	0	1	10000	2000	12000	2,4	0,110376	9,05994057	0	146000	1322751,323	110
49	1	1	1	0	0	10970	1420	12360	50	2,368485	0,42221082	0,42221082	22238000	9389124,271	110
8	2	1	0	0	2	6730	880	7760	372,5	11,0782245	0,09026717	0	292000	26358,01432	100
17	1	2	0	1	1	43920	4840	46140	7,3	1,29087032	1,54934231	0,77467116	3852000	2984033,295	100
35	1	1	0	0	1	32310	4060	35980	450	62,0520075	0,01611551	0	146000	2352,865054	100
36	2	1	0	0	1	20800	1950	22320	76,9	6,57813366	0,1520188	0	146000	22194,74513	100

PO-kvot 0,19855806 DSS-kvot 0,06405099 Olyckskostnad 122572000 Olyckskostnadskvot 392542,877

Jämförelse	
HG: (120, 110, 100) km/h - (90) km/h	
HG-grupp 1: (120, 110, 100) km/h	
Antal olyckor:	62
Medel:	3687319,83
STDAV.P:	14871458,5
HG-grupp 2 90 km/h	
Antal olyckor:	3
Medel:	417566,394
STDAV.P:	514310,881
Delta Medel	3269753,43
Sp^2	2,1415E+14
frihetsgrader	63
t-fördelning	1,99834054
Övre.konf	20557023,9
Undre.konf	-14017517
Slutsats:	Inget kan förkastas ty nollan kommer med i konfidensintervallet. Grupperna slås samman.

Hastighetsgräns: 120, 110, 100, 90 km/h															
BroID	Riktning	Antalet olycko	Antalet döda	Antalet svårt s	Antalet lindrig	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot	HG
13	1	1	0	0	3	11130	2190	13830	6	0,30742016	3,25287716	0	438000	1424760,195	120
14	1	6	0	0	9	10150	2130	12660	327	15,8658602	0,37817048	0	1314000	82819,33583	120
14	2	1	0	0	2	10020	2000	12500	327	15,6653438	0,06383518	0	292000	18639,87185	120
15	1	1	0	4	0	11410	2230	14150	88	4,772229	0,20954569	0,83818274	14824000	3106305,251	120
16	2	1	0	0	1	10020	2000	12500	69	3,30553125	0,30252323	0	146000	44168,39199	120
17	1	2	0	0	3	10920	2290	13650	121	6,33517999	0,31569742	0	438000	69137,73577	120
18	1	2	0	0	2	10920	2290	13650	281	14,7001286	0,13605323	0	292000	19863,77177	120
19	2	1	1	0	1	11920	2160	14410	30	1,65678975	0,60357689	0,60357689	22384000	13510465,04	120
20	2	1	0	0	1	11920	2160	14410	25	1,35304496	0,73907374	0	146000	107904,766	120
21	1	2	0	0	2	13070	2540	16080	62	3,83317452	0,52176075	0	292000	76177,06903	120
21	2	1	0	0	1	12330	2250	14950	62	3,56380343	0,28059909	0	146000	40967,46722	120
22	2	1	0	2	2	13710	2690	16720	62	3,98573868	0,25089452	0,50178904	7704000	1932891,396	120
23	1	1	0	0	1	11950	2320	14670	12	0,66905102	1,49465432	0	146000	218219,5305	120
24	2	1	0	1	0	12130	2180	14660	27	1,52821704	0,65435732	0,65435732	3706000	2425048,212	120
25	1	1	0	0	1	12200	2300	14520	29	1,58596515	0,63053088	0	146000	92057,50833	120
43	1	1	0	0	1	9080	1800	11460	13,5	0,59292608	1,68655089	0	146000	246236,4301	120
4	1	1	0	0	2	9460	1630	11350	90	3,89314931	0,25686146	0	292000	75003,54509	110
5	1	2	0	0	2	9460	1630	11350	372	16,1728817	0,1236638	0	292000	18054,9147	110
5	2	1	0	0	1	9210	1600	11040	372	15,7311554	0,06356812	0	146000	9280,945736	110
6	1	1	0	0	1	18440	2300	20740	92	7,32066521	0,13659961	0	146000	19943,54282	110
12	1	1	0	0	1	13400	2180	15910	6	0,35975294	2,77968539	0	146000	405834,0676	110
26	2	1	0	0	4	23000	3420	26400	70	7,031871	0,14220966	0	584000	83050,44276	110
27	1	1	0	0	1	19410	3390	22930	21	1,85425165	0,53930113	0	146000	78737,96429	110
1	2	2	0	0	2	4800	680	5580	610,5	13,0557562	0,15318914	0	292000	22365,61376	110
2	2	1	0	0	4	1800	250	2020	4,9	0,03793409	26,3615163	0	584000	15395125,52	110
4	1	1	0	0	1	3380	540	4070	54,4	0,84854616	1,17848627	0	146000	172058,9956	110
9	1	1	0	2	0	11840	1320	13190	14,1	0,71276452	1,40298791	2,80597582	7412000	10398946,38	110
10	1	1	0	0	1	11840	1250	12990	13,2	0,65715111	1,52172002	0	146000	222171,1229	110
12	2	2	0	2	0	6440	780	7120	304	8,2953696	0,24109836	0,24109836	7412000	893510,5194	110
15	2	1	0	0	1	18280	1980	19450	11,2	0,8348718	1,19778869	0	146000	174877,1488	110
16	2	1	0	1	0	16980	1800	18140	121,1	8,41905971	0,11877811	0,11877811	3706000	440191,6758	110
37	1	1	0	0	2	14370	2090	16610	75,1	4,78070266	0,20917427	0	292000	61078,88754	110
37	2	1	0	1	2	13640	1850	15410	75,1	4,43531776	0,22546299	0,22546299	3998000	901401,0311	110
40	1	1	0	0	1	11840	1890	14000	89,1	4,7806605	0,20917612	0	146000	30539,71308	110
41	1	3	0	0	6	13820	2420	16410	335,5	21,1000395	0,14217983	0	876000	41516,50988	110
41	2	1	0	0	2	13820	2420	16410	335,5	21,1000395	0,04739328	0	292000	13838,83663	110
42	1	3	0	1	5	12950	2180	15710	103,5	6,23158751	0,48141826	0,16047275	4436000	711857,1297	110
45	1	1	0	0	1	7080	1720	9330	30,3	1,08344392	0,92298271	0	146000	134755,4752	110
47	2	1	0	0	2	7110	1640	9240	5,8	0,20539134	4,86875445	0	292000	1421676,299	110
48	1	1	0	3	0	10000	2000	12000	2,4	0,110376	9,05994057	27,1798217	11118000	100728419,2	110
48	2	1	0	0	1	10000	2000	12000	2,4	0,110376	9,05994057	0	146000	1322751,323	110
49	1	1	1	0	0	10970	1420	12360	50	2,368485	0,42221082	0,42221082	22238000	9389124,271	110
8	2	1	0	0	2	6730	880	7760	372,5	11,0782245	0,09026717	0	292000	26358,01432	100
17	1	2	0	1	1	43920	4840	46140	7,3	1,29087032	1,54934231	0,77467116	3852000	2984033,295	100
35	1	1	0	0	1	32310	4060	35980	450	62,0520075	0,01611551	0	146000	2352,865054	100
36	2	1	0	0	1	20800	1950	22320	76,9	6,57813366	0,1520188	0	146000	22194,74513	100
5	1	1	0	0	4	3200	640	4050	32,9	0,51066146	1,9582445	0	584000	1143614,788	90
38	1	1	0	0	1	13600	1960	15780	26,2	1,58449347	0,63111652	0	146000	92143,01148	90
39	1	1	0	0	2	13600	1960	15780	285	17,2359023	0,05801843	0	292000	16941,38176	90
PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot												
0,19602977	0,06031685	123594000	372740,044												

Statiska analyser i form av T-test för rörräcke

Sammanslagning av grupper via T-test															
Generella hyp: H0: Det finns ingen skillnad mellan de två populationerna															
H1: Det finns skillnad mellan de två populationerna															
Hastighetsgräns 120, 110 km/h															
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Antalet döda	Antalet svårt sl	Antalet lindrigt	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot	HG
44	1	1	0	0	1	6440	1940	9170	385,3	13,5409928	0,07384983	0	146000	10782,07498	120
110	1	1	0	0	3	5440	1410	7220	7	0,19092749	5,2375906	0	438000	2294064,681	110
110	2	1	0	0	2	5340	1310	6890	123	3,24528818	0,30813904	0	292000	89976,60102	110
6	2	1	0	0	1	2260	530	3050	1800,5	21,0462696	0,04751436	0	146000	6937,096361	110
7	1	1	0	0	1	360	680	4580	205	3,59833425	0,27790637	0	146000	40574,32964	110
11	1	1	0	0	1	4340	820	5510	70	1,47819525	0,67650062	0	146000	98769,09021	110
13	2	1	0	0	1	7800	900	8300	65	2,06763375	0,48364465	0	146000	70612,1188	110
14	2	1	0	0	1	13720	1360	14530	12,8	0,71278368	1,40295019	0	146000	204830,7279	110
46	1	8	1	0	8	7110	1640	9240	521	18,4498083	0,43360884	0,05420111	23406000	1268631,068	110
46	2	4	0	3	3	7110	1640	9240	521	18,4498083	0,21680442	0,16260332	11556000	626347,9713	110
PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot												
0,28885434	0,04832083	36568000	441748,993												

Jämförelse	
HG: (120, 110) km/h - 100 km/h	
HG-grupp 1: (120, 110) km/h	
Antal olyckor:	20
Medel:	471152,576
STDAV.P:	714928,339
HG-grupp 2 100 km/h	
Antal olyckor:	5
Medel:	10397,3574
STDAV.P:	148,025711
Delta Medel	460755,219
Sp^2	4,2223E+11
frihetsgrader	23
t-fördelning	2,06865761
Övre.konf	1132855,41
Undre.konf	-211344,969
Slutsats:	Inget kan förkastas ty nollan kommer med i konfidensintervallet. Grupperna slås samman.

Hastighetsgräns 120, 110, 100 km/h															
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Antalet döda	Antalet svårt sl	Antalet lindrigt	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot	HG
44	1	1	0	0	1	6440	1940	9170	385,3	13,5409928	0,07384983	0	146000	10782,07498	120
110	1	1	0	0	3	5440	1410	7220	7	0,19092749	5,2375906	0	438000	2294064,681	110
110	2	1	0	0	2	5340	1310	6890	123	3,24528818	0,30813904	0	292000	89976,60102	110
6	2	1	0	0	1	2260	530	3050	1800,5	21,0462696	0,04751436	0	146000	6937,096361	110
7	1	1	0	0	1	360	680	4580	205	3,59833425	0,27790637	0	146000	40574,32964	110
11	1	1	0	0	1	4340	820	5510	70	1,47819525	0,67650062	0	146000	98769,09021	110
13	2	1	0	0	1	7800	900	8300	65	2,06763375	0,48364465	0	146000	70612,1188	110
14	2	1	0	0	1	13720	1360	14530	12,8	0,71278368	1,40295019	0	146000	204830,7279	110
46	1	8	1	0	8	7110	1640	9240	521	18,4498083	0,43360884	0,05420111	23406000	1268631,068	110
46	2	4	0	3	3	7110	1640	9240	521	18,4498083	0,21680442	0,16260332	11556000	626347,9713	110
18	1	1	0	0	3	44360	4620	46500	235	41,8796438	0,02387795	0	438000	10458,54169	100
18	2	1	0	0	3	43920	4840	46140	235	41,5554143	0,02406425	0	438000	10540,14279	100
35	2	3	0	0	4	30110	3770	33220	450	57,2920425	0,05236329	0	584000	10193,38768	100
PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot												
0,11185325	0,01789652	38028000	170142,214												

Jämförelse	
HG: (120, 110, 100) km/h - 70 km/h	
HG-grupp 1: (120, 110, 100) km/h	
Antal olyckor:	25
Medel:	364824,449
STDAV.P:	656396,794
HG-grupp 2 70 km/h	
Antal olyckor:	49
Medel:	34983,9396
STDAV.P:	64714,1502
Delta Medel	329840,509
Sp^2	1,4641E+11
frihetsgrader	72
t-fördelning	1,99346357
Övre.konf	517315,254
Undre.konf	142365,764
Slutsats:	Nollhypotesen förkastas ty noll inte kommer med i intervallet. Grupperna separeras.

Följande grupper gäller:															
Hastighetsgräns 120, 110, 100 km/h															
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Antalet döda	Antalet svårt sl	Antalet lindrigt	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot	HG
44	1	1	0	0	1	6440	1940	9170	385,3	13,5409928	0,07384983	0	146000	10782,07498	120
110	1	1	0	0	3	5440	1410	7220	7	0,19092749	5,2375906	0	438000	2294064,681	110
110	2	1	0	0	2	5340	1310	6890	123	3,24528818	0,30813904	0	292000	89976,60102	110
6	2	1	0	0	1	2260	530	3050	1800,5	21,0462696	0,04751436	0	146000	6937,096361	110
7	1	1	0	0	1	360	680	4580	205	3,59833425	0,27790637	0	146000	40574,32964	110
11	1	1	0	0	1	4340	820	5510	70	1,47819525	0,67650062	0	146000	98769,09021	110
13	2	1	0	0	1	7800	900	8300	65	2,06763375	0,48364465	0	146000	70612,1188	110
14	2	1	0	0	1	13720	1360	14530	12,8	0,71278368	1,40295019	0	146000	204830,7279	110
46	1	8	1	0	8	7110	1640	9240	521	18,4498083	0,43360884	0,05420111	23406000	1268631,068	110
46	2	4	0	3	3	7110	1640	9240	521	18,4498083	0,21680442	0,16260332	11556000	626347,9713	110
18	1	1	0	0	3	44360	4620	46500	235	41,8796438	0,02387795	0	438000	10458,54169	100
18	2	1	0	0	3	43920	4840	46140	235	41,5554143	0,02406425	0	438000	10540,14279	100
35	2	3	0	0	4	30110	3770	33220	450	57,2920425	0,05236329	0	584000	10193,38768	100
PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot												
0,11185325	0,01789652	38028000	170142,214												

Hastighetsgräns E4 & E6: 70 km/h															
BroID	Riktning	Antalet olyckor	Antalet döda	Antalet svårt sl	Antalet lindrigt	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Längd	Trafikarbete	PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot	HG
8	2	1	0	0	1	47700	5580	52090	49	9,82203831	0,10181186	0	146000	14864,53172	70
20	1	4	0	2	6	48080		51930	600	119,413035	0,03349718	0,01674859	8288000	69406,15821	70
21	2	4	0	0	5	45730		49390	600	113,572305	0,03521985	0	730000	6427,623354	70
22	1	5	0	1	7	48080		51930	600	119,413035	0,04187148	0,0083743	4728000	39593,66748	70
22	2	1	0	0	1	45730		49390	600	113,572305	0,00880496	0	146000	1285,524671	70
23	1	1	0	0	1	48080		51930	600	119,413035	0,0083743	0	146000	1222,647092	70
24	2	1	0	0	2	48740		52640	90	18,156852	0,05507563	0	292000	16082,08295	70
25	1	3	0	0	3	62120		67090	260	66,8518305	0,04487536	0	438000	6551,802647	70
25	2	3	0	1	4	68390		73860	260	73,597797	0,04076209	0,01358736	4290000	58289,78821	70
26	1	2	0	0	4	63680		71970	450	124,121261	0,01611327	0	584000	4705,076263	70
26	2	1	0	0	1	71200		76900	450	132,623663	0,00754013	0	146000	1100,859358	70
27	1	2	0	0	3	65360		70590	460	124,446641	0,01607114	0	438000	3519,580748	70
27	2	7	0	2	10	70810		76480	460	134,830416	0,05191707	0,01483345	8872000	65801,17649	70
28	1	2	0	1	2	65360		70590	265,5	71,8273545	0,02784454	0,01392227	3998000	55661,24536	70
28	2	2	0	0	2	70810		76480	265,5	77,8205988	0,02570014	0	292000	3752,219907	70
29	1	1	0	0	1	65360		70590	313,8	84,8942517	0,01177936	0	146000	1719,786641	70
30	1	1	0	0	2	61040		65920	326,8	82,5622291	0,01211208	0	292000	3536,726214	70
30	2	1	0	0	4	65960		71240	326,8	89,2253216	0,01120758	0	584000	6545,227176	70
31	1	4	1	1	3	32660		35270	638,9	86,3615665	0,0463169	0,02315845	26382000	305483,1109	70
32	2	2	0	0	3	32350		34940	82,3	11,0205914	0,18147846	0	438000	39743,78375	70
33	1	1	0	0	1	8000	800	8450	153,5	4,97103994	0,20116515	0	146000	29370,11206	70
PO-kvot	DSS-kvot	Olyckskostnad	Olyckskostnadskvot												
0,02755104	0,0050604	61522000	34591,7381												

8.5. Bilaga 5 – Beräkningar av reparationskostnadskvoten

Reparationskostnadskvot för hastigheterna 110, 100, 90, 80, 70, 60, 50 km/h för W-profil

Hastighetsgräns E6 & E4: 110, 100, 90, 80, 70, 60, 50 km/h										
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ADT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnad [kr/Mapkm]	HG	
4	1	1	1	2	1713	10000	14436	15,627	923,8116188	110
5	1	1	1	2	90	11350	8921	0,927	9624,136398	110
6	1	1	1	2	12	18460	13721	0,194	70830,99689	110
10	2	1	1	2	119	14640	8280	1,583	5230,437736	110
13	1	1	1	2	17	13110	16716	0,202	82681,83242	110
14	1	1	1	2	9	13110	6145	0,106	57716,0121	110
16	2	1	1	2	5	13460	5376	0,058	93128,68467	110
17	2	1	1	2	25	23060	88109	0,522	168840,4167	110
18	2	1	1	2	35	25330	9976	0,802	12438,23915	110
20	1	1	1	2	16	23330	7715	0,338	22792,45963	110
21	1	1	1	2	58	25540	10320	1,356	7608,568354	110
3	2	1	1	2	610,5	5580	7187	3,109	2312,037663	110
6	2	1	1	2	38	3440	14183	0,119	118903,1036	110
20	1	1	1	2	9	8080	4300	0,066	64801,00065	110
21	2	1	1	2	34,3	7750	34400	0,243	141817,4744	110
23	2	1	1	2	35,9	12440	4300	0,408	10551,65914	110
25	1	1	1	2	304,1	7030	27954	1,951	14329,77405	110
26	2	1	1	2	53,9	7120	16640	0,350	47517,29284	110
58	2	1	1	2	37,1	15410	36186	0,522	69363,5253	110
59	2	1	1	2	9,2	13750	16948	0,115	146823,3256	110
60	1	1	1	2	5,9	13960	31045	0,075	413067,8186	110
61	2	1	1	2	104,5	11060	45260	1,055	42915,11287	110
62	2	1	1	2	52,4	11060	25547	0,529	48308,17389	110
63	1	1	1	2	6,2	14000	10629	0,079	134196,0735	110
64	1	2	2	2	161,5	13150	236282	1,938	121926,887	110
69	1	1	1	2	10,8	9330	4592	0,092	49941,73283	110
70	1	1	1	2	15,2	5180	5624	0,072	78277,8865	110
30	1	6	2	2	235	46140	1016554	9,894	102742,9729	100
30	2	1	2	2	235	46500	60288	9,971	6046,12593	100
31	1	1	2	2	4,9	48330	39664	0,216	183548,4668	100
32	2	1	2	2	5,4	48070	60288	0,237	254524,8099	100
51	1	1	2	2	6,1	39520	16800	0,220	76371,20406	100
52	1	1	2	2	6,1	39520	58800	0,220	267299,2142	100
54	2	1	2	2	12,4	3100	5251	0,035	149701,367	100
55	2	1	2	2	451,6	33220	18400	13,689	1344,099404	100
15	2	1	2	2	232,5	2780	44170	0,590	74890,50739	90
7	1	1	2	2	11	23900	13100	0,249	52690,90649	80
10	1	1	2	2	172	7470	25131	1,172	21435,21522	80
22	2	1	2	2	24,2	6830	14900	0,151	98790,98728	80
47	1	1	2	2	15,5	59640	18400	0,844	21813,01093	80
47	2	1	2	2	15,5	56900	9810	0,805	12189,67621	80
48	1	1	2	2	18,2	51420	16800	0,854	19673,10674	80
49	1	4	2	2	252,2	51420	162610	11,833	13741,59745	80
49	2	1	2	2	252,8	50910	25200	11,744	2145,791403	80
50	1	1	2	2	5,6	16980	33600	0,087	387240,4279	80
17	1	1	2	2	25,9	5420	9890	0,128	77208,36715	70
43	2	1	2	2	92	22950	5602	1,927	2907,633836	70
66	1	1	2	2	54,4	12000	26996	0,596	45319,6347	70
46	2	1	2	2	54,1	52080	36800	2,571	14313,52843	60
33	2	1	2	2	55,8	51010	39664	2,597	15271,23337	50
Medelvärde Reparationskostnadskvot		Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar W-profil	Andel W-profil	Totalt Antal W-profil	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räckeslagingskostnad Per År		
78761,56717		5145	86	59	0,686046512	3529,709302	0,006686103	526,6079516		

Reparationskostnadskvot för hastigheten 120 km/h för W-profil

Hastighetsgräns E6 & E4: 120 km/h												
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ÅDT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnadskvot	HG			
	11	1	2	2	88	14150	108732	1,136	95694,15047	120		
	12	2	1	2	66	14590	3200	0,880	3636,305424	120		
	68	2	1	2	5,5	9020	20677	0,045	456757,2269	120		
Medelvärde Reparationskostnadskvot		Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar W-profil	Andel W-profil	Totalt Antal W-profil	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Reparationskostnadskvot Per År				
185362,5609		5145	86	4	0,046511628	239,3023256	0,006686103	1239,353177				

Reparationskostnadskvot för hastigheterna 120km/h för W-profil

Hastighetsgräns E4: 120, 110, 90, 80, 70 km/h												
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Reparationskostn	Trafikarbete	Reparationskostnad [kr/Mapkm]	HG	
27	1	1	4	71	6700		820	7460	10620	0,48331475	120	21973,25863
67	1	1	4	385,3	6440		1940	9170	23448	3,224045913	120	7272,849282
67	2	1	4	385,3	6660		1890	9240	15749	3,24865695	120	4847,849509
2	1	1	4	477	9530		1690	11510	47216	5,010	110	9424,593261
22	1	1	4	98	2700		450	3000	9369	0,269	110	34887,52042
24	2	1	4	107	2200		1810	2400	11550	0,235	110	49151,6552
24	2	1	4	153,5	16660		1610	18230	23190	2,553453313	90	9081,818683
9	1	1	4	512,5	6820		650	7470	21612	3,493392188	80	6186,536993
34	2	1	4	124,8	48080			51930	32400	5,9137884	70	5478,721559
35	1	1	4	455,4	45730			49390	30000	20,52413798	70	1461,693545
36	1	2	4	85,6	60320			65140	72720	5,0880854	70	14292,21294
37	2	2	4	13,9	48740			52640	31200	0,6676726	70	46729,48987
38	1	1	4	258,7	62120			6709	45000	1,583751699	70	28413,5449
38	2	1	4	262,5	68390			73860	16200	17,69177813	70	915,6795821
39	1	1	4	449,5	4000		400	4400	60000	1,8047425	70	33245,74004
40	2	2	4	313,8	65960			71240	49440	20,3990397	70	2423,643501
41	1	1	4	326,8	61040			65920	7159	19,6576736	70	364,183481
42	1	5	4	638,9	32660			35270	107400	20,56227774	70	5223,156762
43	1	2	4	92	19000			20520	120000	1,722654	70	69659,95493
44	2	1	4	82,3	21250			22950	4045	1,723516313	70	2346,946165
Medelkostna Totalt Antal Broar		Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar Rörräcke	Andel Rörräcke	Totalt Antal Rörräcke	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räckeslagingskostnad Per År					
17669,05246		5145	86	28	0,325581395	1675,116279	0,006686103	118,1371049				

8.6. Bilaga 6 – Statiska analyser från räckesreparationsanalysen i form av T-test

Statiska analyser i form av T-test för W-profil

Sammanslagning av grupper via t-test	
Generella hypoteser	H0: Det finns ingen skillnad mellan de två populationerna H1: Det finns skillnad mellan de två populationerna
Jämförelse	
HG: 120 km/h - 110 km/h	
HG-grupp 1:	120 km/h
Antal Lagningar	4
Medel:	185362,5609
STDAV.P:	195550,4372
HG-grupp 2	110 km/h
Antal Lagningar	28
Medel:	75439,57311
STDAV.P:	82383,77227
Delta Medel	109922,9878
Sp²	9932374690
frihetsgrader	30
t-fördelning	2,042272456
Övre.konf	218717,3036
Undre.konf	1128,672032
Slutsats:	Nollhypotesen förkastas ty noll inte kommer med i intervallet. Grupperna separeras.

Hastighetsgräns E4: 100, 90 km/h												
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnad [kr/Mapkm]	HG	
30	1	6	2	235	43920	4840	46140	1016554	9,894	102742,9729	100	
30	2	1	2	235	44360	4620	46500	60288	9,971	6046,12593	100	
31	1	1	2	4,9	46060	5140	48330	39664	0,216	183548,4668	100	
32	2	1	2	5,4	45820	4940	48070	60288	0,237	254524,8099	100	
51	1	1	2	6,1	36590		39520	16800	0,220	76371,20406	100	
52	1	1	2	6,1	36590		39520	58800	0,220	267299,2142	100	
54	2	1	2	12,4	3050	170	3100	5251	0,035	149701,367	100	
55	2	1	2	451,6	30110	3770	33220	18400	13,689	1344,099404	100	
15	2	1	2	232,5	1990	510	2780	44170	0,590	74890,50739	90	
Medelkostnad	Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar W-profil	Andel W-profil	Totalt Antal W-profil	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räckeslagingskostnad Per Ar					
124052,0853	5145	86	14	0,162790698	837,5581395	0,006686103	829,4250211					

HG: 110 km/h - (100, 90) km/h					
HG-grupp 1:	110 km/h				
Antal Lagninga	28				
Medel:	75439,57311				
STDAV.P:	82383,77227				
HG-grupp 2	100, 90 km/h				
Antal Lagninga	14				
Medel:	124052,0853				
STDAV.P:	91813,60257				
Delta Medel	-48612,51217				
Sp^2	7320947731				
frihetsgrader	40				
t-fördelning	2,02107539				
Övre.konf	7991,573375				
Undre.konf	-105216,5977				
Slutsats:	Inget kan förkastas ty nollan kommer med i konfidensintervallet. Grupperna slås samman.				

Hastighetsgräns E6 & E4: 110, 100, 90 km/h													
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnad (kr/Mapkm)	HG		
4	1	1	1	2	1713	8500	1320	10000	14436	15,627		923,8116188	110
5	1	1	1	2	90	9460	1630	11350	8921	0,927		9624,136398	110
6	1	1	1	2	12	16270	2150	18460	13721	0,194		70830,99689	110
10	2	1	1	2	119	12270	2000	14640	8280	1,583		5230,437736	110
13	1	1	1	2	17	10680	2080	13110	16716	0,202		82681,83242	110
14	1	1	1	2	9	10680	2080	13110	6145	0,106		57716,0121	110
16	2	1	1	2	5	10990	2130	13460	5376	0,058		93128,68467	110
17	2	1	1	2	25	19690	3300	23060	88109	0,522		168840,4167	110
18	2	1	1	2	35	21900	3420	25330	9976	0,802		12438,23915	110
20	1	1	1	2	16	19710	3470	23330	7715	0,338		22792,45963	110
21	1	1	1	2	58	22270	3370	25540	10320	1,356		7608,568354	110
3	2	1	1	2	610,5	4800	680	5580	7187	3,109		2312,037663	110
6	2	1	1	2	38	2760	510	3440	14183	0,119		118903,1036	110
20	1	1	1	2	9	6690	1050	8080	4300	0,066		64801,00065	110
21	2	1	1	2	34,3	6370	1040	7750	34400	0,243		141817,4744	110
23	2	1	1	2	35,9	10860	1400	12440	4300	0,408		10551,65914	110
25	1	1	1	2	304,1	6350	700	7030	27954	1,951		14329,77405	110
26	2	1	1	2	53,9	6440	780	7120	16640	0,350		47517,29284	110
58	2	1	1	2	37,1	13640	1850	15410	36186	0,522		69363,5253	110
59	2	1	1	2	9,2	12060	1670	13750	16948	0,115		146823,3256	110
60	1	1	1	2	5,9	11910	1880	13960	31045	0,075		413067,8186	110
61	2	1	1	2	104,5	9180	1540	11060	45260	1,055		42915,11287	110
62	2	1	1	2	52,4	9180	1540	11060	25547	0,529		48308,17389	110
63	1	1	1	2	6,2	11840	1890	14000	10629	0,079		134196,0735	110
64	1	2	2	2	161,5	10170	2250	13150	286282	1,938		121926,887	110
69	1	1	1	2	10,8	7080	1720	9330	4592	0,092		49941,73283	110
70	1	1	1	2	15,2	5100	170	5180	5624	0,072		78277,8865	110
30	1	6	2	2	235	43920	4840	46140	1016554	9,894		102742,9729	100
30	2	1	2	2	235	44360	4620	46500	60288	9,971		6046,12593	100
31	1	1	2	2	4,9	46060	5140	48330	39664	0,216		183548,4668	100
32	2	1	2	2	5,4	45820	4940	48070	60288	0,237		254524,8099	100
51	1	1	2	2	6,1	36590		39520	16800	0,220		76371,20406	100
52	1	1	2	2	6,1	36590		39520	58800	0,220		267299,2142	100
54	2	1	2	2	12,4	3050	170	3100	5251	0,035		149701,367	100
55	2	1	2	2	451,6	30110	3770	33220	18400	13,689		1344,099404	100
15	2	1	2	2	232,5	1990	510	2780	44170	0,590		74890,50739	90
Medelkostnad	Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar W-profil	Andel W-profil	Totalt Antal W-profil	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räkeslagningskostnad Per År						
87592,70115	5145	86	42	0,488372093	2512,674419	0,006686103	585,6538231						

HG: 110, 100, 90, 80 km/h - 70, 60, 50 km/h	
HG-grupp 1:	110, 100, 90, 80 km/h
Antal Lagninga	54
Medel:	84067,95469
STDAV.P:	93974,13963
HG-grupp 2	70, 60, 50 km/h
Antal Lagninga	5
Medel:	31004,0795
STDAV.P:	27038,04179
Delta Medel	53063,87519
Sp^2	8262712027
frihetsgrader	57
t-fördelning	2,002465459
Övre.konf	138152,2965
Undre.konf	-32024,54608
Slutsats:	Inget kan förkastas ty nollan kommer med i konfidensintervallet. Grupperna slås samman.

Följande grupper gäller:													
Hastighetsgräns E6 & E4: 120 km/h													
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ADT Fordon	ADT Lastbilar	ADT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnad (kr/Mapkm)	HG		
11	1	1	2	11410	88	11410	2230	14150	108732	1,136	95694,15047	120	
12	2	1	2	66	66	12260	2290	14590	3200	0,880	3636,305424	120	
68	2	1	2	5,5	5,5	6410	1900	9020	20677	0,045	456757,2269	120	
Medelkostnad	Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar W-profil	Andel W-profil	Totalt Antal W-profil	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räckeslagningskostnad Per År						
185362,5609	5145	86	4	0,046511628	239,3023256	0,006686103	1239,353177						

Hastighetsgräns E6 & E4: 110, 100, 90, 80, 70, 60, 50 km/h													
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ADT Fordon	ADT Lastbilar	ADT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnad (kr/Mapkm)	HG		
4	1	1	2	1713	8500	1320	10000	14436	15,527	923,8116188	110		
5	1	1	2	90	9460	1630	11350	8921	0,927	9624,136398	110		
6	1	1	2	12	16270	2150	18460	13721	0,194	70830,99689	110		
10	2	1	2	119	12270	2000	14640	8280	1,583	5230,437736	110		
13	1	1	2	17	10680	2080	13110	16716	0,202	82681,83242	110		
14	1	1	2	9	10680	2080	13110	6145	0,106	57716,0121	110		
16	2	1	2	5	10990	2130	13460	5376	0,058	93128,68467	110		
17	2	1	2	25	19690	3300	23060	88109	0,522	168840,4167	110		
18	2	1	2	35	21900	3420	25330	9976	0,802	12438,23915	110		
20	1	1	2	16	19710	3470	23330	7715	0,338	22792,45963	110		
21	1	1	2	58	22270	3370	25540	10320	1,356	7608,568354	110		
3	2	1	2	610,5	4800	680	5580	7187	3,109	2312,037663	110		
6	2	1	2	38	2760	510	3440	14183	0,119	118903,1036	110		
20	1	1	2	9	6690	1050	8080	4300	0,066	64801,00065	110		
21	2	1	2	34,3	6370	1040	7750	34400	0,243	141817,4744	110		
23	2	1	2	35,9	10860	1400	12440	4300	0,408	10551,65914	110		
25	1	1	2	304,1	6350	700	7030	27954	1,951	14329,77405	110		
26	2	1	2	53,9	6440	780	7120	16640	0,350	47517,29284	110		
58	2	1	2	37,1	13640	1850	15410	36186	0,522	69363,5253	110		
59	2	1	2	9,2	12060	1670	13750	16948	0,115	146823,3256	110		
60	1	1	2	5,9	11910	1880	13960	31045	0,075	413067,8186	110		
61	2	1	2	104,5	9180	1540	11060	45260	1,055	42915,11287	110		
62	2	1	2	52,4	9180	1540	11060	25547	0,529	48308,17389	110		
63	1	1	2	6,2	11840	1890	14000	10629	0,079	134196,0735	110		
64	1	2	2	161,5	10170	2250	13150	236282	1,938	121926,887	110		
69	1	1	2	10,8	7080	1720	9330	4592	0,092	49941,73283	110		
70	1	1	2	15,2	5100	170	5180	5624	0,072	78277,8865	110		
30	1	6	2	235	43920	4840	46140	1016554	9,894	102742,9729	100		

30	2	1	2	235	44360	4620	46500	60288	9,971	6046,12393	100		
31	1	1	2	4,9	46060	5140	48330	39664	0,216	183548,4668	100		
32	2	1	2	5,4	45820	4940	48070	60288	0,237	254524,8099	100		
51	1	1	2	6,1	36590	39520	16800	0,220	76371,20406	100			
52	1	1	2	6,1	36590	39520	58800	0,220	267299,2142	100			
54	2	1	2	12,4	3050	170	3100	5251	0,035	149701,367	100		
55	2	1	2	451,6	30110	3770	33220	18400	13,689	1344,099404	100		
15	2	1	2	232,5	1990	510	2780	44170	0,590	74890,50739	90		
7	1	1	2	11	21630	2520	23900	13100	0,249	52690,90649	80		
10	1	1	2	172	6820	650	7470	25131	1,172	21435,21522	80		
22	2	1	2	24,2	5500	950	6890	14900	0,151	98790,98728	80		
47	1	1	2	15,5	56020	5900	59640	18400	0,844	21813,01093	80		
47	2	1	2	15,5	53880	5860	56900	9810	0,805	12189,67621	80		
48	1	1	2	18,2	47610		51420	16800	0,854	19673,10674	80		
49	1	4	2	252,2	47610		51420	162610	11,833	13741,59745	80		
49	2	1	2	252,8	47140		50910	25200	11,744	2145,791403	80		
50	1	1	2	5,6	16510	1620	16980	33600	0,087	387240,4279	80		
17	1	1	2	25,9	4420	770	5420	9890	0,128	77208,36715	70		
43	2	1	2	92	21250		22950	5602	1,927	2907,633836	70		
66	1	1	2	54,4	10000	1200	12000	26996	0,596	45319,6347	70		
46	2	1	2	54,1	49130	5690	52080	36800	2,571	14313,52843	60		
33	2	1	2	55,8	47230		51010	39664	2,597	15271,23337	50		
Medelkostnad	Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar W-profil	Andel W-profil	Totalt Antal W-profil	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räckeslagningskostnad Per År						
78761,56717	5145	86	59	0,686046512	3529,709302	0,006686103	526,6079516						

Statiska analyser i form av T-test för rörräcke

Sammanslagning av grupper via t-test												
Generella hypc H0: Det finns ingen skillnad mellan de två populationerna H1: Det finns skillnad mellan de två populationerna												
Hastighetsgräns E6: 110, 90, 80 km/h												
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnad (kr/Mapkm)	HG	
2	1	1	1	4	477	9530	1690	11510	47216	5,010	9424,593261	110
22	1	1	1	4	98	2700	450	3000	9369	0,269	34887,52042	110
24	2	1	1	4	107	2200	1810	2400	11550	0,235	49151,6552	110
24	2	1	1	4	153,5	16660	1610	18230	23190	2,553453313	9081,818683	90
9	1	1	1	4	512,5	6820	650	7470	21612	3,493392188	6186,536993	80
Medelkostnad	Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar Rörräcke	Andel Rörräcke	Totalt Antal Rörräcke	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räckeslagningskostnad Per År					
21746,42491	5145	86	5	0,058139535	299,127907	0,006686103	145,3988371					

Jämförelse	
HG: 120 km/h - (110, 90, 80) km/h	
HG-grupp 1:	120 km/h
Antal Lagninga	3
Medel:	11364,65247
STDAV.P:	7566,463259
HG-grupp 2	(110, 90, 80) km/h
Antal Lagninga	5
Medel:	21746,42491
STDAV.P:	17193,39953
Delta Medel	-10381,77244
Sp²	216159113,6
frihetsgrader	6
t-fördelning	2,446911851
Övre.konf	15890,91286
Undre.konf	-36654,45774
Slutsats:	Inget kan förkastas ty nollan kommer med i konfidensintervallet. Grupperna slås samman.

Hastighetsgräns E4: 120, 110, 90, 80 km/h												
BroID	Riktning	Antal Lagningar	Räckestyp	Längd	ÅDT Fordon	ÅDT Lastbilar	ÅDT Axelpar	Reparationskostnad	Trafikarbete	Reparationskostnad (kr/Mapkm)	HG	
27	1	1	1	4	71	6700	820	7460	10620	0,48331475	21973,25863	120
67	1	1	1	4	385,3	6440	1940	9170	23448	3,224045913	7272,849282	120
67	2	1	1	4	385,3	6660	1890	9240	15749	3,24855695	4847,849509	120
2	1	1	1	4	477	9530	1690	11510	47216	5,010	9424,593261	110
22	1	1	1	4	98	2700	450	3000	9369	0,269	34887,52042	110
24	2	1	1	4	107	2200	1810	2400	11550	0,235	49151,6552	110
24	2	1	1	4	153,5	16660	1610	18230	23190	2,553453313	9081,818683	90
9	1	1	1	4	512,5	6820	650	7470	21612	3,493392188	6186,536993	80
Medelkostnad	Totalt Antal Broar	Totalt Antal Lagningar	Antal Lagningar Rörräcke	Andel Rörräcke	Totalt Antal Rörräcke	Påkörningsfrekvens (2,5 år)	Räckeslagningskostnad Per År					
17853,26025	5145	86	8	0,093023256	478,6046512	0,006686103	119,3687371					

8.7. Bilaga 7 – Framtagen LCC-model

Indata					W-profil				Rörräcke				
Typ av räcke	W-balk	(Ni kan ändra räcestyp här!)			HG	Investeringskostnad (Ik)	Olyckskostnad (Okk)	Reparationskostnad (Rkk)	Driftkostnad (Dk)	Investeringskostnad (Ik)	Olyckskostnad (Okk)	Reparationskostnad (Rkk)	Driftkostnad (Dk)
Längd L (m)	100				120	350	270915	185363	10	450	170142	10	450
ÅDT (axp)	18000				110	350	270915	78762	10	450	170142	10	450
TA (Mapkm)	0,657				100	350	270915	78762	10	450	170142	10	450
Kalkylränta	3,5%				90	350	270915	78762	10	450	170142	10	450
Prisvärde-uppräknning per år	1,5%				80	350	270915	78762	10	450	170142	10	450
Trafikuppräknning per år (2014-20)	1,42%				70	350	270915	78762	10	450	34592	10	450
Trafikuppräknning per år (2040-20)	1,04%				60	350	270915	78762	10			10	
50					50	350	270915	78762	10			10	

Resultat: LCC för 40 år					Resultat: LCC för 40 år inkl. reinvestering efter 20 år						
Kalkylperiod	40 år TRAF	2020-2060 t	40 år DRIF	2020-2060 c	Reinvestering	HG	W-profil	Rörräcke	HG	W-profil	Rörräcke
Nusummeffaktor, 40 år		34,23		26,34	20 år	120	10322350	11129379	120	10357350	11174379
År 1	1,0	0,99	1	0,97		110	7925049	11129379	110	7960049	11174379
År 2	1,03	0,96	1,01	0,95		100	7925049	11129379	100	7960049	11174379
År 3	1,06	0,96	1,03	0,93		90	7925049	11129379	90	7960049	11174379
År 4	1,09	0,95	1,04	0,91		80	7925049	11129379	80	7960049	11174379
År 5	1,12	0,95	1,06	0,89		70	7925049	8081047	70	7960049	8126047
År 6	1,16	0,94	1,07	0,87		60	7925049		60	7960049	
År 7	1,19	0,94	1,09	0,86		50	7925049		50	7960049	
År 8	1,22	0,93	1,10	0,84							
År 9	1,26	0,92	1,12	0,82							
År 10	1,30	0,92	1,13	0,80							
År 11	1,34	0,91	1,15	0,79							
År 12	1,37	0,91	1,17	0,77							
År 13	1,42	0,90	1,18	0,76							
År 14	1,46	0,90	1,20	0,74							
År 15	1,50	0,90	1,22	0,73							
År 16	1,54	0,89	1,23	0,71							
År 17	1,59	0,89	1,25	0,70							
År 18	1,64	0,88	1,27	0,68							
År 19	1,68	0,88	1,29	0,67							
År 20	1,73	0,87	1,31	0,66							
År 21	1,78	0,86	1,32	0,64							
År 22	1,82	0,86	1,33	0,63							
År 23	1,87	0,85	1,35	0,61							
År 24	1,92	0,84	1,36	0,60							
År 25	1,97	0,83	1,38	0,58							
År 26	2,02	0,82	1,39	0,57							
År 27	2,07	0,82	1,40	0,55							
År 28	2,12	0,81	1,42	0,54							
År 29	2,18	0,80	1,43	0,53							
År 30	2,23	0,79	1,45	0,52							
År 31	2,29	0,79	1,46	0,50							
År 32	2,35	0,78	1,48	0,49							
År 33	2,41	0,77	1,49	0,48							
År 34	2,47	0,77	1,51	0,47							
År 35	2,53	0,76	1,53	0,46							
År 36	2,60	0,75	1,54	0,45							
År 37	2,66	0,75	1,56	0,44							
År 38	2,73	0,74	1,57	0,43							
År 39	2,80	0,73	1,59	0,42							
År 40	2,87	0,73	1,61	0,41							

1,0 Reinvesteringskostnad (Rik)

LCC 40 år

Hastighetsgräns [km/h]	W-profil [kr]	Rörräcke [kr]
120	~10,300,000	~11,100,000
110	~7,900,000	~11,100,000
100	~7,900,000	~11,100,000
90	~7,900,000	~11,100,000
80	~7,900,000	~11,100,000
70	~7,900,000	~8,100,000
60	~7,900,000	-
50	~7,900,000	-

