

Trafikverket

Åtgärdskostnader vägunderhåll

Malmö

Åtgärdskostnader vägunderhåll

Datum	2019-01-25
Uppdragsnummer	1320033766
Utgåva/Status	1.1

Johnny Alf	Anna-Karin Ekman	
	Lars Drageryd	
Uppdragsledare	Handläggare	Granskare

Sammanfattning

En av de kostnader som beaktas i samband med samhällsekonomiska analyser över vägprojekt (i t.ex. EVA och Samkalk) rör framtida kostnader för drift och underhåll. Dessa kostnader schabloniseras i dessa typer av analyser utifrån information om vägens olika egenskaper och förutsättningar.

Kostnaderna för drift och underhåll delas i dessa schabloner upp i kostnader för beläggning, för vinterdrift samt för övriga underhållskostnader. Schablonerna består av matematiska funktioner som via olika koefficienter ämnar återspegla den verkliga kostnaden. Följande PM utgörs inledningsvis av en utredning över den nuvarande metod som applicerats för att bestämma värdet på de koefficienter som beskriver kostnaderna inom kategorin beläggning.

Inom utredningen framhävs förbättringsmöjligheter med den nuvarande metoden, vilket leder fram till att en alternativ metod presenteras. Skillnaden mellan de två metoderna utgörs främst i hur kostnaden för en normerande väg estimerats. I den nya metoden appliceras information ifrån verktyget LCC-Vägöverbyggnad för att estimera denna kostnad. Den alternativa metoden konstateras orsaka ett mer linjärt samband mellan ÅDT och årlig beläggningskostnad per meter än med den föregående metoden.

Då en stor orsak till osäkerheten i uppskattningen av dessa kostnader härrör ur fluktuerade kostnader för bindemedlet bitumen presenteras avslutningsvis en känslighetsanalys ur perspektivet; bitumenkostnadens inverkan på totala beläggningskostnaden. Information i denna känslighetsanalys kunde sedan appliceras in i en föreslagen modifikation av den matematiska modell som beskriver beläggningskostnaden. Modifikationen bidrar till att göra modellen mer flexibel mot de variationer i bitumenpris som i nuläget orsakar viss osäkerhet i kostnadsestimeringen.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och avgränsning	3
1.3	Rapportstruktur	3
2.	Analys av kostnader för beläggingsmaterial	4
3.	Nuvarande metod	7
3.1	Steg 1 - LCC Överbyggnad & kostnadsförhållandet	8
3.2	Steg 2 - Åtgärds kostnader för en normalbred tvåfältsväg	10
3.3	Steg 3 - Estimering av koefficienter	10
3.4	Steg 4 - Verifiering	11
3.5	Förklarande figur till nuvarande metod	12
4.	Alternativ metod	14
4.1	Steg 1 - LCC-verktyget och kostnadsförhållandet	14
4.2	Steg 2 - Åtgärds kostnader för en normalbred tvåfältsväg	15
4.3	Steg 3 - Estimering av koefficienter	18
4.4	Steg 4 - Verifiering	20
4.5	Förklarande figur till alternativ metod	21
5.	Resultat	22
5.1	Uppdaterade koefficienter	22
5.2	Verifiering	24
5.3	Två kurvor per vägtyp	24
5.4	Bitumenkostnadens inverkan på totala beläggingskostnaden	26
6.	Slutsats	28
6.1	Metod	28
6.2	Resultat	28
6.3	Förslag till framtida utvecklingsmöjligheter	29

1. Inledning

På uppdrag av Trafikverket har Ramboll utredd metodiken för, samt uppdaterat, schablonkostnaderna för beläggning av vägar. Föreliggande PM presenterar resultatet av detta uppdrag. Den tidigare metod som använts för ansättning av schablonkoefficienterna har under detta uppdrag utretts och via en delvis alternativ metod har nya koefficienter ansatts.

1.1 Bakgrund

Följande underkapitel bygger på material ur (1) och (2). Schablonkostnader utnyttjas i olika samhällsekonomiska beräkningar, bland annat som en grov skattning av kostnaderna för drift och underhåll av vägar. Dessa återfinns sen tidigare i Effektsamband för vägtransportsystemet och har implementerats i såväl EVA som Samkalk. Syftet med schablonerna är att spegla kostnaden för att upprätthålla Trafikverkets underhållsstandard.

Kortfattat utgörs schablonkostnaderna av en matematisk modell som beräknar en estimerad årskostnad för driften och underhållet (K) av en väg. Modellen beräknar denna kostnad som ett samband mellan vägens ÅDT, vägtyp och konstruktionstyp. Totalkostnaden för drift och underhåll består i den befintliga modellen av summan av kostnaderna för vinterdrift, beläggningsunderhåll och övriga kostnader. Dessa multipliceras sedan med en skattefaktor (SF), en faktor för produktionsstöd (PS) samt en koefficient som korrigerar vägen efter konstruktionstyp ($k_{väg}$). Det ger nedanstående formel för kostnaden i kronor per meter och år.

$$K = (K_{vinter} + K_{beläggning} + K_{övrigt}) * SF * PS * k_{väg}$$

Enligt den senaste uppdateringen av ASEK använts skattefaktorn 1,3 (3), produktionsstödet antar i modellen värdet 1,06. Koefficienten för konstruktionstyp ($k_{väg}$) beror på vägstandard och antar värden efter byggnadsår enligt tabellen nedan:

Tabell 1 - Koefficienter per konstruktionstyp

Byggnadsår	Koefficient
före 1950	1,30
1950 - 1984	1,20
1984 - 1994	1,15
Efter 1994	1

Kostnaderna för vinterdrift, beläggningsunderhåll och övrigt underhåll beräknas enligt följande formler:

$$K_{vinter} = k_0^v * k_1^v$$

$$K_{beläggning} = k_0^{bel} + k_1^{bel} * \text{ÅDT}^{k_2^{be\ddot{o}}}$$

$$K_{\ddot{o}vrigt} = k_0^{\ddot{o}} + k_1^{\ddot{o}} * \text{ÅDT}^{k_2^{\ddot{o}}}$$

Sammantaget påverka tre sorters indata den beräknade kostnaden; ÅDT, konstruktionstyp och vägtyp. ÅDT påverkar direkt kostnaden i kategorierna beläggning och övrigt. Konstruktionstypen påverkar enligt tabell 1 ovan. Vägtyperna påverkar värdet för de åtta koefficienterna i de tre formlerna ovan.

Detta uppdrag  r avgränsat till att beröra schablonen för beläggning. En orsak till detta är att det bedöms finnas en stor osäkerhet kring just dessa schabloner medan övriga modeller bedöms mer tillförlitliga. De  vriga schablonerna; vinterdrift och övrigt underhåll sammanfattas nedan.

Vinter – Kostnaden för vinterdrift handlar i korta drag om kostnaden för saltning och övriga vinterv agh allningskostnader. I beräkningen ingår följande koefficienter.

$$k_0^v - \text{antal körfält som påverkar antalet överfarter och saltmängd}$$

$$k_1^v - \text{pris kr/m vinterväghållning}$$

Meterkostnaden beräknas enligt en tabell där ett högre ÅDT ger en högre kostnad per meter. Antalet körfält på v agnittet korrelerar med en faktor där en vanlig v g med två körfält har faktorn 1 och fler körfält ger en högre kostnad. I modellen beaktas rikets olika klimatzoner genom ansatta faktorer baserat på en regional indelning.

Övrigt – De kostnader som inte ryms inom vinterdrift, bel agningsunderh all eller som produktionsstöd klassas som övriga kostnader. Dessa har i sin tur delats upp de tre underkategorierna; A (bro & tunnel), B (räcke, vägmarkering, sidoområde och belysning samt C (sidoanl ggningar och ITS). I beräkningen ingår följande koefficienter:

$$k_0^{\ddot{o}} - \text{fast kostnad för övriga åtgärder}$$

$$k_1^{\ddot{o}} - \text{rörlig kostnad för övriga åtgärder}$$

$$k_2^{\ddot{o}} - \text{kostnadens beroende av ÅDT, värde mellan 0 och 1.}$$

Enligt formeln $k_0^{\ddot{o}} + k_1^{\ddot{o}} * \text{ÅDT}^{k_2^{\ddot{o}}}$ har schablonkurvor anpassats efter kostnader för de tre underkategorierna. I underkategori A utnyttjas konkreta kostnadsuppgifter, för B har underlag från verktyget LCC V ganl ggning utnyttjats och i C där underlaget är osäkrare har ett antagande skett att kostnaden  r linjär mot flödet oberoende av vägtyp. Samtliga tre schabloner för varje underkategori har kalibrerats och sedan har en gemensam schablon för alla dessa applicerats. Denna förefaller vara en god uppskattning av den verkliga kostnaden då schablonens skillnad mot sitt m lvr de beräknats till mindre än en procent.

1.2 Syfte och avgränsning

Som nämnts är detta uppdrag avgränsat till att enbart beröra kostnaden för beläggning. En orsak till detta är att det bedöms finnas en stor osäkerhet kring just dessa schabloner. Kostnaden för beläggning räknas idag ut enligt formeln:

$$K_{beläggning} = k_0^{bel} + k_1^{bel} * \text{ÅDT}^{k_2^{beö}}$$

Likt kostnaden i kategorin "övrigt" representerar de tre koefficienterna fasta kostnader (k_0), rörliga kostnader (k_1) och ÅDT-beroende kostnader (k_2).

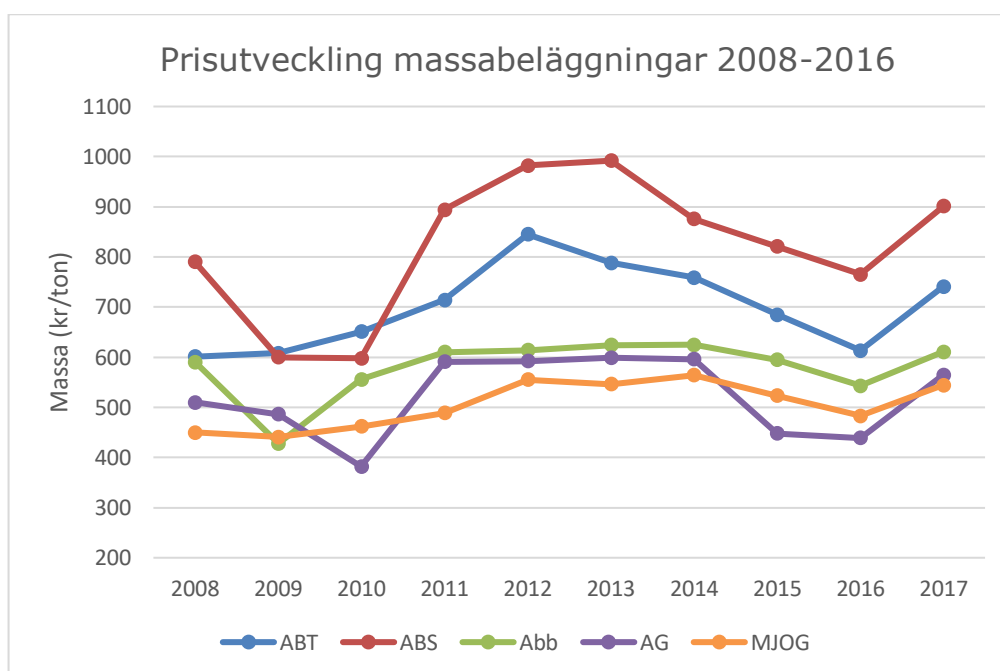
Syftet med uppdraget är att dels undersöka och utvärdera den nuvarande metod som använts för att ansätta koefficienterna för beläggningsschablonerna. Dessutom är målet att presentera en alternativ metod med uppdaterade koefficienterna.

1.3 Rapportstruktur

En upprinnelse till uppdraget härrör ur en osäkerhet kring kostnaden för beläggningsschabloner. Efter rapportens inledande kapitel följer ett kapitel som analyserar detta problem. Därefter presenteras den metod som använts för att estimerar nuvarande koefficienter. I fjärde kapitlet belyses eventuella problem med denna metod med ett förslag på en alternativ metod. Femte kapitlet presenterar bland annat de uppdaterade koefficienterna i ett resultatkapitel. Avslutningsvis dras slutsatser kring applicerad metodik och uppnådda resultat.

2. Analys av kostnader för beläggingsmaterial

En central del i att schablonisera kostnaderna för beläggning utgörs av att uppskatta kostnaderna för själva beläggingsmaterialet. Beläggingsmaterial finns i olika former, den typ som är mest relevant i denna studie utgörs av massabeläggningar som i förenklade termer består av en blandning av stenkross (ca 95%) och det oljebaserade bindemedlet bitumen (ca 5%). Kostnadsutvecklingen för några olika beläggningstyper under de senaste 10 åren har hämtats in från Underhåll hos Trafikverket och illustreras i figur 1. Kostnaden motsvarar totalkostnaden, alltså såväl tillverkning, läggning som materialkostnad.



Figur 1 - Aktuell pris januari månad respektive år för respektive beläggningstyp. (Trafikverket Underhåll, 2018-11-16, Prissatta MF upphandling uh-beläggning, viktade medelpriser, poster > 500 ton)

Störst variation finns hos ABS (stenrik asfaltbetong) som varierar mellan 600 SEK/ton och upp till 1000 SEK/ton. Priserna för MJOG (Mjukgjort oljegrus) och Abb (bindlager av asfaltbetong) har haft mindre variationer och legat relativt stabilt runt 500–600 kr/ton. Samtliga beläggningstyper hade en prisuppgång mellan 2016 och 2017, något som korrelerar med att priset på olja även stigit under denna period.

Prisutvecklingen för dessa beläggingsmaterial följer även kostnadskurvan för bitumen. Den uppskattade kostnaden för detta oljebaserade bindemedel beror delvis på en prisvariabel helt beroende av oljepris och dollarkurs. Då medlet kommer i olika utföranden läggs sedan en standardkostnad på utöver detta. Detta tillägg varierar från 800 kr/ton för standardbindemedel som utnyttjas för

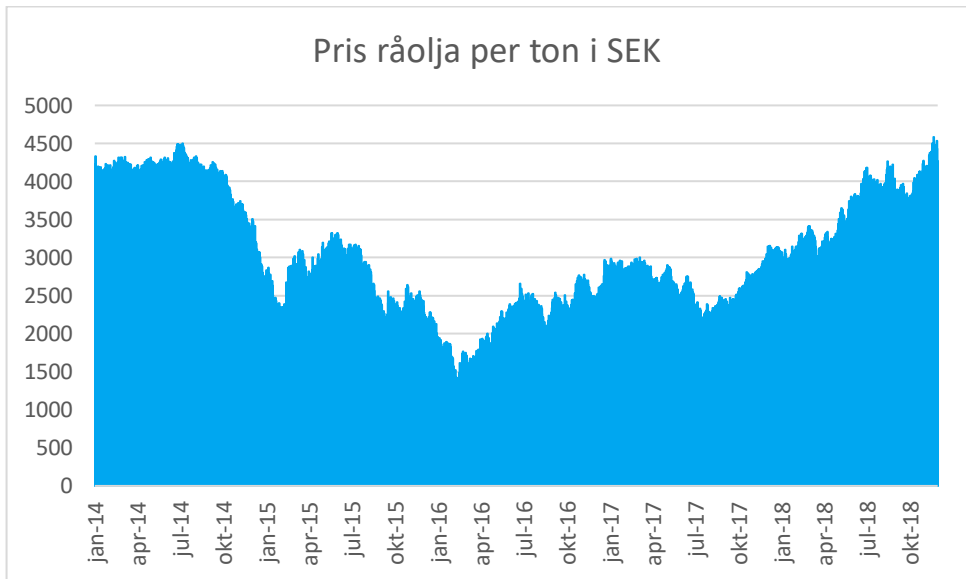
beläggningstyperna ABS, ABT, AG, ABb och TSK. För de halvvarma beläggningstyperna MJOG och MJAG beräknas en högre tilläggskostnad om 1500 kr/ton. Variationerna i den del av bitumenkostnaden som beror på oljepris och dollarkurs illustreras nedan. Här kan sambandet mellan priset på massabeläggningar och bitumenpriset ses då kurvorna i figur 1 i följer trenden i figur 2 mellan år 2014 och 2018.



Figur 2 – Prisvariabel (SEK/ton) på bitumen mellan 2014 och 2018 (Trafikverket, underhåll 2018-11-16).

Att kostnaden för bitumen korrelerar starkt med priset på råolja bekräftas vid en analys av råoljepriset i världen de senaste fem åren. I samband med finanskrisen 2008 minskade efterfrågan på olja och en prisnedgång kunde observeras, dock med en relativt snabb återhämtning. En stark uppgång skedde under 2011 med en ny nedgång 2015, delvis som ett resultat av pressade priser orsakade av en rekordstark amerikansk dollar. Det finns en negativ korrelation mellan den amerikanska dollarkursen och priset på råvaror, som olja. Detta beror på att dollarn är den valuta som används i handel av råvaror. När denna är svag drivs efterfrågan på själva råvaran upp, vilket leder till ett ökat pris (4). I förlängningen innebär detta alltså att priset på beläggningsmaterial generellt ökar om dollarn är svag.

Figur 3 illustrerar hur priset per ton råolja varierat under denna period. Ett fat bitumenolja väger omkring 180 kg (5) vilket innebär att det krävs drygt 5,5 fat för att motsvara kostnaden för ett ton. Trenden från figur 3 återspeglar tydligt bitumenkostnaden i figur 2.



Figur 3 - Oljeprisets utveckling uttryckt i USD (6) per ton från 2014 (7).

På grund av oljeprisets stora variation är kostnaden för bindemedel svår att uppskatta. I januari 2016 låg prisvariabelstyrda kostnaden på ungefär 1000 SEK/ton, i oktober 2018 på 4 300 SEK/ ton för att en månad senare ha sjunkit till 3 300 SEK/ton. I Energimyndighetens rapport om långsiktiga scenarier från 2016 antas oljepriset stiga 140 % till 2050.

3. Nuvarande metod

I följande kapitel presenteras den nuvarande metod som utnyttjats för att få fram nuvarande schablonkoefficienter. En majoritet av kapitlet härrör ur (2) och Excel-verktyget LCC Vägöverbyggnad.

Som nämnts består beläggningskostnaderna av koefficienterna k_0 , k_1 och k_2 . Dessa representerar följande faktorer:

k_0 = Fast kostnad för underhåll. Åtgärder t.ex. orsakade av klimat och ålder.

k_1 = Rörlig kostnad multiplicerat med ÅDT. Åtgärder t.ex. orsakade av dubbslitage och tung trafik.

k_2 = Kostnadens samband med ÅDT-nivå,

I modellen beaktas 14 vägtyper, vilket innebär totalt 42 koefficienter. De nuvarande värdena på dessa, så som de är implementerade i EVA (8) och Samkalk (9) sammanfattas nedan.

Tabell 2 - Nuvarande schablonkoefficienter för beläggningskostnader

Vägtyp	K_0	K_1	K_2
Motorväg 6 kf	34	0,124	0,8
Motorväg 4 kf	26	0,093	0,8
Flerfältsväg 6 kf	34	0,124	0,8
Flerfältsväg 4 kf	26	0,093	0,8
MML 2+1	23	0,086	0,8
MLV 2+1 (40 % omkörning) räcke	23	0,086	0,8
RSEP (30 % omkörning) räcke	23	0,093	0,8
RSEP (20 % omkörning) räcke	23	0,099	0,8
RSEP (30 % omkörning) målning	23	0,065	0,8
RSEP (20 % omkörning) målning	23	0,062	0,8
Räfflad mittremsa 2+1	20	0,070	0,8
2 kf bred (>11,5 meter)	24	0,063	0,8
2 kf normal	18	0,062	0,8
2 kf smal (<6,7 meter)	7	0,162	0,7

Koefficienter har i den nuvarande metoden tagits fram via följande fyra steg:

- Steg 1 – LCC-verktyget och ett kostnadsförhållande mellan normalbred tvåfältsväg och övriga vägtyper
- Steg 2 – Estimerad åtgärds kostnad för en normalbred tvåfältsväg
- Steg 3 – Estimering av koefficienter
- Steg 4 – Verifiering av koefficienterna mot hela vägnätet och Trafikverkets årsredovisning.

Dessa fyra steg förklaras vidare nedan.

3.1

Steg 1 - LCC Överbyggnad & kostnadsförhållandet

LCC Överbyggnad är ett flexibelt verktyg framtaget av VTI för Trafikverkets räkning. Verktöget, implementerat i Excel, kan utnyttjas för att på mikronivå beräkna väghållarkostnader (anläggningskostnader och underhållskostnader) samt trafikant-och samhällskostnader (störningskostnader, trafikantkostnader och samhällskostnader) för en väg baserat på vägens attribut.

Livslängden och därmed driftkostnaden för en väg beror på en mängd komplicerande faktorer; klimat, trafiksammansättning, väguppbyggnad och undergrund är några exempel på dessa. Med målet att ta fram en schablonkostnad enbart beroende av ÅDT och vägtyp har verktöget ställts in med attribut som representerar en genomsnittsväg i landet i form av en tvåfältsväg med för riket genomsnittliga attribut. Egenskaperna för denna normerande vägtyp är delvis sammanfattade i tabellen nedan.

Tabell 3 - Inställning hos genomsnittsväg i LCC-verktöget

Inställningar hos genomsnittsväg	
Vägtyp	Vanlig 2-fältsväg
Körfält/Vägren	3,25 + 0,75 (yttre väggen) + 0,4 (inre väggen)
Materialtyp terrass	4A (lerig morän)
Klimatzon	D (Södermanlands län)
Andel tung trafik %	8
Skyltad hastighet	90
Sidolägesfördelning personbil	170
Sidolägesfördelning lastbil	150
Bitumenkostnad	4000 kr/ton
Vägbredd	Smal (6 meter), normal (7,5 meter) och bred (10 meter).

Nyttan av metodiken med en genomsnittsväg har varit möjligheten att undersöka hur den isolerade faktorn ÅDT påverkar nedbrytningsprocessen och därmed livslängden för vägen. Med denna genomsnittsväg i beaktning har sedan verktöget estimerat livslängden för tre vägbredder av denna typ av tvåfältsväg med avseende på 9 olika nivåer av ÅDT. ÅDT-nivåerna som utnyttjades var följande: 125, 375, 750, 1 500, 3 000, 6 000, 10 000, 14 000 och 25 000 f/d.

Med stöd från expertis och statistik har livslängderna sedan justerats något (2). Detta för att få ett mer kontinuerligt samband mellan ÅDT och livslängd. Baserat på ÅDT-nivå antar nämligen verktöget olika beläggningsmaterial med olika hållbarhet, vilket kan få den missvisande effekten att en högre ÅDT-nivå leder till en längre livslängd.

När livslängderna för de nio olika ÅDT-nivåer och de tre olika vägbredderna av en normal tvåfältsväg beräknats och justerats är nästa steg i metoden att omräkna

denna livslängd till relativa skillnader i kostnader för alla vägtyper. En bredare väg är mer hållbar men kostar också mer att belägga då ytan är större. Med det rimliga antagandet att underhållskostnaden korrelerar med livslängden och vägbredden estimerades kostnadsförhållandet mellan den normalbreda tvåfältsvägen och övriga vägtyper. Detta gjordes genom att beakta denna normerande väg och övriga vägars olika bredd samt eventuella egenskaper som räckan, mittremsa eller omkörningsandel. Detta förhållande ansattes enligt följande formel:

z_i = koefficient för vägtyp i för ÅDT k , $i = 1 \dots 14$

x_i = vägbredd för vägtyp i , $i = 1 \dots 14$

y_{jk} = beräknad livslängd för vägtyp j för ÅDT – nivå k , $j = 1, 2, 3$

$$z_{ik} = \frac{x_i}{x_1} * \frac{y_{1k}}{y_{ik}}$$

Som ett exempel beräknas koefficienten för en smal vanlig tvåfältsväg för en ÅDT-nivå på 3 000 enligt:

Vägbredd (smal) = 6 meter, vägbredd (normal) = 7,5 meter. Livslängd från LCC (smal) = 6, livslängd från LCC (normal) = 7.

$$\frac{6}{7,5} * \frac{7}{6} = 0,93$$

För RSEP-vägar, motorvägar, flerfältvägar och 2+1 vägar aggregerades koefficienterna för respektive körfält. Dessutom beaktades för RSEP-vägarna den omkörningsbara andelen. Detta resulterade i följande förhållande mellan ÅDT och livslängd för de 14 vägtyperna.

Tabell 4 - Kostnadsförhållande mellan normal tvåfältsväg och övriga vägtyper

Vägtyp/ÅDT	125	375	750	1 500	3 000	6 000	10 000	14 000	25 000
Vanlig tvåfältsväg, normal	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vanlig tvåfältsväg, smal	0,80	0,84	0,91	0,92	0,93	0,98	0,90	0,93	1,00
Vanlig tvåfältsväg, bred	1,33	1,15	1,19	1,18	1,17	1,13	1,09	1,04	1,11
Räfflad mittremsa 2+1	1,51	1,58	1,68	1,69	1,62	1,67	1,59	1,59	1,64
MML 2+1, mötesfri	1,58	1,66	1,77	1,77	1,70	1,76	1,67	1,67	1,72
MLV 40%, räcke	1,58	1,66	1,77	1,77	1,70	1,76	1,67	1,67	1,72
RSEP 30%, räcke	1,64	1,72	1,84	1,85	1,80	1,86	1,76	1,77	1,85
RSEP 20%, räcke	1,70	1,79	1,92	1,93	1,90	1,97	1,85	1,87	1,97
RSEP 30%, målad	1,30	1,34	1,38	1,37	1,31	1,33	1,31	1,29	1,29
RSEP 20%, målad	1,23	1,25	1,28	1,28	1,24	1,25	1,23	1,21	1,21
Flerfältsväg 4 kf	1,76	1,84	1,94	1,93	1,79	1,82	1,78	1,71	1,71
Flerfältsväg 6 kf	2,64	2,76	2,91	2,90	2,68	2,73	2,67	2,57	2,57
Motorväg - 4	1,76	1,84	1,94	1,93	1,79	1,82	1,78	1,71	1,71
Motorväg - 6	2,64	2,76	2,91	2,90	2,68	2,73	2,67	2,57	2,57

Koefficienterna ovan representerar alltså den estimerade relativa kostnadsskillnaden för olika ÅDT-nivåer mellan en normalbred tvåfältsväg och övriga vägtyper. Utifrån åtgärds-kostnaden för denna normerande väg kan detta förhållande utnyttjas för att estimeras kostnaden på övriga vägar.

3.2 **Steg 2 - Åtgärds-kostnader för en normalbred tvåfältsväg**

Beläggingskostnaden uttrycks som en årskostnad per meter. Vid beräkning av kostnaden för en normalbred tvåfältsväg har tre olika beläggingsmaterial för tre olika ÅDT-nivåer antagits. MJOG (mjukgjort oljegrus) antas vid lågtrafik (<750 f/d), ABT (tät asfaltbetong) i medeltrafik och ABS (stenrik asfaltbetong) vid högtrafik (> 1500 f/d). Denna antagna nivå för ABT kan anses vara något smalt räknad, då den rekommenderade ÅDT-nivån för detta material enligt (8) kan sträcka sig upp mot 3000 fordon/dygn. För tre materialen antas nedanstående åtgärds-kostnader per kvadratmeter:

MJOG – 45 kr/m²

ABT – 54 kr/m²

ABS – 63 kr/m²

Utöver dessa kostnader beaktas även kostnaderna för avstängningar och andra säkerhetsåtgärder (K_{TMA}). Dessa är ÅDT-beroende och uppdateras enligt nedan:

$K_{TMA} = 10\%$ för ÅDT < 2 000

$K_{TMA} = 10\% + 0,35 * (\frac{\text{ÅDT}}{22000})$ för ÅDT < 2 000

$K_{TMA} = 45\%$ för ÅDT > 24 000

Dessutom tillkommer kostnader för justering om 15 % (30 % för varannan åtgärd). Utöver dessa direkta kostnader tillkommer även 15 % som ett påslag för förutsättningskapande åtgärder samt 28 % för diskonteringseffekter. Sammanfattningsvis beräknas beläggingskostnaden för denna normalbreda väg enligt:

$K_{bel} = \text{vägbredd} * \text{materialkostnad} / \text{livslängd} * (1+K_{TMA}) * (1+\text{justeringsfaktor}) * (1+\text{förutsättningskapandefaktor}) * (1+\text{diskonteringseffekter})$

Detta innebär t.ex. att kostnaden för den normalbreda (8 meter) tvåfältsvägen för en ÅDT-nivå på 750 beräknas till:

$$K_{bel} = 8 * \frac{54}{15} * (1 + 0,10) * 1,15 * 1,15 * 1,28 = 53,6 \frac{\text{kr}}{\text{meter}} / \text{år}$$

3.3 **Steg 3 - Estimering av koefficienter**

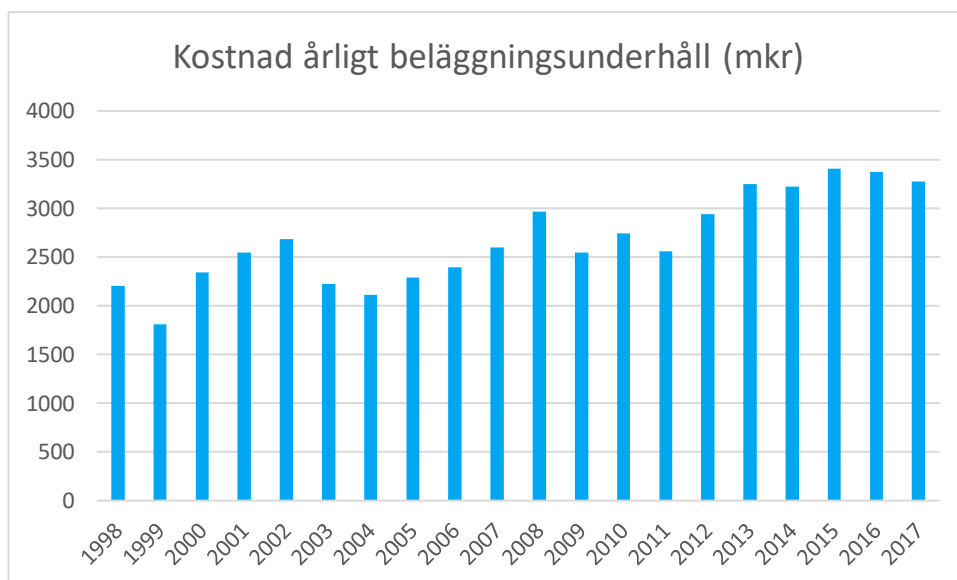
Efter att ha estimerat kostnaden för den normalbreda tvåfältsvägen med hjälp av metoden ovan ansätts en schablonkurva till denna. Schablonkurvan uttrycks enligt formeln $K_0 + K_1 * \text{ÅDT}^{K_2}$. Med hjälp av det tidigare beräknade

livslängdsförhållandet mellan den normerande normalbreda tvåfältsvägen och övriga vägtyper kan sedan kostnaden för övriga vägtyper beräknas.

Den avslutande fasen i ansättningen av koefficienterna innebär att passa schablonkurvor för respektive vägtyp enligt formeln $K_0 + K_1 * \text{ÅDT}^{K_2}$. Det innebär en perfekt matchning för den normalbreda tvåfältsvägen, vars kurva bygger på denna formel. För övriga anpassas schablonerna enligt principen att ge högre precision vid låga ÅDT för smala vägar och tvärtom för motorvägar.

3.4 Steg 4 - Verifiering

Trafikverkets årsredovisning utgör underlag för den metod som använts för verifiering. Kostnaden för underhållsåtgärder av belagda vägar varierar men har under de senaste fem åren legat mellan 3 och 3,5 miljarder. Diagrammet nedan illustrerar denna kostnad de senaste tjugo åren, inhämtat från Trafikverkets årsredovisning (2002, 2006, 2010, 2012, 2014, 2017).



Figur 4 - Kostnad årligt beläggningsunderhåll i mkr (11) (12) (13) (14) (15) (16).

Som stöd i verifieringen utnyttjas data över hela vägnätet där varje enskild väg delats upp efter typ med indata över längd och uppskattad ÅDT-nivåer. De vägtyper som beaktas i denna uppdelning är följande:

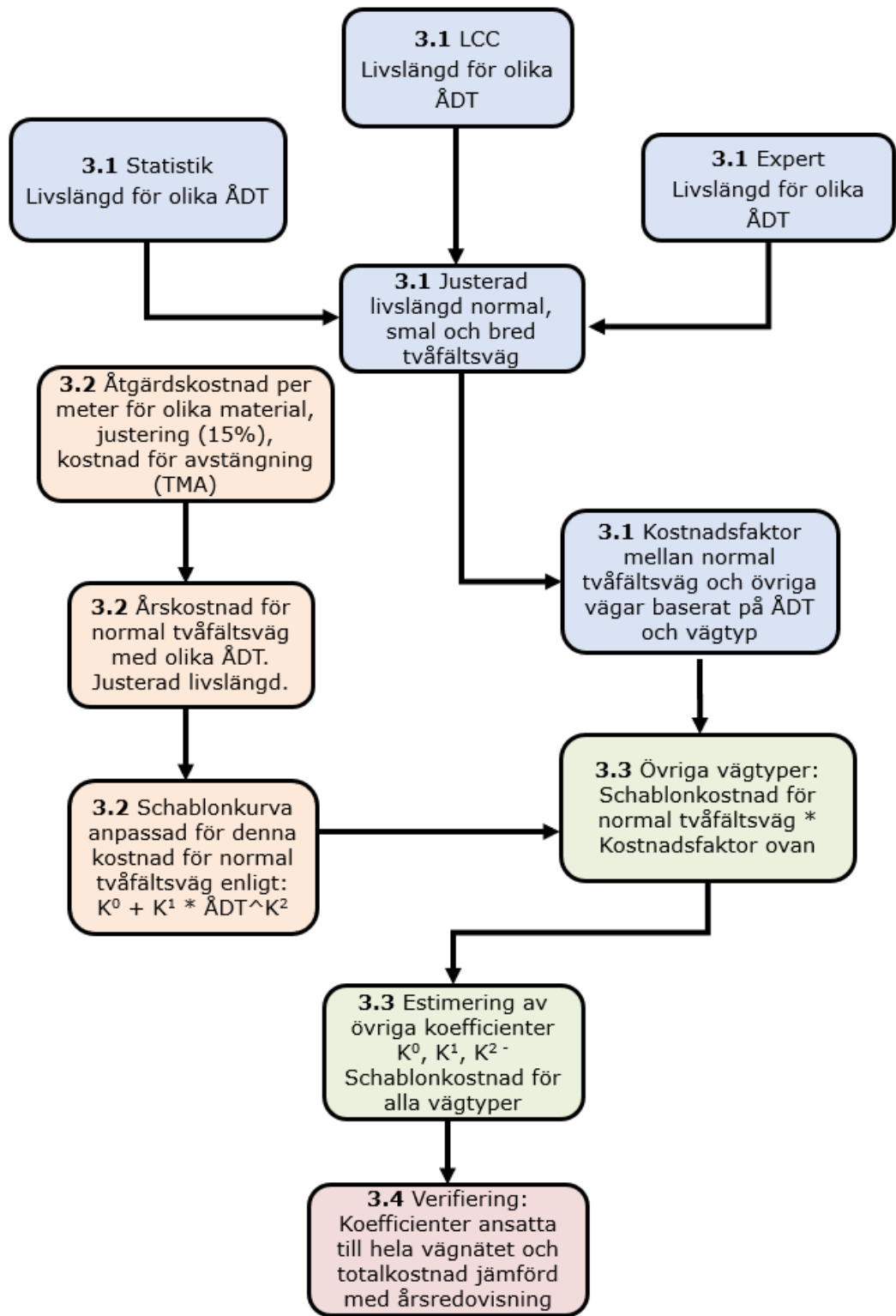
- Motorväg
- Motortrafikled
- Motortrafikled mötesfri
- 4-fältsväg
- Vanlig väg mötesfri
- Vanlig väg smal
- Vanlig väg normal
- Vanlig väg bred

Som noteras finns en viss skillnad mot den vägtypsuppdelning som motsvaras av de 14 vägtyperna i steg 3. T.ex. noteras bland dessa 14 vägtyper en skillnad mellan en 4-filig och 6-filig motorväg, något som inte beaktas bland i vägarna i verifieringstabellen.

Genom att ansätta schablonerna för rätt vägtyp kan en total kostnad beräknas. Då kostnaden för produktionsstöd inte inkluderas i $K_0 + k_1 * \text{ÅDT}^{K_2}$ multipliceras även kostnaden med denna faktor (1.06). Med denna metod erhöles en totalsumma om 3 389 miljoner SEK. Detta är väldigt nära de verkliga kostnaderna och en indikation på modellen och metodens rimlighet.

3.5 **Förklarande figur till nuvarande metod**

Nedanstående figur illustrerar den nuvarande metod som använts för ansättning av koefficienterna. Färgindelningarna motsvarar uppdelningen i respektive underkapitel 3.1 – 3.4.



Figur 5 - Processkarta över nuvarande metod för att ansätta schablonerna

4. Alternativ metod

Trots de verifierat goda resultaten finns det orsak att problematisera delar av den nuvarande metoden. I följande kapitel kommer de fyra stegen utvärderas och där behov finns kommer alternativa lösningar föreslås. Den alternativa metod som utnyttjas bygger alltså i stora drag på liknande principer som den nuvarande metoden men har ändå vissa tydliga skillnader.

4.1 Steg 1 – LCC-verktyget och kostnadsförhållandet

I det första steget utnyttjas mikroverktyget LCC Vägöverbyggnad för att estimeras ett kostnadsförhållande mellan olika vägtyper och en normerande normalbred tvåfältsväg. Med stödet från expertis och statistik förefaller det finnas en god grund till uppskattade livslängder för en normal, bred och smal tvåfältsväg. I processen att omräkna dessa justerade livslängder för de tre vägbredderna till relativa kostnadsskillnader för samtliga vägtyper finns vissa problematiserande faktorer.

En av dessa faktorer är de vägbredder som antagits för olika vägtyper. För den vanliga tvåfältsvägen har följande åtgärdade vägbredder beräknats i LCC-verktyget: smal (6 meter, normal 7,5 meter och bred 10 meter). I samband med justeringen av livslängd via expertis och statistik har dessa sedan justerats till 6, 8 och 11 meter. För övriga vägar har körfälten delats upp och en vägbredd om 4 meter per körfält har antagits åtgärdats. För 2+1 vägar har en total vägbredd om 13 meter antagits enligt följande uppdelning: 4 (höger körfält), 4 (vänster körfält) och 5 (enkelkörfält). Dessa antagna vägbredder har en stor inverkan på koefficienterna, vilket lyfter behovet av en känslighetsanalys över antagna vägbredder. Samtidigt handlar denna process om att hitta representativa vägbredder för de respektive vägtyperna, något som de sedermera goda resultaten ändå indikerar på.

En annan problematiserande faktor är faktumet att den estimerade livslängden får allt större påverkan vid höga ÅDT-nivåer/låga livslängder. Även följande extremt låga livslängder är mer av teoretisk relevans bör ändå problemet uppmärksammas. Om LCC-verktyget, expertis och statistik leder fram till en estimerad livslängd om 3 år för den normalbreda tvåfältsvägen och 2 år för den smala tvåfältsvägen blir kostnadsförhållandet mellan dessa 3:2 multiplicerat med skillnaden i bredd. Om livslängden för den normalbreda vägen istället estimerats till 2 år är förhållandet istället 2:2 vilket motsvarar en avsevärd skillnad i kostnad. Hade livslängden inte definierats i hela år hade det relativa kostnadsförhållandet inte påverkats lika radikalt.

Trots ovan nämnda problematisering förefaller steg 1 vara utfört väl underbyggt och med god logik varpå de kostnadscoefficienter som beräknats i detta steg i den nuvarande metoden även applicerats i den alternativa. En skillnad är dock att även ÅDT-nivåer på 30 000, 35 000, 40 000, 45 000, 50 000, 75 000 och 100 000 utnyttjades.

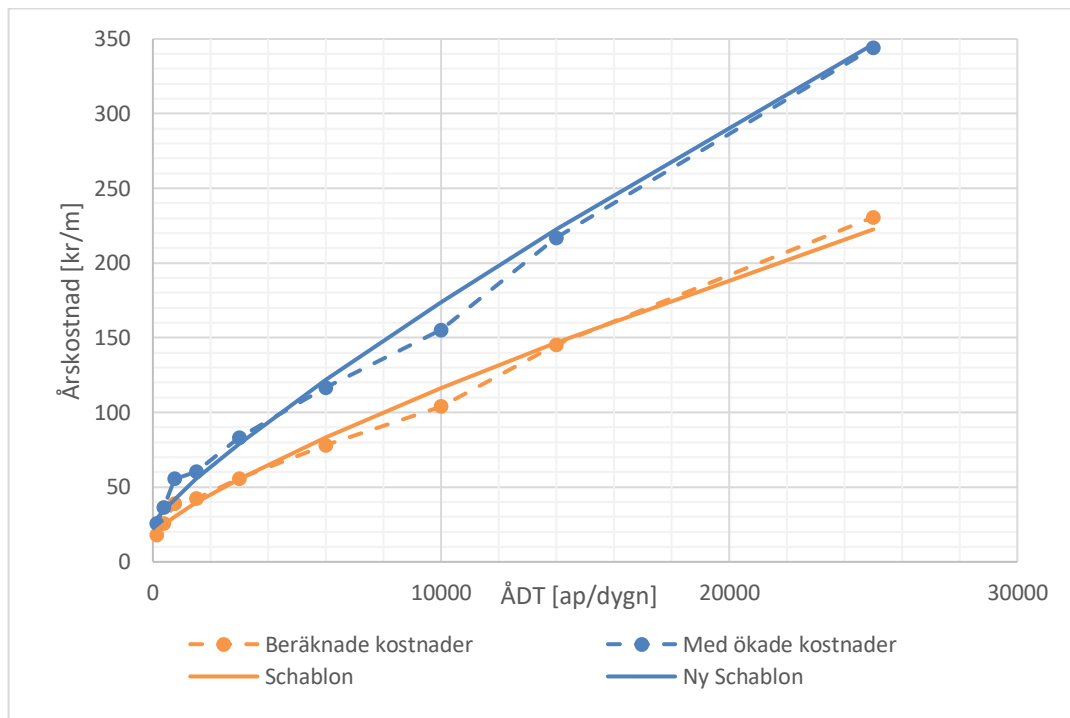
4.2

Steg 2 – Åtgärdskostnader för en normalbred tvåfältsväg

Vid estimering av åtgärdskostnaderna för den normerande tvåfältsvägen med normal bredd baseras beläggningskostnaden på kostnaden för olika beläggningsmaterial med schabloniserade tillägg för justering, avstängning, förutsättningsskapande åtgärder och diskontering. I detta finns två problem; dels är den estimerade kostnaden väldigt beroende av en korrekt kostnadsnivå för de olika beläggningstyperna, dessutom förefaller det sunt att utreda rimligheten i nivån på de schabloniserade tilläggen.

Som belyses i kapitel 2 fluktuerar kostnaderna för beläggningsmaterial som ett resultat delvis av prisvariationen på olja. Det gör att detta steg, som har en fundamental roll i denna metodik, innehåller mått av betydande osäkerhet. I kapitel 2 redovisades kostnaderna per ton. I beläggningssammanhang är det ofta mer fördelaktigt att resonera i kostnader som kvadratmeterpriser istället för priser per ton, detta då kvadratmeterkostnader korresponderar mer direkt med den faktiska beläggningskostnaden per meter väg. För att konvertera kostnaden från ton till kvadratmeter behövs två parametrar; densiteten på asfalt och tjockleken på beläggning på vägen.

I beräkningen har ABS, ABT och MJOG antagits med följande kvadratmeterpriser: 63, 54 och 45 SEK. I jämförelse med kvadratmeterpriset för dessa material under de senaste fem åren är denna kostnad något lågt antagen. Om snittkostnaden för ABS, ABT och MJOG för de fem senaste åren beaktas samtidigt som de i LCC-verktyget antagna nivåerna för densitet (2,4) och tjockleken (45, 45 och 50 mm) antas blir den genomsnittliga kvadratmeterkostnaden för dessa material istället 94, 77 och 64 SEK. Figuren nedan illustrerar skillnaden mellan de två kostnadsnivåerna där de fem årens senaste genomsnittskostnad renderar en dyrare kostnad och därmed en brantare schablonkurva.



Figur 6 - Jämförelse nuvarande schablon och kostnadsökningar för material

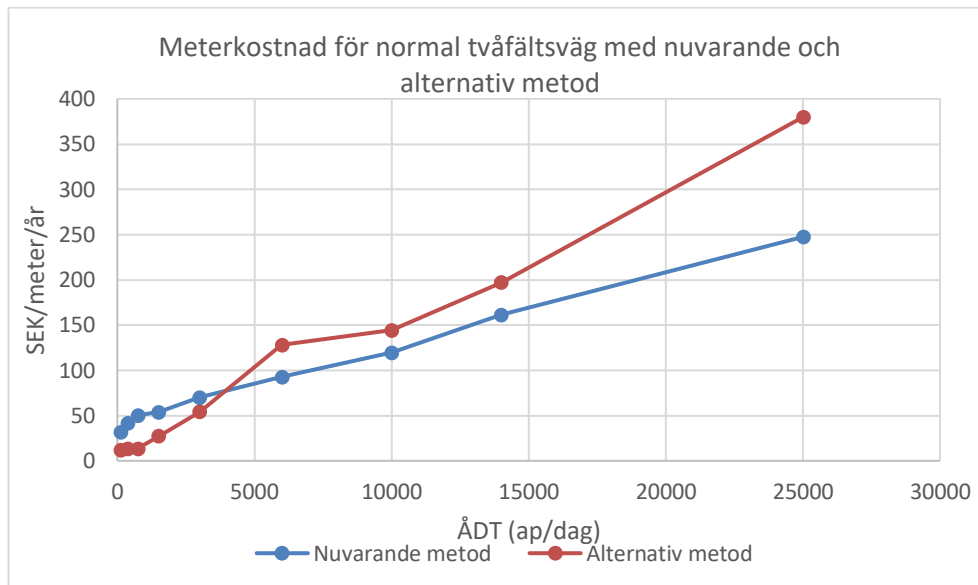
Koefficienterna för denna normerande väg påverkas av de nya kostnaderna från 18 (k_0) - 0,062 (k_1) och 0,8 (k_2) till 25 - 0,065 och 0,84. Trots att skillnaden i koefficienter förefaller relativt liten innebär dessa skillnader i verifieringen mot hela vägnätet en estimerad kostnadsökning om 600 miljoner eller 47 % för de normalbreda tvåfältsvägarna i landet. Detta belyser känsligheten i denna metod.

Beträffande de tillägg för justering, avstängning, förutsättningsskapande åtgärder och diskontering som multipliceras med materialkostnaderna kan följande konstateras.

- Justering – 30 %, ett tillägg för varannan åtgärd.
- Avstängning – Modell som bygger på data från VST:s strategiska plan (internt material Vägverket region Stockholm 2005).
- Förutsättningskapande arbete – 15 % i enlighet med Trafikverkets sätt att dela in årsredovisningen
- Diskontering – 28 %, beräknat på en åtgärdstid av 20 år och 3 % diskonteringsränta för att nå medelkostnaden för verkligt utfall.

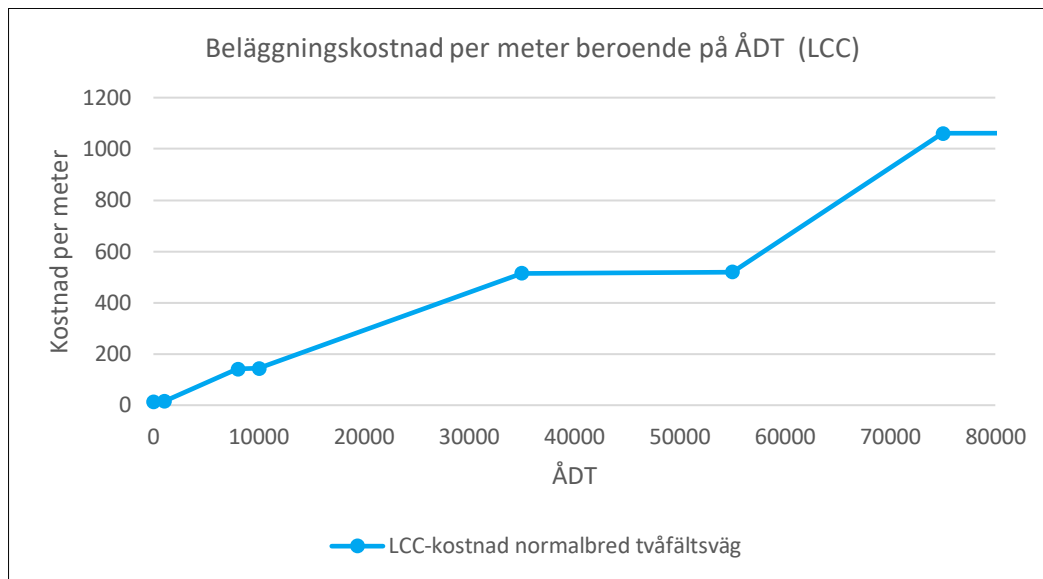
Som ett alternativ till ovanstående metod för att beräkna kostnaden för en normalbred väg föreslås istället att kostnaden för denna vägtyp beräknas via LCC-verktyget. Verktyget har fördelen att beakta betydligt fler faktorer än enbart materialkostnaden varpå känsligheten för kostnadsfluktuationer bland dessa på totala underhållskostnaden minskas. Den årliga meterkostnaden för den

normerande normalbreda tvåfältsvägens samtliga utvalda ÅDT-nivåer sammanfattas för den nuvarande och den alternativa metoden nedan.



Figur 7 - Meterkostnad för normal tvåfältsväg med nuvarande och alternativ metod.

I samband med att kostnaderna för en normal tvåfältsväg togs fram undersöktes även hur orrealistiskt höga nivåer av ÅDT påverkade den av LCC-verktyget estimerade kostnaden. Syftet med detta var att få en överblick av den estimerade kostnadskurvan. Denna kostnad illustreras i figurerna nedan. Här kan konstateras att kostnaden följer en stegvis ökning där den ökar linjärt upp till vissa brytpunkter där den är i princip fast upp till en ny brytpunkt.



Figur 8 - Av LCC-verktyget estimerade underhållskostnader för en normalbred tvåfältsväg med högre ÅDT-nivåer i beaktning

Upp till en ÅDT-nivå av knappt 1000 fordon/dygn ökar inte den estimerade kostnaden. Detta förklaras i LCC-verktyget av att spårbildning och därmed underhållsbehovet vid dessa nivåer inte orsakas av slitaget från trafikflödet utan orsakas främst av klimatpåverkan.

Från 1000 upp till ungefär 8 000 fordon/dygn ökar kostnaden relativt linjärt. Därefter är den fast upp till 10 000 fordon/dygn för att sedan åter stiga upp till ungefär 35 000 fordon/dygn. Där är nivån åter relativt fast för att sedan åter öka linjärt upp till 75 000 fordon/dygn. Därefter stiger inte kostnaden mer.

Mellan 6 000 och 10 000 fordon per dygn leder verktygets uppbyggnad till att ett så kallat bindlager antas konstrueras. Detta leder i sin tur till en högre investeringskostnad men minskar också slitaget på slitlagret vilket gör att underhållskostnaden inte ökar mellan de två nivåerna.

Vid 35 000 fordon/dygn är underhållsbehovet så stort att vägen behöver underhållas vartannat år. Upp till 54 000 räcker detta för att klara aktuell kravnivå på spårdjup. Därefter nöts spåren ner till en nivå under denna kravnivå vilket orsakar ett behov av ett extra skyddslager, någon som leder till den linjära ökningen av kostnaden. Vid ÅDT-nivån 75 000 fordon/dygn är underhållsbehovet så stort att vägen övergår från att behöver underhållas vartannat till varje år. Då livslängden beräknas i hela år blir konsekvensen att kostnaden når ett max-värde där vägen helt enkelt inte kan underhållas oftare än så.

4.3 Steg 3 – Estimering av koefficienter

Estimeringen av koefficienter, eller ansättningen av schablonkurvor enligt formeln $K_0 + K_1 * \text{ÅDT}^{K_2}$ har med den nuvarande metoden ansatts enligt en princip där

en högre precision eftersträvas för låga ÅDT-nivåer på smala vägar och för höga ÅDT-nivåer på bredare. Det förefaller inte finnas något direkt matematiskt motiv bakom koefficientestimeringen, istället har kurvan ansatts på ett sätt så att den liknar den estimerade kostnadskurvan så väl som möjligt.

En alternativ metod till den nuvarande ansättningen av koefficienter är att utnyttja Solver, ett optimeringsverktyg i Microsoft Excel. Optimeringsproblemet, som syftar till att ge en mer matematisk motivering till ansatta koefficienter kan ställas upp enligt nedan där skillnaden mellan schablon- och LCC-kostnadskurvan minimeras.

Tabell 5 - Index *i* representerar de undersökta ÅDT-nivåerna från 125 till 25 000

i	ÅDT (ap/dygn)
1	125
2	375
3	750
4	1 500
5	3 000
6	6 000
7	10 000
8	14 000
9	25 000
...	...

Tabell 6 - Index *j* representerar de 14 olika vägtyperna

j	Vägtyp
1	Motorväg 6 kf
2	Motorväg 4 kf
3	Flerfältsväg 6 kf
4	Flerfältsväg 4 kf
5	MML 2+1
6	MLV 2+1 (40 % omkörning) räcke
7	RSEP (30 % omkörning) räcke
8	RSEP (20 % omkörning) räcke
9	RSEP (30 % omkörning) målning
10	RSEP (20 % omkörning) målning
11	Räfflad mittremsa 2+1
12	2 kf bred (>11,5 meter)
13	2 kf normal
14	2 kf smal (<6,7 meter)

$$X_{i,j} = \text{LCC - kostnad för ÅDT } i \text{ och vägtyp } j, i = 1 \dots 9, j = 1 \dots 14$$

$$Y_{i,j} = \text{Schablonkostnad för ÅDT } i \text{ och vägtyp } j, i = 1 \dots 9, j = 1 \dots 14$$

$$k_{0,j} = k_0 \text{ för vägtyp } j$$

$$k_{1,j} = k_1 \text{ för vägtyp } j$$

$$k_{2,j} = k_2 \text{ för vägtyp } j$$

$\min z = \sum_{i=1}^I w_{ij} \text{ för } j = 1 \dots J$	Målfunktion att minimera skillnad mellan LCC-verktyget och schablon för varje vägtyp
<p><i>St.</i></p> $Y_{ij} = k_{0,j} + k_{1,j} * i^{k_{2,j}}$ $\sum_{i=1}^I W_{i,j} = \sum_{i=1}^I (X_{ij} - Y_{ij}) \text{ för } j = 1 \dots J$ $k_{2,j} \leq 1 \text{ för } j = 1 \dots J$ $k_{0,j} \geq X_{1,j} - 1 \text{ för } j = 1 \dots J$	<p><i>Formel för schablonkostnad</i></p> <p><i>Skillnad mellan schablon och LCC för respektive ÅDT - nivå</i></p> <p><i>K2-värdet antas vara mindre eller lika med 1</i></p> <p><i>K0-värdet antas större eller lika med den av LCC-verktyget skattade kostnaden vid en ÅDT-nivå på 0.</i></p>

Syftet med solver-verktyget är alltså att lösa ovanstående optimeringsproblem. Då problemet ovan är icke-linjärt utnyttjas problemlösningsmetoden GRG-Nonlinear. Fördelen med lösningsmetoden är en kort beräkningstid med nackdelen att den kräver en god initial utgångspunkt för att hitta ett globalt och inte bara ett lokalt optimum. Därför bör användandet av problemlösaren föranledas av en god estimering, framtagen på liknande vis som i den nuvarande metoden. Med fördel kan statistiska regressionsanalyser utnyttjas som en referens kring hur väl schablonerna motsvarar uppmätta värden. En lämplig sådan i detta fall är t.ex. "minstakvadratmetoden". Med metoden beräknas kvadratsumman av felet mellan schablonen och det uppmätta värdet, alltså liknande målfunktionen i optimeringsproblemet ovan, där dock enbart absolutvärdet beaktades.

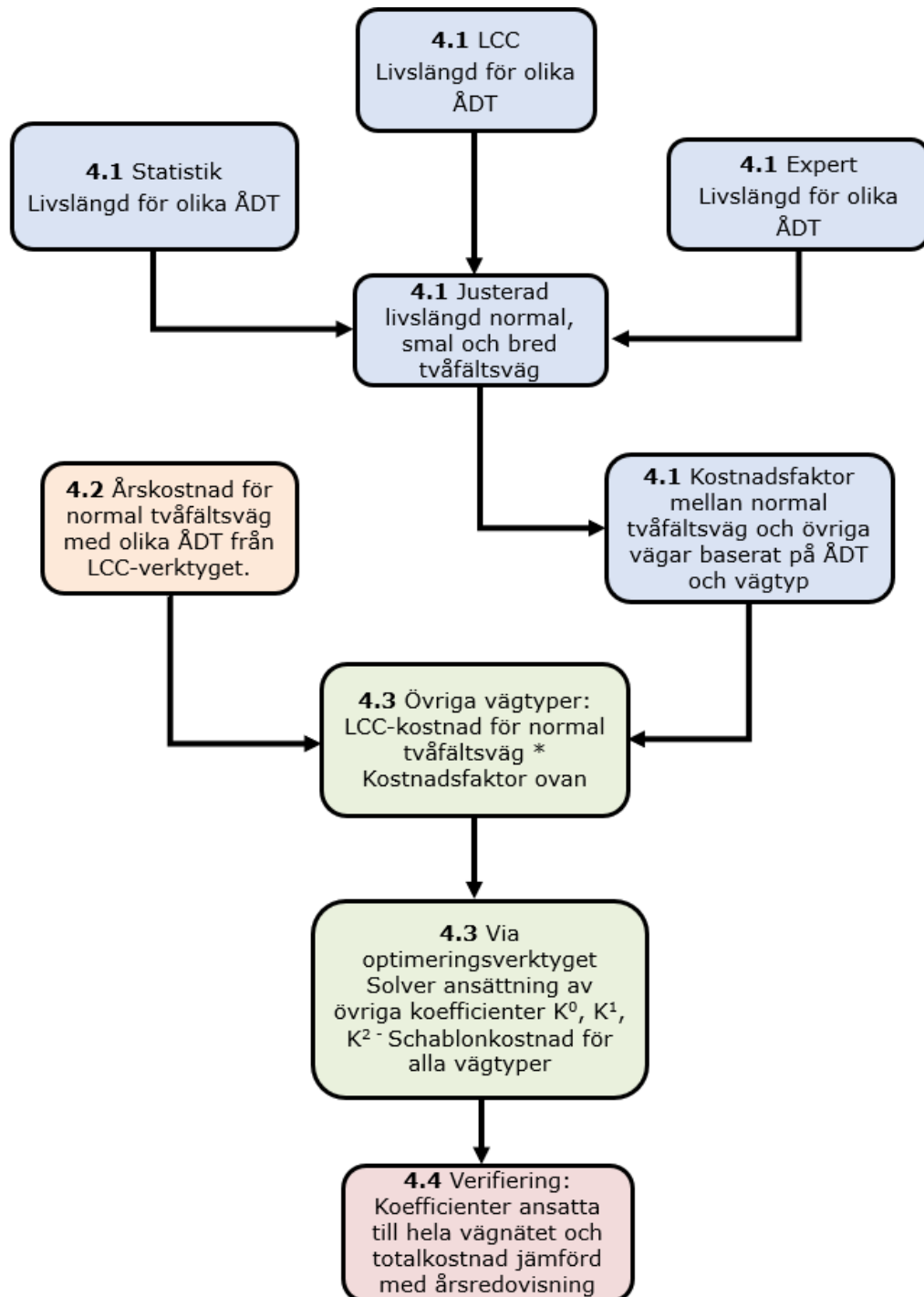
Som noterat i figur 4 finns diskontinuerliga samband mellan ÅDT och kostnaden. Utöver att utnyttja detta mer matematiska angreppssätt till ansättningen av schablonkurvan kan ytterligare en åtgärd som får kurvan att likna den av LCC-verktyget beräknade kostnaden tas. Denna åtgärd skulle innebära att två kurvor ansätts per vägtyp. Därmed antar koefficienterna olika värden beroende på om ÅDT-nivån är hög eller låg för respektive vägtyp. Fördelen med att göra detta är att man inte behöver prioritera hurvida precision är eftersträvaransvärt vid höga eller låga nivåer. Samtidigt bör det inte vara för komplicerat att implementera dessa två ÅDT-beroende kurvor i t.ex. EVA.

4.4 **Steg 4 – Verifiering**

Den metod som använts för verifiering har ett problem i att den väguppdelning som finns i tabellen över samtliga vägar i landet inte motsvarar väguppdelningen som använts vid schablonsättningen. Samtidigt bedöms en ny uppdelning av samtliga vägar svår genomförd varpå den nuvarande verifieringsmetoden kommer upprepas i denna alternativa metod.

4.5 Förklarande figur till alternativ metod

Nedanstående figur sammanfattar den alternativa metoden där 4.2 och 4.3 skiljer från nuvarande metod.



Figur 9 - Processkarta över den alternativa metoden för att ansätta schablonerna.

5. Resultat

Nedan presenteras de koefficienter som tagits fram med den alternativa metoden, vilka jämförs med de ursprungliga. De nya koefficienterna verifieras sedan mot riktiga kostnadsdata för att se hur väl de motsvarar faktiska kostnader. I denna del kommer även en känslighetsanalys genomföras där först konsekvensen av två kurvor undersöks, därefter utreds hur ett förändrat oljepris på olja påverkar koefficienternas tillförlitlighet.

5.1 Uppdaterade koefficienter

Nedanstående tabell redovisar de nuvarande koefficienterna för de olika vägtyperna.

Tabell 7 - Nuvarande koefficienter

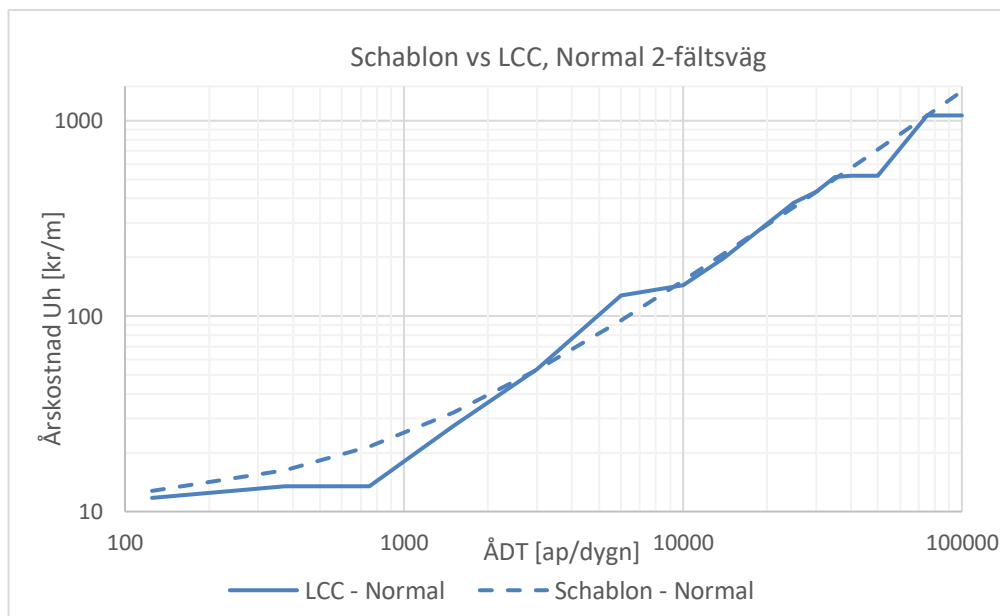
Vägtyp	K ₀	K ₁	K ₂
Motorväg 6 kf	34	0,124	0,8
Motorväg 4 kf	26	0,093	0,8
Flerfältsväg 6 kf	34	0,124	0,8
Flerfältsväg 4 kf	26	0,093	0,8
MML 2+1	23	0,086	0,8
MLV 2+1 (40 % omkörning) räcke	23	0,086	0,8
RSEP (30 % omkörning) räcke	23	0,093	0,8
RSEP (20 % omkörning) räcke	23	0,099	0,8
RSEP (30 % omkörning) målning	23	0,065	0,8
RSEP (20 % omkörning) målning	23	0,062	0,8
Räfflad mittremsa 2+1	20	0,070	0,8
2 kf bred (>11,5 meter)	24	0,063	0,8
2 kf normal	18	0,062	0,8
2 kf smal (<6,7 meter)	7	0,162	0,7

Tabell 8 sammanfattar de uppdaterade koefficienterna. Generellt är effekten av att utnyttja LCC-verktyget i steg 2 och optimeringsfunktionen Solver i steg 3 ett något minskat K₀ och K₁-värde men ett ökat K₂-värde. Att K₂-värdet ökar förefaller vara ett resultat av steg 2 i den alternativa metoden. Genom figur 7 illustreras hur den alternativa metoden ger ett mer linjärt samband mellan ÅDT och kostnad än den nuvarande metoden. Det lägre K₀-värdet i den alternativa metoden orsakas av steg 3 där optimeringsmetoden enkom minimerar skillnaden mellan schablonkurvan och den av LCC-verktyget beräknade kostnaden i respektive ÅDT-punkt. Därmed beaktas inte låga ÅDT-nivåer som viktigare än höga vilket får konsekvensen att K₀-värdet, som är den teoretiskt schabloniserade kostnaden vid en ÅDT-nivå på 0 ibland blir lägre än om schablonen ansätts för hand.

Tabell 8 - Uppdaterade koefficienter, avrundade till lämplig decimal

Vägtyp	K ₀	K ₁	K ₂
Motorväg 6 kf	30	0,036	1
Motorväg 4 kf	20	0,027	0,99
Flerfältsväg 6 kf	30	0,036	1
Flerfältsväg 4 kf	20	0,027	0,99
MML 2+1	18	0,024	0,99
MLV 2+1 (40 % omkörning) räcke	18	0,024	0,99
RSEP (30 % omkörning) räcke	18	0,059	0,91
RSEP (20 % omkörning) räcke	19	0,067	0,90
RSEP (30 % omkörning) målning	14	0,035	0,94
RSEP (20 % omkörning) målning	13	0,040	0,92
Räfflad mittremsa 2+1	17	0,021	1
2 kf bred (>11,5 meter)	15	0,017	1
2 kf normal	11	0,014	1
2 kf smal (<6,7 meter)	8	0,019	0,95

I figuren nedan illustreras kostnadskurvan för en normal tvåfältsväg där den heldragna linjen motsvarar LCC-kostnaden och den streckade schablonkostnaden. Som noterats finns det för LCC-kostnaden diskontinuerliga samband som gör att schablonen har svårt att följa den estimerade kostnaden.



Figur 10 - Schablon och LCC-kostnad för en normal tvåfältsväg

Minstakvadratfelet mellan schablonen och den av LCC-verktyget uppskattade kostnaden för samtliga vägtyper beräknades till 1 433 001, detta för ÅDT-

nivåerna: 125, 375, 750, 1 500, 3 000, 6 000, 10 000, 14 000, 25 000, 30 000, 35 000, 40 000, 45 000, 50 000 samt 75 000.

5.2 Verifiering

På ett liknande vis som i den nuvarande metoden verifierades de uppdaterade koefficienterna mot samtliga vägar i Sverige för att se om den totala kostnaden motsvarar Trafikverkets årsredovisning. Beläggningskostnaderna har under de senaste åren legat mellan 3 och 3,5 miljarder; 3 409 (2015), 3 373 (2016) och ska 3 274 (2017) miljoner SEK. Detta ger ett snitt på 3 352 miljoner SEK under de tre senaste åren. Denna referensnivå har använts att kalibrera mot.

Även om schablonen inte är korrekt för samtliga enskilda objekt visar verifieringen att schablonen är en god uppskattning när samtliga vägar summeras. Via de ansatta schablonkoefficienterna i tabell 8 nåddes en kostnad på 3 323 miljoner SEK, vilket indikerar att den nya metodens koefficienter är rimliga.

5.3 Två kurvor per vägtyp

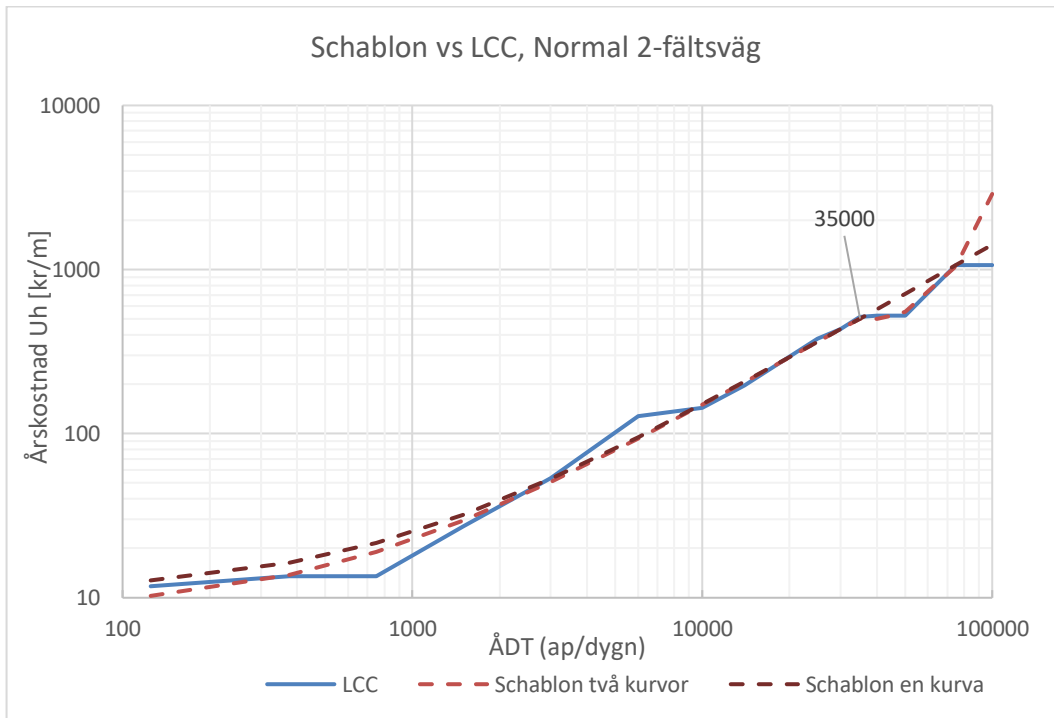
Figur 4 illustrerar det diskontinuerliga förhållandet som LCC-verktyget estimerat mellan ÅDT och kostnad för en normalbred tvåfältsväg. I figuren kan flera trender konstateras.

- Kostnaden ökar inte förrän en nivå av knappt 1 000 fordon/dygn
- Kostnaden ligger oförändrad mellan nivåerna 8 000 och 10 000 fordon/dygn.
- Kostnaden ligger oförändrad mellan nivåerna 35 000 och 54 000 fordon/dygn.
- Kostnaden är oförändrad oavsett flöde för en ÅDT-nivå över 75 000 fordon/dygn.

Om man förutsätter att den observerade effekten i LCC-verktyget är representativ och önskvärd att replikera via schablonerna kan man snabbt konstatera svårigheten att via funktionen $K_0 + K_1 * \text{ÅDT}^k$ göra detta. Ett alternativ är istället att ansätta två kurvfunktioner, separerade av en ÅDT-styrd tröskelnivå.

Här kan konstateras att flera olika ÅDT-nivåer är möjliga att utnyttja som tröskelnivå. Vald nivå bör bero på vilken effekt som är eftersträvansvärd att via schablonen replikera. Utifrån att kostnaden t.ex. planar ut vid en ÅDT-nivå mellan 35 och 54 000 fordon ansattes gränsvärdet till 35 000 för att via en andra kurvfunktion fånga denna effekten.

Nedanstående figurer illustrerar hur ansättningen av två kurvor följer den av LCC-verktyget estimerade kostnaden med en brytpunkt vid 35 000 fordon/dygn.



Figur 11 - Jämförelse mellan ansättning av en och två kurvor för en normal 2-fältsväg

Tabellen nedan visar de två ansatta kurvorna där den första ansattes från 0 upp till 35 000 och den andra från 35 upp till 75 000. Dessutom visas effekten av kurvan upp till en ÅDT-nivå av 100 000 fordon/dygn.

Koefficienter för två kurvor	K0	K1	K2
Låg ÅDT ≤ 35 000	8	0,015	1
Hög ÅDT > 35 000	477	$2,41 \cdot 10^{-22}$	5

Effekten av att ansätta dubbla kurvor är givetvis att den av LCC-verktyget estimerade kostnaden kan följas bättre. I ovanstående exempel följer tvåkurvslösningen den observerade utplanade kostnadsökningen vid en nivå av 35 000 fordon per dygn. Detta möjliggör en schablonkostnad som relativt väl följer LCC-verktyget upp till en nivå av 75 000 fordon per dygn, därefter överskattar schablonen kostnaden. Även om antalet vägar med en ÅDT-nivå över 75 000 är högst begränsade i vägnätet (förekommer enligt Vägtrafikflödeskartan enbart på motorvägarna kring Göteborg och Stockholm) är det dock inte eftersträvansvärt med en schablon som så pass tydligt avviker från den förmodade kostnaden för dessa ÅDT-värden.

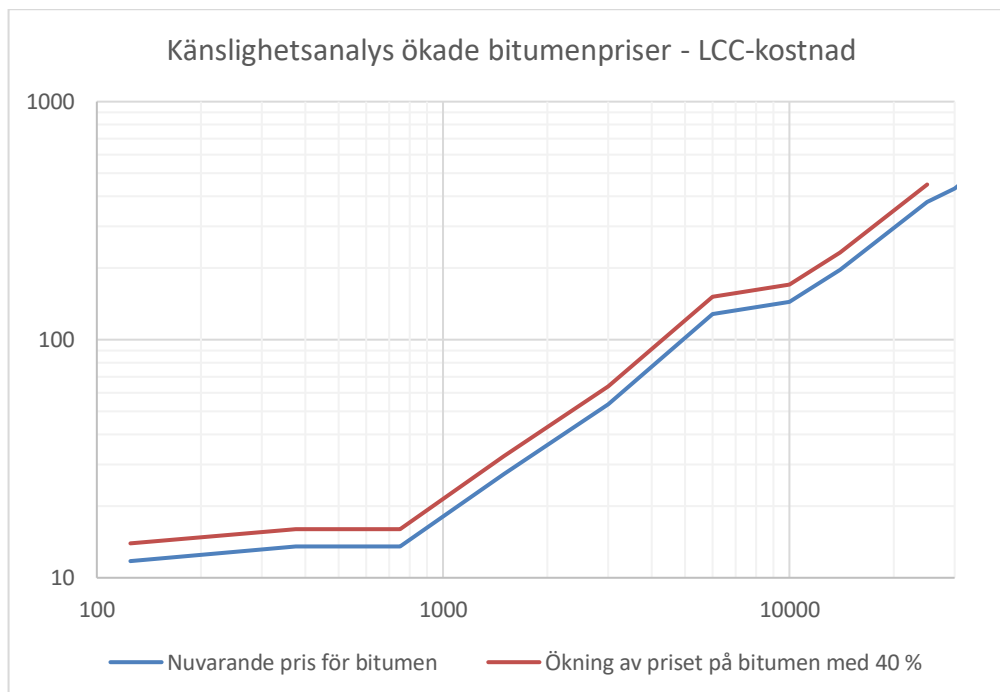
Genom att ansätta flera funktioner för samma kurva kan man givetvis uppnå effekten av att närma sig den av LCC-verktyget estimerade kostnaden betydligt bättre än med enbart en kurva. Frågan är dock vilken effekt som är relevant att

återskapa. I jakten på en god kurvföljning riskerar man att förlora essensen i schablonen, att den ska vara just en uppskattad kostnad. Dessutom bygger kostnaderna från LCC-verktyget på generaliserade antaganden kring en genomsnittsväg i landet, vilket gör att det inte heller är eftersträvansvärt att följa de av LCC-verktyget observerade kostnadseffekterna. En lösning med två eller flera kurvansättningar för varje vägtyp rekommenderas således inte. Om den skall implementeras bör den implementeras för att fånga den avtagande effekten vid extremt höga ÅDT-nivåer, kring 75 000 fordon/dygn, alternativt vid extremt låga-nivåer, vid en ÅDT-nivå under 1000 fordon/dygn. Då antalet samhällsekonomiska kalkyler med den ÅDT-nivån är kraftigt begränsad förefaller det inte givande att implementera den typen av åtgärd.

5.4 Bitumenkostnadens inverkan på totala beläggingskostnaden

Som lyftes i kapitel två varierar priset på det oljebaserade bindemedlet bitumen med variationerna för priset på råolja. Halten bitumen i olika beläggingsmaterial varierar, men ligger generellt kring 5%. I linje med energimyndighetens prediktion för framtiden undersöks i nedanstående känslighetsanalys hur en ökning av oljepriset med 140 % påverkar den av LCC-verktyget estimerade kostnaden.

Nedanstående figur illustrerar hur den uppdaterade schablonen förhåller sig mot en kostnadsökning om 40 % för bitumen.



Figur 12 - Känslighetsanalys för ökade bitumenpriser

För samtliga ÅDT-nivåer innebär den ökade bitumenkostnaden om 40% en ökad beläggningskostnad om ca 10 % (9,6–10,1%). Följaktligen kan slutsatsen göras att beläggningskostnaden estimerad av LCC-verktyget förändras med 0,25 % per relativ förändring i oljepris (10/40 = 0,25). En undersökning kunde konstatera att denna relativa kostnadsförändring var representativ för såväl samtliga ÅDT-nivåer som olika förändringsnivåer i bitumenpris. Om priset på bitumen ökar med 1 procent förändrar detta enligt LCC Vägöverbyggnad den totala kostnaden med 0,25 procentenheter. Med denna vetskapen om relationen mellan en förändring av bitumenkostnad och total beläggningskostnad skulle osäkerheten kring kostnaden för beläggningsmaterial kunna fångas upp i estimeringen av beläggningskostnaden på följande vis:

$$K_{bel\ddot{a}ggning} = k_0^{bel} + k_1^{bel} * \ddot{A}DT^{k_2^{be\ddot{o}}} * \left(1 + \left(\frac{\text{aktuellt bitumenpris}}{\text{referens bitumenpris}} - 1 \right) * 0,25 \right)$$

Genom att addera den relativa kvoten mellan aktuellt oljepris och en referensnivå motsvarande den som antagits i LCC överbyggnad kommer kvalitén på kostnadsestimeringen öka avsevärt. Detta eftersom modellen därmed inte blir känslig för det kraftigt varierade priset på olja/bitumen.

Som ett exempel skulle en prisökning på olja med 20 % påverka beläggningskostnaden enligt:

$$(1 + ((1,2 - 1) * 0,25)) = 1,05$$

Detta skulle på ett schabloniserat vis fånga upp de fluktuationer i oljepris som annars orsakar en viss osäkerhet i uppskattningen av beläggningskostnader. I LCC-verktyget har ett bitumenpris om 4200 SEK/ton antagits.

Enligt dessa simuleringsresultat ökar alltså beläggningskostnaden med 0,25 procentenheter per procentuella ökning av bitumenkostnad. Under 2014 genomförde VTI en studie delvis med utgångspunkt i Trafikverkets VUH-databas med information över avslutade beläggningsuppdrag för att bl.a. se kostnadsdrivande faktorer i beläggningsarbeten. Där konstaterades det att en "ökning av bitumenpriset med 10 % ökar priset på asfalt med mellan 1,2 och 3,7 procent" (17). Detta motsvarar alltså mellan 0,12 och 0,37 % per procentuella ökning och ger reliabilitet kring det av simuleringsverktyget uppmätta värdet på 0,25 %.

6. Slutsats

Nedan dras slutsatser kring metod och resultat av projektet.

6.1 Metod

Svårigheten i att uppskatta beläggningskostnaden för en väg kan summeras i följande:

- Vilka attribut har den väg som är den bästa representationen för en genomsnittlig väg i landet?
- Hur kan beläggningskostnaden för denna väg estimeras?
- Hur förhåller sig beläggningskostnaden mellan denna väg och övriga vägtyper?
- Hur påverkas säkerheten i denna kostnad av de fluktuerade priserna på olja/material?

I detta projekt har problemen ovan i stor grad lösts via LCC-vägöverbbyggnad. En normerande tvåfältsväg antogs med attribut som utnyttjats i det tidigare förfarandet. Beläggningskostnaden för denna väg beräknades fram för olika ÅDT-nivåer via LCC-vägöverbbyggnad. Utifrån det tidigare etablerade kostnadsförhållandet mellan denna normalbreda tvåfältsväg beräknades sedan kostnaden för övriga vägtyper. Efter att ha analyserat vilken förändring ett ökat pris på bitumen och beläggningsmaterial hade på den totala kostnaden kunde avslutningsvis en lösning på förändrade oljepris föreslås.

6.2 Resultat

Utifrån tidigare schabloner är det ÅDT-beroende K2-värdet högre estimerat med nuvarande metod. Nu bedöms förhållandet mellan ÅDT och kostnad vara mer linjärt än tidigare. Utifrån figur 8 konstateras att den av LCC-verktyget estimerade kostnaden ökar relativt jämnt upp till en sorts maxkostnad vid en ÅDT-nivå om 75 000 fordon/dygn där kostnaden inte ökar mer.

Skillnaden mot tidigare etablerade koefficienter orsakas främst av att LCC-verktyget nu applicerats för att estimeras kostnaden för en normalbred tvåfältsväg. Dessutom analyserades i detta projekt betydligt högre ÅDT-nivåer vilket tydliggjorde den stegvisa kostnadsökningen som verktyget estimerar.

Utifrån verifieringen kan konstateras att de angivna koefficienterna förfaller rimliga då den estimerade totalkostnaden ansatt på alla vägar motsvarar beläggningsunderhållet i Trafikverkets årsredovisning.

6.3

Förslag till framtida utvecklingsmöjligheter

Avslutningsvis föreslås följande förslag till framtida utvecklingsmöjligheter inom arbetet med att estimeras schablonkoefficienter för beläggningsarbete.

- En övervägande del av denna studie utgår i simulerade scenarion från LCC vägöverbyggnad. Man kan därmed konstatera en viss brist på kompletterande empiriska data från genomförda projekt, även om verifieringssteget jämförde den totala årskostnaden mot motsvarande kostnader i årsredovisningen. LCC Vägöverbyggnad är ett kraftfullt verktyg som kan utnyttjas för att estimeras beläggningskostnaden för vägprojekt. Genom att jämföra verktygets estimerade kostnader med verkliga resultat i t.ex. VUH-databasens olika projekt, skulle en indikation på verktygets tillförlitlighet återges. Om verktyget återger den verkliga kostnaden tillförlitligt stärks reliabiliteten i den metod som applicerats i detta projekt. Därför är ett initialt förslag att jämföra LCC-verktygets resultat med resultat från genomförda projekt.
- Inom ramen för denna studie undersöktes verktygets känslighet för förändringar i bitumenpris där en metod föreslogs för att fånga upp detta. En invändning mot detta här rör ur syftet med att fånga upp just denna osäkerheten och inte någon annan. Därför hade det varit relevant att undersöka modellens känslighet också mot andra typer av faktorer. Att undersöka verktygets känslighet mot t.ex. andel tung trafik, andel dubbdäck, hastighetsbegränsning eller klimatzon.
- Flexibiliteten i verktyget skulle öka betydligt genom att förfina måttet för hur livslängd mäts, från hela år till tiondels årsnivå. Detta skulle förbättra precisionen i den metod som nu applicerats, i synnerhet för höga ÅDT-nivåer.

Referenser

1. **VTI.** *Underlag till schabloner för DoU-kostnader i EVA och Vägverkets Effektsamband för nybyggnad och förbättring.* Linköping : VTI, 2008.
2. **Karlsson, Robert.** *Schabloner för resurser och kostnader avseende drift och underhåll av vägar - Analys och redovisning av underlag.* Linköping : VTI, 2015.
3. **Trafikverket.** *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1.* u.o. : Trafikverket, 2018. ASEK 6.1.
4. **Gue, Elliott.** Seeking Alpha. *Does the dollar drive oil prices?* [Online] den 12 09 2018. [Citat: den 21 01 2019.] <https://seekingalpha.com/article/4205756-dollar-drive-oil-prices>.
5. **Infinity Export.** Infinity Export. *Bitumen 60/70 price per barrel.* [Online] Infinity Export, 2018. [Citat: den 06 11 2018.] <http://www.infinityexport.org/en/page/1347/bitumen-60-70-price-per-barrel.aspx>.
6. **Forex.** Forex. *Forex Valutautveckling.* [Online] den 21 01 2019. [Citat: den 21 01 2019.] <https://www.forex.se/Valuta/Valutagrafer/>.
7. **Business insider.** Markets Insider. *Oil (Brent) in USD - Historical prices.* [Online] den 21 01 2019. https://markets.businessinsider.com/commodities/historical-prices/oil-price/usd/1.1.2005_21.1.2019?type=brent.
8. **Trafikverket.** *EVA - Effektberäkningar vid väganalyser.* Borlänge : Trafikverket, 2017.
9. —. *Samkalk - Effektm modeller. Bilaga 3 till Teknisk dokumentation för Samkalk i Sampers version 3.4.* Borlänge : Trafikverket, 2018.
10. —. *Väg 94, kap 6 - Bitumenbundna lager.* u.o. : Trafikverket, 1994. VV Publ 1994:26.
11. —. *Vägverket Årsredovisning 2002.* Borlänge : Vägverket, 2003. 2003:35, ISSN 1401-9612.
12. —. *Vägverket Annual Report 2006.* Borlänge : Vägverket, 2007. 2007:20 1401-9612.
13. —. *Trafikverkets årsredovisning 2017.* Borlänge : Trafikverket, 2018. 2018: 085.
14. —. *Trafikverkets årsredovisning 2012.* Borlänge : Trafikverket, 2013. 2013: 050.
15. —. *Trafikverkets årsredovisning 2014.* Borlänge : Trafikverket, 2015. 2015: 056.
16. —. *Vägverket Annual Report 2009.* Borlänge : Trafikverket, 2010. 2010: 27.
17. **Pyddoke, Roger, Nyström, Johan och Nilsson, Jan-Eric.** *Två studier av kostnader för upphandlade asfaltbeläggningar.* Linköping : VTI, 2014. VTI notat 33-2014.