

## Restvärde hos vägar

En kunskaps- och idésammanställning kring hur investeringar  
ska styras för lägre LCC

Robert Karlsson  
Fredrik Hellman  
Mats Andersson  
Leif G Wiman  
Lars-Göran Wågberg



## Förord

Arbetet har utförts på uppdrag av Trafikverket. Beställare och kontaktpersoner har tillhört sektionen för Vägteknik. Arbetet med rapporten påbörjades 2007, då även merparten av arbetet utfördes, och avslutades december 2010. Robert Karlsson, VTI, har varit huvudförfattare medan Fredrik Hellman, VTI, bearbetat manuskriptet. Leif G Wiman och Lars-Göran Wågberg, båda VTI, har författat avsnitt 7.2. Mats Andersson, VTI, har skrivit avsnitt 2.1 samt bidragit med allmänna kommentarer. Även Leif Sjögren m.fl. inom VTI har bidragit med kommentarer på manuskriptet.

Linköping maj 2011

*Robert Karlsson*

## Kvalitetsgranskning

Intern och extern peer review har genomförts hösten 2009 av Safwat Said, VTI, samt Thomas Asp, Trafikverket. Robert Karlsson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus under 2010. Projektledarens närmaste chef, Gunilla Franzén, VTI, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2011-05-25.

## Quality review

Internal/external peer review was performed during the autumn of 2009 by Safwat Said, VTI and Thomas Asp, Swedish Transport Administration. Robert Karlsson has made alterations to the final manuscript of the report during 2010. The research director of the project manager Gunilla Franzén, VTI, examined and approved the report for publication on 25 May 2011.

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	5
Summary .....	7
1 Introduktion .....	9
1.1 Översikt.....	9
1.2 Metod.....	9
1.3 Bakgrund .....	10
2 Begrepp och metodik.....	12
2.1 Begreppet restvärde ur en ekonoms perspektiv .....	12
2.2 Begreppet restvärde tillämpat på byggande och förvaltning av vägar ...	13
2.3 Identifiering av behov.....	15
3 Tillgängliga metoder och verktyg .....	18
3.1 Vägytemätningar.....	18
3.2 Mätning av vägkroppens beskaffenhet .....	20
3.3 Accelererad provning.....	21
3.4 Labmetoder för undersökning av nedbrytningsmekanismer och orsaker till trendbrott i tillståndsutvecklingen hos vägar .....	22
4 Tillstånds- och nedbrytningsmodeller .....	25
4.1 Empiriska modeller för vägytans funktionella tillstånd över tid .....	25
4.2 Semi-empiriska modeller för vägens funktionella tillstånd över tid.....	25
4.3 Funktion hos material och lager över tid .....	26
5 Inventering av problem vid tillämpning av restvärdesbedömning.....	28
5.1 Beständighet hos material och riskfyllda konstruktioner .....	28
5.2 Risken för negativa effekter för samhället.....	29
5.3 Mätteknik .....	29
5.4 Juridiska frågor .....	30
5.5 Värderingar och beräkningar .....	30
6 Värdering .....	32
6.1 Avskrivning och enkel restvärdesuppskattning .....	32
6.2 Värderingsmetoder .....	33
7 Prognoser för framtida drift och underhållskostnader .....	35
7.1 DoU-kostnader relaterade till vägytans tillståndsutveckling .....	35
7.2 Uppskattning av framtida DoU-kostnader med nedbrytningsmodeller ...	36
8 Innovationsprocessen vid vägbyggnad .....	43
9 Förslag till ramverk för bedömning av vägar .....	45
9.1 Inledande inventering och kategorisering av vägobjektet .....	45
9.2 Arbetsgång vid värdering av restvärde .....	46
9.3 Tillämpningar .....	51
10 Diskussion, slutsatser och framtida behov av utveckling .....	59
Referenser.....	62
Bilaga 1 Nuvärdesberäkningar	



## **Restvärde hos vägar – en kunskaps- och idésammanställning kring hur investeringar ska styras för lägre LCC**

av Robert Karlsson, Fredrik Hellman, Mats Andersson, Leif G Wiman och  
Lars-Göran Wågberg

VTI

581 95 Linköping

### **Sammanfattning**

I rapporten utreds hur begreppet restvärde kan användas vid investeringar i vägar och väghållning för att analysera tekniska lösningar eller utforma krav för upphandling. Syftet är att utarbeta ett ramverk med principer som knyter samman ekonomiska överväganden och teknisk dimensionering, som i sin tur kan bidra till mer optimala investeringar i vägar ur ett långsiktigt perspektiv. Rapporten är avgränsad till investeringar i vägkroppen, men paralleller dras till andra områden.

Inledningsvis granskas begreppet och vilka behov som föreligger. Restvärde kan sägas spegla framtida nytta med en väganläggning minus kostnader för förvaltning. För de flesta tillämpningar kan nyttan antas lika medan väghållarkostnaderna påverkas av olika tekniska lösningar. Därmed reduceras problemet till att främst fokusera på kostnader för framtida drift och underhåll. I rapporten redogörs för hur nedbrytning kan prognosticeras och åtgärdsbehov förutsägas. Denna information ligger sedan till grund för ett ramverk för bedömning av framtida kostnader för drift och underhåll av vägar. Slutligen utarbetas förslag på hur denna kostnadsuppskattning och tillhörande restvärdesbedömning kan tillämpas inom upphandling på funktion, ersättningsmodeller samt mer optimerad väghållning ur LCC-synvinkel.





# **Residual life estimations of pavements – A survey of knowledge, needs and applications to reduce LCC in design, procurement, construction and management stages**

by Robert Karlsson, Fredrik Hellman, Mats Andersson, Leif G Wiman and  
Lars-Göran Wågberg  
VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)  
SE-581 95 Linköping Sweden

## **Summary**

This report deals with a concept applying residual value estimations to applications in optimisation and procurement of road construction and maintenance. The purpose is to develop a framework and concept for tying together technical and economical considerations in order to contribute to more optimised construction and maintenance of roads in a long-term perspective. This report is limited to investments in the pavement.

Initially, the term residual value and its application in this context is investigated. Then, possibilities for prediction of pavement deterioration and performance are presented. These models are also linked to prediction of maintenance needs. Finally, a concept for cost predictions is developed with corresponding residual value applications, for example performance procurement, payment models, as well as more optimised pavement management from a life cycle perspective.



# 1 Introduktion

## 1.1 Översikt

### *Syfte med restvärde*

Syftet med hantering av restvärde är att främja långsiktighet vid investeringar i väganläggningar och att utgöra grund för utformning av incitament för god förvaltning av väganläggningar. Av aktuellt intresse är krav på restvärde som komplement till funktionella krav vid upphandlingar. Tanken är även att principerna för bedömning av restvärde ska kunna användas i sammanhang såsom bedömning av kvarvarande livslängd, livscykelkostnadstänkande, LCC samt förvaltning av vägar (PMS).

Syftet med restvärdesbedömning är **inte** att värdera vägar i pengar, utan att **säkerställa** dess **nytta** för samhället till en optimalt låg kostnad.

### *Konceptet restvärde ska vara integrerat med befintliga system*

Systemet för bedömning av restvärde bör vara så utformat att det kan komma till användning inom fler tillämpningar än just bedömning av vägars restvärde. Det bör vara integrerat med andra närliggande system. Uppgiften kräver en komplex hantering av mätningar och modeller som är systematiserade för att uppskatta framtida tillståndsutveckling. Därför finns det goda möjligheter att även systemet kan användas vid dimensionering, förstärkning, underhållsplanering samt drift- och underhållskalkyler och LCC där längre tidsperspektiv krävs. Systemet bör också utvecklas i takt med att verktygen för ovanstående utvecklas.

## 1.2 Metod

### *Syfte med studien*

Huvudsyftet med studien är att ta fram ett underlag för hur restvärde ska användas i framtiden. I detta ingår förslag till ramverk för restvärdesbedömning samt exempel på olika användningsområden.

### *Metod*

Studien har gjorts genom att inledningsvis sammanställa litteratur och tillgängliga kunskaper om vägtekniska aspekter på restvärde och långsiktig förvaltning. Även andra områden än vägar har inkluderats, t.ex. fastigheter och skogsbruk. Vidare har befintliga förhållningssätt analyserats. Slutligen har koncept och begrepp bearbetats samt förslag på övergripande ramverk/metodik utarbetats.

### *Studiens omfattning*

Studien diskuterar restvärde hos väganläggningar utifrån:

- Litteraturstudier och sökande efter liknande problem och hantering av dessa inom andra områden
- Begrepp och metodik - utredning av behov av nomenklatur, praxis och samråd
- Tillgängliga metoder – översiktlig kartläggning av

tillgängliga metoder för värdering av vägar

- Tillstånds- och nedbrytningsmodeller
- Inventering av problem vid tillämpning av restvärdesbedömning
- Värdering i monetära enheter
- Förslag till ramverk för bedömning av vägar
- Framtida behov av utveckling.

#### *Begränsningar*

Rapporten går inte in i detalj på hur mätningar skall utföras och hur dessa sedan ska leda fram till bedömningar av åtgärdskostnader. Detta lämnas till ett efterföljande projekt, när ramverket och typ av bedömningar har identifierats.

### 1.3 Bakgrund

#### *Säkerställa långsiktiga investeringar vid upphandling på funktion genom krav på restvärde*

Att kunna bedöma restvärde är viktigt vid upphandling av funktion. Utan tvekan kommer fler och fler investerings- och underhållsprojekt startas där uppnådd funktion ligger till grund för ersättning. Det är uppenbart från dessa projekt att detta sätt att upphandla innebär **risker** för både beställare och entreprenör. Det är därför av stor betydelse att man har pålitligt och robust underlag för att åstadkomma en fullgod reglering och utformning av kontrakt. De krav som ställs skall tillfredsställa både beställarens och entreprenörens behov. Kraven måste vara tydliga, bedömningsbara och säkerställa funktion på både kort och lång sikt. Ytterst är renodlade **totalentreprenader med funktionella krav** beroende av att framtida tillstånd och kostnader för vidmakthållande kan bedömas genom objektiva metoder som alla parter är överens om. Av särskilt intresse vid kravställande är att kunna bedöma tillstånd på längre sikt än kontrakterad garantitid. Detta kan betraktas som en typ av restvärde. Problematiken återfinns även vid garantibesiktningar på vanliga generalentreprenader.

Investeringar i väganläggningar är kostsamma och förväntas i regel generera nytta under lång tid, betydligt längre tid än de längsta kontraktstiderna. För väghållaren är det därför förknippat med en betydande risk i att släppa traditionella krav i samband med nybyggnad och istället förlita sig på funktionskrav. Det är viktigt att i rimlig mån **säkerställa att väganläggningen är långsiktigt hållbar** och därmed kräver rimligt låg insats av underhåll i framtiden. Det är också viktigt att även strategierna för underhåll är sådana att en rimlig långsiktighet erhålls så att inte strukturella brister uppstår. Dessa problemställningar är dock inte unika för upphandlingar på funktion utan kan lika gärna uppstå när utförande upphandlas inom en pressad budget.

*Restvärde är svårt att mäta – alternativet att ställa krav på utförande*

Restvärdet är i detta sammanhang viktigt men svårt att mäta. I dagsläget finns ingen metod för att fullt ut uppskatta en vägöverbyggnads restvärde efter en viss garantitid. Detta innebär att icke direkt funktionella krav ofta ställs för att säkerställa restvärdet, vilket innebär utförandekrav och kontroll av utförande. I annat fall riskeras kosmetiska åtgärder för att kortsiktigt upprätthålla standard enligt ställda funktionskrav.

*Metodiken för bedömning av restvärde kan ha många tillämpningar*

En annan tillämpning av restvärdesbedömning är i drift och underhållskalkyler vid t.ex. samhällsekonomiska analyser (EVA, Samkalk), budgetplanering eller optimering och optimering av investeringar genom LCCA. Sverige har idag bland de längsta kalkylperioderna i Europa (HEATCO), 40–60 år, och det är inte troligt att kalkylperiodens längd kommer att öka (Gagliano, Blab, & Kappl, 2004). Kortare kalkylperioder innebär med nödvändighet att restvärde måste tas med i kalkylerna så att t.ex. investeringar i broar, tunnlar och geoteknik får sitt rättmätiga värde utifrån sin tekniska livslängd som krävs vid dimensionering.

## 2 Begrepp och metodik

Det är uppenbart att begreppet restvärde kan ha olika betydelse i olika sammanhang. Det är därför viktigt att de begrepp som används kan identifiera ingående beståndsdelar och kan precisera mening och innehåll. Detta för att man ska kunna diskutera och arbeta i samma riktning. Nedan beskrivs begreppet ur en ekonoms perspektiv samt hur restvärde kan tillämpas på byggande och förvaltning av vägar.

### 2.1 Begreppet restvärde ur en ekonoms perspektiv

*Begreppet restvärde inom ekonomi kopplat till bokföring av intäkter, utgifter och tillgångar*

Syftet med denna text är att kort klargöra vad det som menas med ett restvärde i företagsekonomi och svårigheten att använda det inom ramen för en funktionsupphandling. En företagsekonomisk betraktelse är att en traditionell investering som ett företag gör bokförs som en tillgång i balansräkningen. I takt med att tillgången används så gör man avskrivningar på tillgångens värde som bildar kostnadsunderlag i en resultaträkning. Normalt så finns det skattemässiga riktlinjer för hur man ska skriva av tillgångar för att rättvist spegla dess värde. Syftet med detta förfarande är att ge olika intressenter kring ett företag en korrekt bild av företagets substansvärde och årliga resultat. Ett företag kan även göra egna interna avskrivningar enligt särskild plan, men det är mindre vanligt i annat än större företag.

*Kostnader och intäkter bokförs över kalkylperiod*

När beslutet om en investering tas så föregås det normalt av en investeringsanalys där kostnader och intäkter under en viss period sammanställs. Den period som man väljer brukar benämnas kalkylperiod eller ekonomisk livslängd. Den varierar som sagt mellan olika typer av investeringar. Man ska också vara medveten om att en ekonomisk livslängd kan skilja sig från en teknisk livslängd. Normalt är den senare längre, dvs. en investering fungerar rent tekniskt, men behoven och kostnaden för att upprätthålla funktion kan ha förändrats över tid.

*Restvärde är ett etablerat begrepp inom bokföring – en intäkt som går att realisera*

När en tillgång är avskriven så har hela investeringen kostnadsförts i företagets bokföring och den kan avföras från anläggningsregistret. Därmed inte sagt att den är värdelös. En maskin som är inköpt för ett antal år sedan, fullt avskriven har ofta ett värde på en andrahandsmarknad efter kalkylperiodens utgång. En fastighet som ägs kan ha ett högt restvärde beroende på dess läge, skick och utformning. Skulle företaget välja att sälja maskinen eller fastigheten så bokförs den försäljningen som en intäkt och förbättrar därmed företagets resultat. Den ekonomiska meningen av ett restvärde är med andra ord den intäkt som går att realisera vid en försäljning. Restvärdet kan även vara negativt om det handlar om en investering som kräver sanering eller återställning när den tas ur bruk som i fallet med en grustäkt.

*Poängtera att det inte handlar om att koppla värde till försäljning utan till vinsten bortom kalkylperioden*

Parallellen till en väg- eller järnvägsinvestering hamnar dock i en del problem. Det är viktigt att poängtera att dessa restvärden inte handlar om att fastställa hur mycket vägen är värd i slutet av kalkylperioden, utan snarare om att schablonmässigt beräkna den samhällsekonomiska vinsten som ligger bortom kalkylhorisonten. Den går dock inte att enkelt realisera genom en försäljning av vägen. Begreppet restvärde är en aning olyckligt valt eftersom det har en tydlig mening i ett företagsekonomiskt perspektiv som inte är giltig i fallet väginvesteringar.

*Restvärdet är skillnaden mellan nyttor och kostnader*

Trafikverket beräknar traditionellt inte några restvärden vid infrastrukturinvesteringar, utan använder i stället en lång kalkylperiod. Självklart har även dessa investeringar ett värde efter kalkylperiodens utgång, men kan inte realiseras genom en försäljning. Det egentliga **värdet** hos vägar och järnvägar ligger i **skillnaden mellan de diskonterade kostnader och nyttor som investeringen genererar i framtiden.**

*Optimering av anläggningen vid kontraktstidens slut*

En av problemställningarna vid ett funktions- eller OPS-kontrakt består i att säkerställa att kvaliteten på investeringen kan fastställas till en viss nivå vid kontraktstidens slut. Om inte så riskerar man att få en anläggning i sämre skick än vad som avsågs vid kontraktstidens början. Att däremot kunna beräkna vad anläggningen är värd vid kontraktstidens slut, dvs. ett restvärde, är i sig inte meningsfullt.

Fokus bör ligga på vilka egenskaper anläggningen har vid sluttidpunkten och hur dessa förhåller sig till de krav som ställts samt väghållarens framtida kostnader för anläggningen. Att maximera investeringens nettonuvärde vid kontraktstidens slut är en viktig del som kräver en ekonomisk analysmodell som beställare och utförare är överens om, men att använda begreppet restvärde för det ändamålet är inte självklart eftersom begreppet är inmutat i andra sammanhang.

## 2.2 Begreppet restvärde tillämpat på byggande och förvaltning av vägar

*Begreppet värde*

Under arbetet med denna rapport har begreppet restvärde ifrågasatts av både författare och Trafikverkets personal och andra förslag på begrepp har diskuterats. Utan större framgång kan tyckas eftersom begreppet ändå föreslås leva kvar. Begreppet restvärde har dock satt sig och det har vissa poänger som är värda att lyfta fram, även om viss brist på stringens kan skönjas. Det semantiska problemet är att en **värdering** i kronor och ören inte behöver ingå i rapportens tillämpning av begreppet **restvärde**, vilket kan upplevas motstridigt. Ett värde är dock inte alltid ett monetärt eller matematiskt värde i svenska språket utan kan även vara ett mer **filosofiskt värde**. Om något är positivt har det ett värde, t.ex.

trygghet (Nationalencyklopedin, 1998). Likaså kan en **värdering** resultera i en åsikt, omdöme eller uppfattning, liksom siffror i enheten kronor och ören.

*Mått på restvärde*

Värde kan givetvis värderas i pengar men i fallet med vägar även beskrivas i termer av **livslängder** i år eller **ekvivalenta antal standardaxlar** såsom vid dimensionering. Detta har i sin tur en direkt koppling till kostnader för underhåll av vägen.

*Definition av restvärde*

Restvärdet, alltså vinsten bortom kontraktstiden, hos en väg vid en tidpunkt bestäms av den nytta vägen för med sig med avdrag för framtida kostnader för drift och underhåll. Det har diskuterats om även kostnaden för investering i en motsvarande väganläggning ska ingå som en parameter.

*Risk bör ingå i restvärdet*

Risker för större kostnader för förvaltning än förväntat måste delvis ses om en kostnad. Sannolikt infaller vissa olyckliga omständigheter, särskilt om konstruktioner och metoder är nya och erfarenheterna begränsade. Detta innebär att nya och oprövade koncept för byggande och underhåll kostar lite mer i restvärdesbedömningen i jämförelse med den förväntade kostnaden för förvaltning. Det lönar sig således för alla att bygga upp erfarenheter. Att värdera risker är naturligtvis vanskligt. Det kan göras genom exempelvis Monte-Carlo simuleringar\* men även genom enkla beräkningar såsom vid successiva kalkyler [= (lågsta värde + högsta värde + 3\*medelvärde)/5]. Ett annat sätt att hantera risker är att undvika dem eller planera hanteringen av olika situationer så att konsekvenserna mildras. Minskad risk för kostnader höjer i detta fall restvärdet.

*Formulering av restvärde*

För just vägöverbyggnader används fortsättningsvis följande definition av restvärde (utan att närmare precisera begreppet nytta):

$$\text{Restvärde} = f_1(\text{nytta}) - f_2(\text{förvaltningskostn. inkl. förstärkning})$$

Sen tillkommer att definiera tider över vilken nyttan och förvaltningskostnaden ska bedömas samt hur dessa ska beräknas. Fokus kommer fortsättningsvis att ligga på kostnaderna.

*Tekniskt restvärde*

För att skilja på ekonomiskt restvärde som används som begrepp inom företagsekonomi och det restvärde som tillämpas här kan termen **tekniskt restvärde** användas.

---

\* Vid Monte-Carlo simuleringar kan parametrar beskrivas genom fördelningar, till skillnad från enstaka (deterministiska) värden. Beräkningar genomförs i stor mängd med deterministiska värden som slumpas fram ur fördelningarna. Resultatet erhålls som en fördelning från dessa beräkningar *en masse*.



*Alternativa begrepp* Inom broförvaltning har begreppet kapitalbrist myntats. Kapitalbristen baseras på behovet av medel för de planerade åtgärderna samt tillgången på medel. På detta sätt värderas brobeståndets tillstånd i pengar. Detta är användbart eftersom ett kostsamt trendbrott kan upptäckas eller att effekter av ändrade standarder kan värderas. På liknande sätt har ett projekt genomförts av Trafikverket (f.d. Vägverket) där syftet varit att värdera vägkapitalet. Vägkapitalet är här en funktion av återanskaffningsvärdet minus åtgärder för underhåll så att tillståndet förbättras till ursprunglig nivå.

## 2.3 Identifiering av behov

*Nytta med koncept för bedömning av restvärde* Diskussionen om nytta med restvärde för vägar skulle naturligtvis aldrig uppstå om det fanns en marknad för vägar med tydliga intäkter för ägaren. Nu gör det inte det men det kan konstateras att det finns en poäng i att ett vägavsnitt eller ett vägnät värderas. I detta arbete kan framför allt tre behov för restvärdesbedömning identifieras:

- Upphandlingar med funktionskrav, underhåll (objekt och nät), nybyggnad (total- och funktionsentreprenader, inkl. OPS)
- Långsiktighet vid LCC och investeringsanalyser
- Långsiktighet i förvaltning.

I alla tre fallen är det väghållaren som är avnämaren med sitt ansvar att utveckla och förvalta vägnätet på ett optimalt sätt. Det kan också konstateras att kostnaderna för väghållaren är det centrala i sammanhanget och att övriga samhällsekonomiska nyttor och kostnader förmodligen kan lämnas därhän i stor utsträckning. Om däremot tekniska lösningar medför stor risk för framtida nyttor och kostnader måste detta på något sätt vägas in.

*Funktionskrav – korta tider* Som tidigare diskuterats är det viktigt att **funktionskrav** kan kompletteras med krav som säkerställer långsiktigt hållbara väganläggningar. I detta fall kan restvärdet vara viktigt om livslängden på en komponent väsentligt överstiger kontraktstiden eller när utbyte eller reparation av en komponent innebär en väsentlig fördyring jämfört med en väl förvaltd komponent. Vid korta kontrakts- eller garantitider är det omöjligt att säkerställa restvärde enbart genom funktionskrav på vägytan (inkl. t.ex. fallvikt) utan antingen måste krav ställas på dimensionering (och därmed kontrolleras under byggandet) eller så ställs krav utifrån ett restvärdestänkande.

*Funktionskrav –  
långa tider*

Problemet med kortsiktighet kan även uppkomma vid långa kontraktstider med underhållsansvar när annars incitament finns att köra anläggningen i botten i slutet av kontraktstiden. Det finns exempel på att detta problem lösts genom att fastställa funktionskrav som gäller vid överlämnandet. Detta riskerar leda till kosmetiska åtgärder som beställaren får betala för, men inte kan påverka inriktningen på, och sen får leva med. Ur beställarens synvinkel kan det vara bättre att själv kunna styra hur underhållet sköts i samband med överlämnandet efter kontrakt. Återigen belyses behovet av att tillämpa ett restvärdestänkande.

Problematiken där restvärde kan appliceras är således förekommande i både total- och funktionsentreprenader samt vid både nybyggnad och underhållsentreprenader.

*Bonus och vite*

Bonus och vite är viktiga styrinstrument som kräver balanserade nivåer på ekonomiska belopp men även skarpa kopplingar till objektiva värderingar av utförda resultat på vägen. Beställaren måste utgå från sin uppfattning om vilken nivå på vägytestandard som eftersträvas och sin strategi för beläggningsunderhåll för att bedöma rimliga nivåer på funktionella krav och därtill kopplade bonus och vitesbelopp. Om inte denna koppling är noggrant avvägd kommer antingen undermålig standard eller överstandard att erhållas. Överstandard är dock kostsamt och ger högre anbudspriser **både** på grund av det extra arbetet under produktionen men även i form av en riskkostnad. Genom restvärdesbedömningar för olika standardnivåer erhålls en koppling mellan kravnivå och beställarens kostnader. Detta skall i sin tur reflekteras i motsvarande belopp för bonus och vite så att entreprenören på detta sätt kan tjäna pengar åt beställaren genom att lägga sig på rätt standardnivå till rätt pris.

*Investerings-  
bedömningar  
inkl. LCC*

Samhällsekonomiska **kalkyler vid investeringar** görs i ett perspektiv om 40 eller 60 år. I ett internationellt perspektiv är detta lång tid men ur väganläggningens och vissa komponenters perspektiv är detta förmodligen kort tid (det är t.ex. inte rimligt att anta att de motorvägar som byggdes i tätort under 1970-talet ska tas ur bruk under det decennium som snart börjar). Dessa båda perspektiv kan jämkas samman om restvärde bortom kalkylperioden införs i den samhällsekonomiska analysen, såsom är tradition vid LCC. Detta kan bidra till en viss långsiktighet även om nuvarande kalkyler med diskonteringsränta dämpar effekterna av åtgärder som krävs långt fram i tiden. Dagens diskonteringsränta om 4 % innebär att nuvärdet av en investering om 60 år bara är 9,5 % av detta belopp. Eftersom alla bärande konstruktioner i väganläggningar dimensioneras för längre livslängder förefaller det finnas en diskrepans mellan tekniska regelverk och kalkylreglerna i detta fall.

*Premiera bärighet och beständighet inom förvaltning*

Idag förvaltas vägnätet genom uppföljning av primärt IRI och spårdjup. Dessa parametrar säger i sig egentligen inget om den strukturella konditionen på vägnätet. Om spårdjup och IRI enbart får agera ledstjärna riskeras en kortsiktig **förvaltning**. För att till del råda bot på situationen öronmärks pengar till bärighetshöjande åtgärder. Det vore önskvärt om mer **långsiktiga mål** kunde formuleras så att beslut om väghållningen kunde tas både på kort och lång sikt kring en och samma kassa med pengar. Paralleller kan dras till arbete med LCC där möjligheter till totaloptimering kan identifieras.

*Effekter på samhälle och trafikanter*

Effekter på samhället bör hållas utanför denna diskussion. Grundtesen bör vara att kostnaderna ska uppskattas för att vidmakthålla en given nivå på funktion. Det finns dock exempel på problem som innebär att samhället drabbas av tekniska lösningar när inte funktionen kan upprätthållas. Det tydligaste exemplet är störningar i samband med åtgärder. Återkommande och omfattande åtgärder skapar större störningar för trafiken, särskilt på mer högt trafikerade vägar. Vid problem nere i vägkonstruktionen ökar dessa problem och behovet av omledningar ökar.

*Övrigt*

Komponenterna som ingår i bedömningen av restvärde är givetvis allmängiltiga i sig och kan användas i andra sammanhang. Modeller för dimensionering, förstärkningsprojektering och åtgärdsplanering av underhåll kan vara desamma som ligger till grund för restvärdesbedömning eller vice versa. Om modellerna ingår i en struktur för värdering kan detta förmodligen bidra vid lönsamhetskalkyler när förstärkning ställs mot kostnader för framtida underhåll.

### 3 Tillgängliga metoder och verktyg

Att kunna bedöma en vägkonstruktions framtida underhållsbehov är en viktig parameter för att beräkna restvärde. Nedan ges en översikt över idag kända metoder för att säkerställa vägöverbyggnaders nuvarande och förväntad framtida tillståndsutveckling. Kopplingen mellan parametrar i metoderna och faktiska värden på restvärden eller åtgärds-kostnader återstår dock att skapa.

#### 3.1 Vägytemätningar

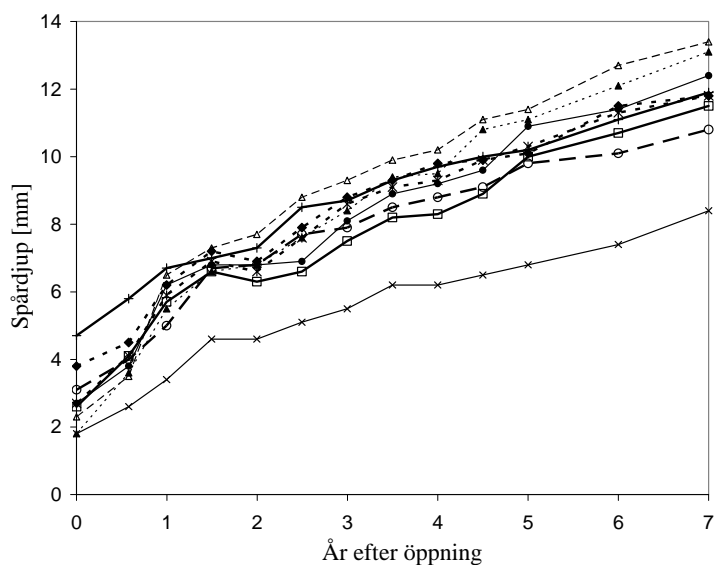
*Tillståndsutvecklingen följer ofta mönster*

Tillståndsutvecklingen beskriven som spårdjup (och i viss mån IRI) hos konventionella vägöverbyggnader följer ofta en logisk utvecklingskurva. Det är således möjligt att förutsäga när kommande åtgärder bör bli aktuella om tillräcklig kunskap om vägens historik finns. I figurerna nedan kan trender i form av spårtillväxt per år observeras. Spårbildning utvecklas tydligare vid större trafikflöden. Vid längre åtgärdsintervall får inverkan av åldring, beständighet och klimat större genomslag i tillståndsutvecklingen. Vid lägre flöden är skadebilder mer komplexa och i praktiken blir lokala åtgärder mer optimala (lappa och laga). Lokala åtgärder leder till oförklarliga variationer år från år i vägytemätningarna som i sin tur omöjliggör extrapolation av tillstånd framåt i tiden.

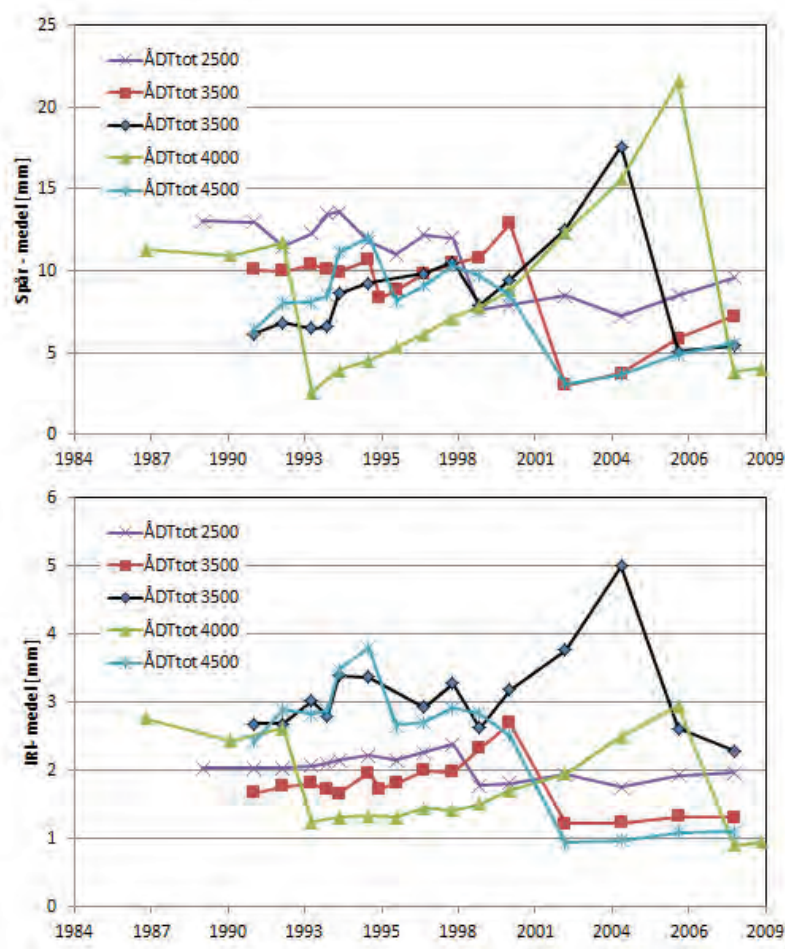
Ett koncept för restvärdesbedömning vid avlämnandebesiktning baserat på trender i tillståndsutveckling har föreslagits av Grennberg och Olsson (1996). Beläggningsåtgärder är olika effektiva i att sänka värden på spårdjup och IRI. Om inga väsentliga förändringar gjorts i väggroppens uppbyggnad kan tidigare tillståndsutveckling ifråga om spårdjup och IRI förväntas fortsätta. Modeller för tillståndsutveckling finns idag och används bl.a. för att prognostisera framtida underhållsbehov.

*Trender i tillståndsutvecklingen kan korreleras till restvärde*

Detta resonemang medför att det bör föreligga en nära koppling mellan uppmätta trender i (lutningen hos) tillståndsdata under perioder då inga åtgärder gjorts och väghållarens framtida kostnader för beläggningsunderhåll. Ett grundläggande problem med tillvägagångssättet är att inga åtgärder som påverkar spårdjup och IRI (medelvärden över 20 m) kan tolereras. Med tanke på påverkande faktorer vid vägytemätningar med mätbil bör mätningar göras under en obruten period av minst fem år, med väl valda mellanliggande mätningar för att säkerställa bedömningen av tillståndstrender. Minst tre mätningar bör göras under denna tid. Som exempel på påverkande faktorer kan nämnas effekter av initial efterpackning (som bör exkluderas ur framtida trendbedömning).



Figur 1 Spår djupsutveckling under sju år efter trafiköppning för olika överbyggnadstyper med samma trafik. Motorväg E6 Halland ÅDTtot ca 11 000 f/dygn varav ÅDTtung ca 1800.



Figur 2 Medel för spår djup och IRI på länsväg 172 Uddevalla–Bäckefors för valda sträckor (>1 km). Samtliga sträckor byggda före 1976.

*Nya mått* Traditionellt har spårdjup och IRI använts i stor utsträckning för att beskriva vägytans tillstånd utifrån vägytemätningar. Förmågan hos dessa mått att beskriva tillståndet ifrågasätts ofta. Andra mått har föreslagits som alternativ eller kompletteringar. Fördelen med spårdjup och IRI är att långa tidsserier med mätdata finns tillgängliga vilket gör jämförelser över tiden mer rättvisa. Med dagens möjligheter att lagra och bearbeta data öppnar sig dock helt nya möjligheter.

## 3.2 Mätning av väggroppens beskaffenhet

Mätning av lagertjocklekar och identifiering av material är ett sätt att värdera väggroppens beskaffenhet. Därtill kommer att antal metoder som beskrivs nedan som söker mäta funktion snarare än utförande.

### 3.2.1 Fallviktsmätning

*Fallviktsresultat ger info om bärlighet* Med fallvikt mäts överbyggnadens respons på en kortvarig, dynamisk last som framkallas med en fallande vikt. Genom ett fjädersystem mellan fallande vikt och beläggning fås en dämpning av fallet så att belastningen sträcks ut över en tid och en yta som motsvarar överfart av trafik. Responsen i form av vägytans deformationer mäts under fallviktsbelastningen och ger en uppfattning om vägens bärlighet, dvs. förmåga att bära trafiklast.

*Felkällor* Kopplingen mellan resultat från fallviktsmätningar och vägens faktiska tillstånd är betydligt mer komplicerad än vad ovanstående kan ge sken av. En vägöverbyggnad kan uppvisa en mjuk respons utan att för den skull vara kritiskt belastad, t.ex. vägen är byggd på mjuk undergrund eller om mätningen görs i solsken och värme (varm och därmed mjuk beläggning). Fallviktsdata måste därför tolkas, trots att trafiklast relativt väl simuleras.

*Tolkning som ger bild av nedbrytningen under hela året* Tolkning av fallviktsdata bör ha som utgångspunkt att översätta resultat till förhållanden av representativ eller kritisk karaktär för vägens tillståndsutveckling. Vid dimensionering enligt VVTK Väg (Tekniska krav Väg) är det praxis att värdera töjningar i underkant beläggning samt på terrassyta vid representativt klimat och belastning. Ett liknande förhållningssätt kan ansättas vid tolkning av fallviktsdata, se nedan. Ett annat sätt att tolka fallviktsdata är att empiriskt jämföra fallviktsmätningar med tillståndsdata. Därvid bör inverkan av förhållanden vid själva mättillfället normaliseras, t.ex. inverkan av beläggningstemperatur på fallviktsdata. En viktig nackdel med fallviktsmätningar är just hur denna normalisering kan utföras så att en god bild av vägens tillståndsförändring under flera år kan erhållas och inte bara just vid själva mättillfället. Betänk att bärlighetsrelaterade skador ofta uppkommer under tjällossning när inte fallviktsmätningar görs.

*SCI300 kan relateras till spår- och sprickbildning*

I en VTI rapport ”Prognosmodell för spårutveckling orsakad av tung trafik – Delmoment för nybyggnation” presenteras en modell för spårdjupsutveckling baserad på SCI300 (Göransson, 2007). SCI300 är ett mått på vägytans krökning på avståndet 300 mm från fallviktens belastningscentrum där SCI står för Surface Curvature Index. Modellen har tagits fram ur vägytemätningar på svenska vägnätet som lagrats i LTPP-databasen (Long Term Pavement Performance). Det finns ett utkast till motsvarande modell för initiering och propagering av sprickor som baseras på SCI300. Detta mått är dock sannolikt mest kopplat till beläggningens egenskaper och mindre till djupare liggande lager i vägkroppen med tanke på den korta krökningsradien för deformationer relaterade till SCI300.

*Används för att uppskatta förstärkningsbehov*

Det finns en mängd metoder världen över som går ut på att ta reda på hur stort behov av förstärkning/underhåll som föreligger på vägar för att upprätthålla funktion under en viss period. Ofta uttrycks detta i termer av återstående livslängd, t.ex. återstående tillåtna antal standardaxlar. I regel omsätts kunskapen om återstående livslängd hos befintliga vägar till hur mycket extra beläggning som krävs för att vägen ska hålla avsedd tid. VVMB 114 beskriver hur dessa beräkningar kan göras.

### 3.2.2 Georadar och seismik

*Georadar*

Georadar har utvecklats under senare år och kan ge en hel del information om vägkroppens beskaffenhet. Exempelvis bedömning av lagertjocklekar, eventuella avvikelser i form av block eller forensisk analys av på ytan observerade skador. I framtiden finns potential för ytterligare information om exempelvis fukthalter. För ytterligare info se t.ex. Saarenketo & Scullion (2000).

*Seismik*

Seismik är ytterligare ett område som gynnas av utvecklingen på IT-sidan. Seismik kan ge information om styvheten i olika lager i vägkroppen. Tekniken är under utveckling och bör övervägas som framtida alternativ för mätningar. För ytterligare info se t.ex. Ryden (2009).

### 3.3 Accelererad provning

*Överbryggar modellering från lab till fält*

Med accelererad provning avses provning med riktiga hjul på riktiga vägöverbyggnader men där belastningen och överfarterna kontrolleras och genereras i snabb takt. Vanligen körs åtskilliga tusen överfarter varje dygn så att nedbrytningen sker snabbare (”accelererad”) i jämförelse med i fält. På detta sätt kan mätningar och analyser göras under rimlig tid för nya konstruktioner som annars skulle kräva flera års studier i fält för motsvarande erfarenheter, dock med osäkerheter kring yttre faktorer kopplade till

okontrollerat klimat och trafik samt osäkerheter i grundförhållanden. I försök med HVS kontrolleras alla betingelser noggrant och mätningar görs både i vägkroppen och på vägytan. Accelererad provning kan därmed användas för att verifiera olika modeller som beskriver restvärde för olika konstruktioner.

#### *Svenska maskiner*

I Sverige finns HVS (Heavy Vehicle Simulator) som kan belasta i fält med upp till 11 ton på ett hjul med ca 24 000 belastningar per dygn. HVS kan även förses med klimatkammare.

VTI:s provvägsmaskin simulerar bl.a. dubbdäcksslitage men har under senare år mest använts för studier av partiklar. I provvägsmaskinen körs upp till fyra personbilsdäck i en cirkulär bana i hastigheter upp till 70 km/h.

Wheel tracking är en belastningsutrustning i mindre skala som i regel används för att simulera spårbildning vid högre temperaturer. Metoden kan ses som ett mellanting mellan labmetod och accelererad provning. Metoden är dock mer av mätning av asfalt-lagers prestanda under simulerad trafik än mätning av material-egenskaper.

### 3.4 Labmetoder för undersökning av nedbrytningsmekanismer och orsaker till trendbrott i tillståndsutvecklingen hos vägar

#### *Labmetoder kan påvisa risk för framtida trendbrott*

Kunskaper om material som kan kopplas till livslängd eller förväntad prestanda på lång sikt är av stor vikt för bedömning av restvärde. Särskilt mekanismer som uppvisar trendbrott i tillståndsutvecklingen är av intresse eftersom de ofta inte kan påvisas genom att observera tillståndet i fält under en rimlig tidsperiod. Genom labprovning kan man få en uppfattning om hur materialets prestanda kommer att förändras på längre sikt. Labmetoder kan således vara ett viktigt komplement i restvärdesbedömningar.

#### *Orsaker till trendbrott vid nedbrytning*

Nedanstående mekanismer kan leda till förändringar eller trendbrott i nedbrytningsförloppet:

- Utmattning
- Permanenta deformationer i bundna lager (plastiska)
- Åldring
- Beständighet mot klimat (vatten och temperatur)
- Kombinationer av ovanstående.

Märk väl att vägöverbyggnader är samverkande konstruktioner vilket betyder att tjällossning i terrassen kan leda till ödesdigra skador på exempelvis slitlagret. Av de ovan nämnda mekanismerna bakom nedbrytning brukar utmattning och därtill hörande sprickbildning i asfalten särskilt framhållas. Ända sedan AASHO-försöken har graden av påkänning i asfalten ansetts viktig, som i sin tur kan kopplas till spricktillväxt.



*Omfattande flora av labmetoder*

Att redogöra för state-of-the-art avseende labprovning inom ovanstående områden för samtliga vägbyggnadsmaterial är inte möjligt i denna rapport. Därför ges istället några kortare kommentarer med särskild inriktning på skademekanismer som kan orsaka trendbrott i tillståndsutvecklingen. För varje mekanism finns ett flertal labmetoder som mer eller mindre framgångsrikt kan användas för undersökningar.

*Utmattningsegenskaper*

**Utmattningsegenskaper** kan bedömas på både asfalt och betong. Utmattningsprocessen brukar indelas i flera faser: sprickinitiering, sprickpropagering och brott. Precisionen i nuvarande metoder är dock låg eftersom längden på sprickinitieringsfasen beror av komplexa samband, men intressant forskning och utveckling pågår. Modellerna har traditionellt använts vid dimensionering av vägöverbyggnader och inom materialutveckling. Här pågår forskning och en kraftsamling görs för närvarande i Sverige, särskilt på KTH.

*Permanent deformationer i bundna lager*

**Permanent deformationer** i asfalt vid höga temperaturer, ofta kallat plastiska deformationer, uppkommer sommartid med sol när beläggningens stabilitet är undermålig. I Sverige används provning genom dynamiskt kryptest där en uppfattning om materialets deformationsresistens vid 40 grader erhålls. Det finns även här en mängd provningsmetoder och modeller som kan prediktera deformationer enligt mer eller mindre fundamentala samband. Det har dock hittills visat sig svårt att prediktera spårutveckling baserat på enbart laboratorieförsök. Flertalet provningsmetoder är utvecklade för kvalitetskontroll, vilket inte nödvändigtvis innebär att prediktioner kan göras. Idealiserade modeller för visko-elastiska och visko-plastiska material finns som väl tycks beskriva asfaltmaterial. Utveckling av modeller pågår både i Sverige och utomlands där mer fundamentala samband används och gott hopp finns om att kunna prediktera spårbildning på vägar i bundna lager. Mer information kan erhållas i Oscarsson (Oscarsson, 2011).

*Åldring*

**Åldring** är förändringar i materialegenskaper till följd av naturliga processer över tiden. Oxidation av bitumen i asfalt och karbonatisering av betong är två exempel på åldring. För att kunna undersöka åldring under rimlig tidsåtgång krävs att förloppet accelereras. Idag finns ingen vedertagen metod för att undersöka åldring i asfaltmaterial. Istället säkerställs kraven på åldring genom provning på bitumen. Hastigheten i åldringsprocessen i fält är dock mycket beroende av exempelvis asfaltens hållrumshalt (dvs. inte enbart kopplad till bitumen och aktuella temperaturer).

*Beständighet och  
övriga klimat-  
relaterade  
mekanismer*

**Beständighet** är ett vitt begrepp (ofta används det dock snävt om beständighet mot vatten och kemikalier). Ofta är det klimatfaktorer som bryter ned materialet eller gör det mer känsligt för skador. Exempel på beständighetsrelaterade skador med potential att påverka tillståndsutveckling är:

- frys-tö cykler i kombination med vatten, som kan skada bundna material men även vara negativt om cyklerna ligger i terrassnivån
- vatten, som kan skada asfalt genom att bitumen kläs av från stenmaterialet i asfalt.

Några ytterligare faktorer är låga temperaturer och tjäle. Oväntat låga temperaturer kan ge kontraktionssprickor i asfalt. Tjäle kan definitivt utgöra en risk för trendbrott för tillståndets utveckling.

Att mäta och uppskatta hur beständigheten kommer att påverka tillståndet är generellt svårt. Ofta uppkommer skador under en begränsad period då förutsättningarna för vägen varit särskilt ogynnsamma. Genom provning i lab där t.ex. frys-tö cykler ingår eller där kornstorleksfördelningen hos obundna lager bestäms, kan dock en kvalificerad bedömning av risken för skador göras.

*Labprovningar  
nödvändiga för  
bedömning på  
lång sikt*

Slutsatsen är att labprovning är nödvändig om materialens förmågor på lång sikt ska kunna bedömas. Utveckling av nya och förbättrade metoder sker kontinuerligt. Utvecklingen tar tid, och tillämpningen inom restvärdesproblematiken följaktligen likaså, eftersom dessa måste korreleras till relevanta parametrar i fält under rimligt lång tid för att få verklig acceptans.

## 4 Tillstånds- och nedbrytningsmodeller

För att beräkna livslängd och funktion över tid på en konstruktion används data-modeller. För uppskattningar av restvärde kan dessa vara intressanta. Ofta är modellerna empiriska, dvs. baserade på tidigare erfarenheter av en viss konstruktion. Nedan ges exempel på några modeller.

### 4.1 Empiriska modeller för vägytans funktionella tillstånd över tid

Empiriska modeller kopplar främst yttre parametrar (faktorer som kan observeras på vägen) till tillståndsutveckling såsom spår- och sprickutveckling. Ett par exempel på modeller som tagits fram är:

LTPP – sprickor baserat på SCI300 och N100 (Hammarström, Göransson, & Yahya, 2008; Wågberg, 2001).

LTPP – spår baserat på SCI300 och N100 (Göransson, 2007)

HDM-modeller för sprickor och spår (Odoki & Kerali, 2000)

N100 står för antal överfarter med 10 tons axel medan SCI300 beskrivs närmare ovan under avsnittet om fallvikt. Nackdelen med empiriska modeller är att de bara gäller för de förhållanden som rådde under den tid data (empiri) samlades in. De är okänsliga för många av de viktiga faktorer som vi vet påverkar vägens tillståndsutveckling.

### 4.2 Semi-empiriska modeller för vägens funktionella tillstånd över tid

I semi-empiriska modeller kopplas både yttre och inre (faktorer hos material och vägens uppbyggnad) parametrar till tillståndsutveckling med en teoretisk grundansats. Ett par exempel på modeller är:

- VTI:s slitagemodell (Jacobson & Wågberg, 2007)
- TK modeller för livslängd hos vägöverbyggnader (Vägverket, VVTK (avsnitt 4.4.4.4 och 4.4.4.5), 2008)
- VVMB 301, dimensionering med hänsyn till tjällyft (Vägverket, VVMB 301 Beräkning av tjällyftning, 2001)
- Modeller i US Design Guide (NCHRP, 2004)

Dessa modeller kan i högre utsträckning prediktera inte bara historisk tillståndsutveckling utan även till viss del framtida tillståndsutveckling med hypotetiska yttre och inre faktorer. I praktiken är dock modellerna fortfarande mycket bristfälliga för den specifika tillämpningen att försöka förutsäga framtida tillståndsutveckling och behov av underhåll. De är mer ämnade till att med hänsyn till yttre faktorer ge en rimlig standardlösning på vägkonstruktion.

### 4.3 Funktion hos material och lager över tid

*Nya material kräver modeller och provning*

Modeller som förutsäger framtida funktion hos väggyta eller väggkropp bygger på ett visst mått av empiri, vilket gör att modellerna endast är giltiga för beprövade konstruktioner och material som redan används och där vi har fastställt samband. Om nya material eller konstruktioner tas i bruk blir det nödvändigt att även studera och verifiera enskilda material och lager var för sig. Att bedöma framtida utveckling av funktion och underhållsbehov blir att lägga ett pussel där information om ingående lager och dess samverkan utgör pusselbitarna. Materialprovningen kan antingen syfta till att förutsäga framtida prestanda eller förenklas till att säkerställa framtida prestanda. I det senare fallet kan ett kriterium för godkännande ställas upp som garanterar framtida funktion, vilket är betydligt enklare än att kvantifiera prestanda.

*Koppling lab-fält*

För att materialprovning ska vara relevant måste det finnas en tydlig koppling mellan uppmätta värden och prestanda i fält; helst även till kostnader för framtida underhåll. Säkerställande av funktion innebär också att ta hänsyn till alla relevanta nedbrytningsmekanismer. Annars är risken att proportionering och dimensionering ensidigt fokuserar på att förhindra en viss typ av skada på det att andra skador blir utlösande för när underhållsåtgärder krävs.

*Funktionsrelaterad provning*

Nedan ges exempel på funktionsrelaterad provning som kan användas för att ställa upp kriterier som säkerställer lagrens funktion:

- Stabilitet enligt dynamiskt kryp EN 12697-25
- Nötningsresistens enligt Prall EN 12697-16
- Flexibilitet baserat på styvhetsmodul enligt EN 12697-26
- Vattenkänslighet enligt EN 12697-11, rullflaska eller vändskak
- Lågtemperatursprickor med t.ex. TSRST (Tensile Strain Restrained Specimen Test).

Ovanstående provningar kan i viss mån användas för att kvantifiera prestanda men kraven på teoretiskt underbyggda modeller och fundamentala mätningar ökar.

*FoU pågår*

Det pågår forskning i Sverige och runt om i världen för att förfinas modeller som beskriver hur materialen påverkas av last och klimat. Labmetodernas prediktioner av nedbrytning behöver förfinas för att bättre kunna ta hänsyn till den ytterligt komplexa verkligheten. Särskilt viktigt är detta för bundna lager, vars prestanda snabbt kan förändras i samband med t.ex. sprickbildning/utmattning. Att helt och hållet fånga verkligheten kräver övermänskliga mått av beskrivningar av trafik, material och klimat där nedbrytningen simuleras last för last, dag för dag, år för år, där alla parametrar varierar och interagerar. Frågan är på

## *Undergrund och geoteknik*

vilken nivå utvecklingen bör sikta? Snart är förmodligen tiden mogen för att ta några steg till i och med de allt kraftfullare datorerna och nya sätt att karakterisera material och konstruktioner. Inom några år kommer nästa generation av modeller för överbyggnadsdimensionering att implementeras i Sverige, varför en utförligare beskrivning av tänkbara metoder snart kommer att passera bäst-före datum och därmed utelämnas här.

Även undergrunden bjuder på liknande spörsmål fast här är tids-horisonterna ännu längre. Otillräckliga geotekniska åtgärder eller åtgärder med begränsad livslängd, särskilt i kombination med bristande hänsyn till dränering och avrinning eller andra klimatrelaterade faktorer, kan få dramatiska konsekvenser för vägen. Detta har drastiskt visats vid ett antal skred under senare år, men problemen finns även i form av ojämna sättningar som påverkar vägens funktion. Kontinuerliga jämna sättningar kan i extrema fall påverka vägens funktion när vägens nivå sjunker och problem kan uppstå med avvattning.

Sättningar kan i viss mån predikteras från labdata och är kontinuerliga över tiden, vilket underlättar extrapolation av uppmätta resultat i fält. Sättningar kan därmed predikteras och behovet av framtida åtgärder identifieras.

Även tjälproblematiken är en viktig fråga som påverkar vägens jämnhet. Tjälskador kan relateras till många faktorer som går att kvantifiera och bedöma, t.ex. temperatur, terrassmaterialets egenskaper ifråga om permeabilitet och porstorleksfördelning samt dräneringsförhållanden under tjälförloppet. En uppfattning om risken för tjälskador kan erhållas genom beräkningar baserade på Trafikverkets metodbeskrivning VVMB 301.

Geosynteter är ett exempel på material som vi vet har begränsad livslängd. Frånvaron av geosynteter på terrasser där risk finns för uppträngning av material i överbyggnaden är givetvis också en risk. Förekomst av uppträngning kan indikeras genom GPR (georadar, se separat avsnitt) och konstateras genom provgrovsgrävning.

Skred är komplicerade ifråga om restvärde eftersom kostnaden är kopplad till en risk där sannolikheten är låg. Egentligen är skred utanför denna rapports begränsningar men är ändå i viss mån relevant eftersom vägkroppens värde raderas vid skred. När (nästan osannolika) skred inträffar drabbas väghållaren av stora kostnader. Det finns dock väl etablerade metoder för att bedöma risker för skred och åtgärderna vid nybyggnad ställs alltid i relation till risken. I de fall när ett befintligt vägavsnitt bedöms ha relativt hög skredrisk bör det därför vara möjligt att ställa den högre risken i relation till potentiella framtida kostnader och restvärde.

## 5 Inventering av problem vid tillämpning av restvärdesbedömning

*Bedömningar kräver både teori och empiri* Kunskafer om framtida restvärde kan endast grundas på en blandning av teoretiska och empiriska kunskafer. Ren teori är idag inte möjlig att använda eftersom nedbrytning sker beroende på flera samverkande faktorer under varierande lastväxlingar, klimat och dräneringsförhållanden. Förenklingar av teoretiska modeller till den grad att de blir användbara för samtliga nedbrytningsfaktorer är inte möjliga. Vi har dock kommit långt i vissa avseenden, t.ex. dimensionering med hänsyn till tjäle och lågtemperatursprickor i asfalt.

*Nyttan med probleminventering* I syfte att underlätta för framtagandet av en metod för restvärdesbedömning är det viktigt att lyfta fram principiella problem vid bedömning av restvärde. Detta underlättar framtida utveckling.

### 5.1 Beständighet hos material och riskfyllda konstruktioner

*Vissa konstruktioner mer riskfyllda än andra* Vissa material och konstruktioner kan uppvisa ett accelererande eller plötsligt förändrat nedbrytningsförlopp. Orsakerna kan ligga i problem med beständigheten hos materialet eller att en oväntad kombination av förutsättningar uppnåtts (last, klimat, material-egenskaper). Grunden till problemet är ofta att längre erfarenheter av tillämpningar saknas och att vissa problem är svåra att förutse. Andra problem är möjligen lättare att förutse och är väl kända men vinsterna med förfarandet är stora, att potentialen för utveckling är stor. Ett viktigt exempel i detta sammanhang är användningen av styva lager eller förstyvande tillsatser som ökar bärlastkapaciteten. Flera av dessa koncept lider av risker för förändringar i egenskaperna (styvhetstillväxt eller -förlust) eller skador orsakade av begränsad flexibilitet. Det bör dock tilläggas att många av de risker som lyfts fram är av anekdotiskt ursprung och de verkliga beläggen för den långsiktiga tillståndsutvecklingen hos vissa konstruktioner och material är få.

*Nedbrytningsmekanismer* De dominerande mekanismerna bakom nedbrytningen kan variera beroende faktorer som härrör från projekteringen, byggandet eller yttre påverkan efter trafiköppning. Om projekteringen och byggandet utförts på rätt sätt är ingen enskild nedbrytningsmekanism ensam avgörande, utan sannolikt en kombination av flera, grundad på en ekonomiskt och funktionellt optimal kompromiss. Utmattning och därtill hörande sprickbildning framförs ofta som en dominerande orsak till nedbrytning och kan hänföras till de kriterier som används vid dimensionering av bundna lager. Sprickor kan i sin tur ge upphov till ökade spår, ojämnheter och stensläpp.

## 5.2 Risken för negativa effekter för samhället

*Risk* I sammanhanget kan det vara värt att påminna om begreppet risk som är en funktion av sannolikhet och konsekvens. Kostnaden för risker är en funktion av utfallets kostnader eller effekter (konsekvensen) och sannolikheten för att kostnaden uppkommer. I detta sammanhang är konsekvensen bl.a. en åtgärds kostnad för väghållaren eller en prissatt effekt för samhället. Konsekvenserna totalt sett beror också av faktorer såsom trafikmängd och möjlighet till omledning.

Det är givetvis viktigt att hålla ner sannolikheten ifall konsekvensen är stor. Ett typexempel är risken för skred. Ett annat exempel är halka orsakad av blödning eller felaktiga värmeledningsegenskaper. Blödning är relativt billig att åtgärda men kan få stora samhällsekonomiska kostnader/effekter i händelse av olycka.

## 5.3 Mätteknik

*Begränsningar* Mättekniskt är det omöjligt att få en heltäckande bild av framtida nedbrytning, särskilt på lång sikt. Hänsyn till förändringar i materialen på lång sikt är ett genomgående problem. Tidigare har det redogjorts för de tre sätten att mäta: tillståndsutveckling hos vägytan, mätning på vägkonstruktioner (i fält eller på accelererade konstruktioner) och mätningar i lab.

*Mäta framtida nedbrytning kräver pussel* Framtida nedbrytning beror av de klassiska faktorerna trafik och klimat (både väta och temperatur, inkl. frys-tö, låga och höga extremer) i kombination med vägkonstruktionen och undergrunden. Nedbrytningsmekanismerna hos en vägkonstruktion är många och varje mätning ger sitt bidrag till bilden av framtida tillstånd.

*Vägytemätning och fallvikt* Tillståndsutvecklingen speglar alla dessa faktorer inverkan under den tid som mätningarna har utförts med visst undantag för att jämnheten i allmänhet är sämre fram på värkanten, jämfört med när mätningarna utförs. Möjligheterna att förutsäga effekter av ändrade förutsättningar är dock minimal och modeller saknas i stor utsträckning. Mätning på vägkonstruktion med fallvikt ger en ögonblicksbild vid mättillfället. Effekter av tjällossning eller dylika dräneringsförhållanden är omöjliga att förutse. Däremot erhålls en hygglig uppfattning om vägkonstruktionen generellt vid medeltemperatur (runt 10°C), i synnerhet beläggnings lastbärande förmåga.

*Lab* I lab kan materialen utsättas för en stor variation i laster och temperaturer. Nedbrytningsförlopp såsom utmattning och permanenta deformationer kan accelereras på ett kontrollerbart och jämförbart sätt. Nackdelen är att samverkan med övriga material i konstruktionen inte kan bedömas och att klimatets totala verkan inte kan beaktas. Vidare finns problem med preparering av prover och återskapandet av nedbrytande verkan (spännings- och töjningstillstånd). Härtill behövs teoretiska ansatser som komplement.

#### 5.4 Juridiska frågor

*Objektivitet* Om konceptet Restvärde ska kunna användas i upphandlings- och avtalssammanhang måste de villkor som ställs vara tydliga och inte ge utrymme för misstolkningar samt vara möjliga att förutse och mäta/värdera.

*LOU* Trafikverket får ej utvärdera sina anbud enligt principen ”fri prövningsrätt” enligt Lagen om offentlig upphandling (LOU). Med detta menas att kriterierna för bedömning måste tydligt framgå i förfrågningsunderlaget och lämna lite utrymme för subjektiva bedömningar.

*Risk* Byggande av icke konventionella vägkonstruktioner innebär risker och användning av kontroversiella eller oprövade underhållsåtgärder likaså. Det kan förmodligen vara klokt att värdera anbud med avseende på risk. Detta kan innebära behov av diskriminering av vissa koncept med hänsyn till stora risker på grund av dokumenterad risk eller brist på kunskap om framtida funktion (som i och för sig ratas i dagens utförandeentreprenader). Med hänsyn till ovanstående krav från LOU måste tydliga regler utformas för bedömning av risker och en kategorisering av olika konstruktionslösningar. Olika lösningar bör bedömas utifrån den kunskap vi har om dem, vilket i sin tur är en viktig faktor för bedömning av risk.

#### 5.5 Värderingar och beräkningar

*Kunskap och långtidseffekter* Restvärde kan bara värderas utifrån kunskaper om behov av framtida DoU. Detta kräver kunskaper från bl.a. provvägar, materialforskning och beständighetsanalyser. Tyvärr tar det lång tid att få fram kunskaper kring långtidseffekter. Således måste en stor del av värderingarna bygga på forskningsresultat där nedbrytning och framtida egenskaper förutsägs genom modellering.



### *Kalkylperiod*

Perioden som framtida kostnader ska beräknas under kan diskuteras. Rent praktiskt blir prediktionen sämre ju längre fram man försöker gissa kostnader men å andra sidan uppkommer en viss godtycklighet om en kalkylperiod fastställs (som inte sammanfaller med livslängder). Vid LCC kan man lösa detta problem genom att tillämpa restvärde, se kommande avsnitt. Det är dock inte särskilt lyckat att ha restvärde på restvärde. Istället bör oändlig kalkylperiod eller kalkylperiod som motsvarar anläggningens eller komponentens ekonomiska livslängd väljas. Vid 4 % diskonteringsränta blir bidraget från investeringar bortom 40 år ganska litet och efter 100 år försumbart varför oändlig kalkylperiod i de flesta fall är bra nog. Användningen av diskonteringsränta om 4 % som enda värderingsparameter kan dock ifrågasättas eftersom den är missvisande för effekterna av långsiktigt dåliga lösningar. Ett av syftena med restvärdestänkande är ju just att förbättra långsiktigheten i investeringarna.

### *Beräkningar*

Kostnader nuvärdesberäknas till kalkylåret genom att för varje år med underhållskostnad dividera kostnaden (i kalkylårets prisnivå) med faktorn  $(1+r)^{\text{år}}$ . En mer utförlig beskrivning till nuvärdesberäkningar finns i bilaga eller i ekonomisk facklitteratur. Detta görs så långt fram i tiden att inget extra tillskott läggs på nuvärdet. Vid 4 % diskonteringsränta är felet 4 % bortom 80 år och 2 % bortom 100 år.

För årliga utgifter som inte förändras i prisnivå finns en stor förenkling. Det exakta nuvärdet över oändlig kalkylperiod är nämligen kostnaden dividerad med kalkylräntan, dvs.  $K/r$  (enl. bilagans beteckningar).

## 6 Värdering

*Syftet är inte att värdera utan att ge långsiktiga, mätbara mål/krav*

Det bör påpekas att denna rapport inte ämnar se begreppet Restvärde som inkluderande en värdering av tillgång, t.ex. väg, utan att det är ett koncept som ska främja långsiktiga investeringar på vägnätet. Om vägarnas standard och bärighet kan säkerställas på lång sikt finns ingen egentlig poäng i att värdera vägens värde. Det är dock troligt att behovet av att jämföra investeringar på kort och lång sikt finns.

*Kännetecknar vägar*

Vad kännetecknar problematiken vid värdering av vägar?

- Någon marknad för vägar finns inte idag. Något marknadsvärde existerar således inte
- Inte heller finns några intäkter att basera en värdering på
- Det finns endast kostnader men ändå förmodad nytta.

I syfte att få perspektiv på begreppet värdering ges en översiktlig beskrivning av hur värdering görs i andra branscher.

### 6.1 Avskrivning och enkel restvärdesuppskattning

*Avskrivning*

Med avskrivning menas att värdet av en investering fördelas som kostnader över en livslängd vid kostnads kalkyler eller i räkenskaper (Nationalencyklopedin, 1998). Vid avskrivning görs ingen värdering av investeringens skick i bruksskedet utan värdet minskar enligt plan.

En enkel modell för restvärde som baseras på detta tankesätt är följande modell (Lee Jr, 2002).

$$\text{Restvärde} = \frac{\text{Återstående livslängd}}{\text{Total livslängd}} \cdot \text{investeringskostnad} \quad \text{Ekv. 1}$$

I sin enklaste form kan bedömningen av teknisk livslängd som görs vid dimensioneringen ligga till grund för en restvärdesbedömning. Den återstående livslängden kan då vara den återstående tiden från kalkyltidpunkten till den tekniska livslängdens sluttidpunkt. Detta ger en linjär avskrivning av värdet med lika stor värdeminskning varje år. Denna metod föreslås i ASEK 4 (SIKA, 2008).

*Avskrivningen kopplas till verkligheten*

Ovanstående modell kan vidareutvecklas avseende följande två principer:

- Restvärdet är kopplat till nyttan, som i sin tur uppkommer under en utsträckt tidsperiod
- Värdet minskar inte rätlinjigt utan liknar nedbrytningsförloppet
- Bedömda livslängder kan fortlöpande uppdateras genom bedömningar av befintlig väg.

Egentligen bör restvärdet beräknas för varje år under den återstående livslängden. Varje års förlust av restvärde bör sedan ligga till

grund för nuvärdesberäkningen. Detta blir av betydelse när komponenter med mycket lång livslängd bedöms såsom obundna lager i väggkroppen, där restvärdet annars skulle överskattas (diskonterade kostnaden för framtida DoU underskattas).

Accelererande nedbrytning av vägar förs ofta fram som ett argument för riskerna med att skjuta upp underhållsåtgärder. Fysiska mekanismer för accelererande förlopp är t.ex. ogynnsam samverkan mellan sprickbildning i beläggning, försämrad lastspridning i beläggning, fukt i väggkroppen och dålig vattenavledning som gradvis försämras och påverkar totala bärigheten.

#### *Enkel restvärdesbedömning*

Vid exempelvis LCC kan det vara praktiskt med en enkel restvärdesbedömning som bygger på linjär avskrivning av värdet på investeringen mellan periodiska åtgärder. Annars leder variationer i bedömda åtgärdsintervall och kalkylperioder till orimligt stora variationer i LCC, som annars skulle inbjuda till manipulation.

## 6.2 Värderingsmetoder

Såvitt författaren känner till finns ingen existerande metod för värdering av väggkroppen. Därför har istället en studie gjorts av hur andra branscher värderar sina anläggningstillgångar.

Tyvärr visar de på hur centrala förväntningarna på framtida intäkter normalt är vid värdering. Något som i Sverige saknas för vägar. OPS-projektet Arlandabanan är ett närliggande exempel på motsatsen på järnvägssidan och avgifter för tung trafik på vägar i Tyskland ett utländskt exempel.

### 6.2.1 Erfarenheter från fastighetsbranschen

#### *Baserad på framtida avkastning*

Kassaflödesmetoden för värdering av fastigheter är helt dominerande och används både av den privata och kommunala sektorn (Svenskt Fastighetsindex, 2006; Carlson & Ek, 2006). Det intressanta med metoden i detta sammanhang är att den kan användas för värdering oavsett om det föreligger en aktiv marknad, eftersom den inte baseras på aktuellt marknadspris. Metoden innebär att värdet på en fastighet bedöms med utgångspunkt från förväntade avkastningar. Vid kassaflödesmetoden baseras avkastningsvärdet på in- och utbetalningar som prognostiseras för ett antal år och nuvärdesberäknas till värderingstidpunkten.

### 6.2.2 Erfarenheter från skogsbranschen

#### *Bedömningar av framtida avkastning*

Värdet fastställs på basis av skogsmarkens bördighet, det växtliga beståndets ålder och volym samt avverkningsmöjligheter och vårdbehov. Fastighetens storlek, läge och vägförbindelser inverkar på skogsfastighetens värde. Värdet påverkas även av utförda eller inte utförda grundförbättringsarbeten, dvs. diken och skogsvägar. Ett förväntat kassaflöde kan beräknas för en viss period som nuvärdesberäknas till ett kalkylår. Detta ligger sedan till grund för värderingen av själva skogsfastigheten.

*Långa kalkyl-  
perioder proble-  
matiska*

Ett problem med dagens standard för redovisning av skogsfastigheter, IAS 41, är den korta kalkylperioden på 30 år. Kalkylperioden är alldeles för kort för att ta hänsyn till de långa omloppstiderna för skog inom nordiskt skogsbruk (Flamm, Grünewald, & Olsson, 2006). Exempelvis räknar värderingssystemet Forest Value med två omloppstider i sina värderingskalkyler (Forestman, 2007).

*Mjukare värden  
viktiga*

Skogar har även en mängd icke-monetära värden samt värden som inte har med själva skogsbruket att göra. Exempelvis släktband till fastigheten, rekreation, jakt och fiske (Nicou & Sand, 2006).

## 7 Prognoser för framtida drift och underhållskostnader

Vid värdering av en vägs restvärde är utgifterna för drift och underhåll av stor praktisk betydelse. I det följande analyseras möjligheterna att uppskatta framtida kostnader för förvaltning av vägar.

### 7.1 DoU-kostnader relaterade till vägytans tillståndsutveckling

*Tillståndsutveckling kan predikteras på kort sikt men blir mindre signifikanta i längre perspektiv*

I regel utvecklas tillståndet kontinuerligt under en beläggningslivstid, med ett trendbrott då en underhållsåtgärd utförs. Då erhålls en stegvis förbättring som beror av åtgärdens karaktär. Långa ojämnheter i längsled är svåra att påverka i positiv riktning medan mindre ojämnheter i längsled eller tvärgående ojämnheter och spårbildning går att åtgärda genom fräsning, justering och nytt slitlager. Andra underhållsåtgärder påverkar ojämnheter i liten utsträckning såsom förseglingar och ytbehandlingar. Detta ger en möjlighet att förutsäga hur tillståndet kommer att utvecklas på befintliga vägar och till och med bedöma framtida åtgärdsintervall med rimlig säkerhet. Det finns tämligen omfattande erfarenhet av att bedöma åtgärdsintervall för vanliga vägar. Det finns naturligtvis undantag som beror av yttre omständigheter (svår tjällossning, ökning av tung trafik, mycket nederbörd eller dåligt rensade diken) eller inre egenskaper hos vägen (åldring, eller annan tidsberoende förändring triggar andra nedbrytningsmekanismer). Poängen är att det går att förutsäga kostnader för underhåll på kort sikt medan förändringar i vägkroppen eller i yttre förutsättningar förr eller senare kommer att föranleda svåråterförutsägbara, mer långtgående och dyrare åtgärder.

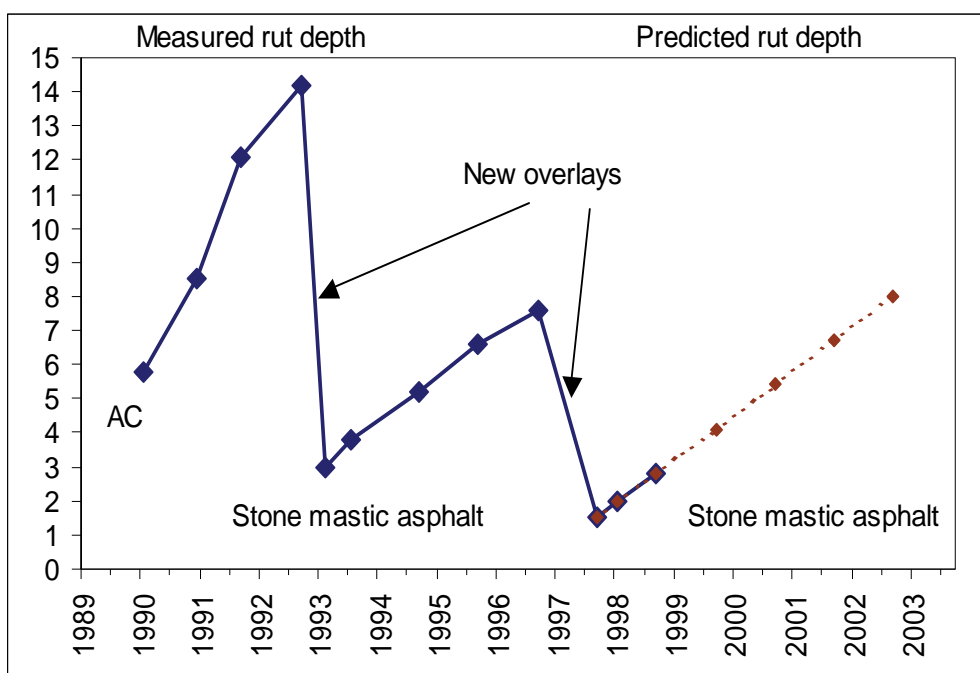
*Målstandard för spår och IRI*

Trafikverkets målstandard för beläggningsunderhållet anger vilka gränser på tillståndet som inte bör överskridas innan tillståndet betraktas som en brist. Dokumenten är under arbete och i skrivande stund finns inget material att referera till. Förslag på standard har figurerat för spår på 20-meters värden och för IRI på både 20- och 400-meters värden, alternativt att börja använda 100-meters värden. Vidare finns förslag på målstandard för makrotextur och kantdjup.

*Tillståndsutveckling + målstandard = åtgärdsintervall*

Utifrån dessa, eller andra kriterier för när underhåll bör utföras, och vägytemätningar (se exempelvis figur i avsnitt 3.1) kan tidpunkten för nästa underhållsåtgärd uppskattas. Märk väl att ett enskilt kriterium kan utlösa behov av åtgärd men att valet av underhållsåtgärd styrs av det totala tillståndet på vägen.

Olika underhållsåtgärder påverkar den framtida tillståndsutvecklingen olika, som ovan nämnts, och uppskattningar av påverkan kan göras på empirisk grund eller via modeller, se nästa avsnitt.



Figur 3 Exempel på hur vägytans tillstånd kan följas upp och prognostiseras (Lang, 2008).

Restvärde på kort sikt

Det kan således konstateras att årliga tillståndsförändringar är bra indata för restvärde på kort sikt med tanke på den starka kopplingen till framtida kostnader för underhåll.

## 7.2 Uppskattning av framtida DoU-kostnader med nedbrytningsmodeller

Ett flertal modeller som beskriver tillståndsförändring och nedbrytning bör kombineras för att bedöma effekten av utmattning, utveckling av längsojämnhet, spår orsakade av tung trafik och dubbdäckstrafik eftersom de olika tillståndsindikatorerna kan utlösa behovet av underhållsåtgärder av olika slag vid olika tidpunkter. En tidigare underhållsåtgärd utlöst av spårbildning orsakade av dubbdäckstrafik kan exempelvis påverka nedbrytningsförloppet orsakat av tung trafik.

Nedan följer exempel på hur några av de befintliga nedbrytningsmodellerna kan användas. Exemplet är hämtade ur VTI-rapport 560 2007.

### 7.2.1 Mekanistisk/empiriska modeller för sprickbildning

Exempel

Teknisk livslängd med avseende på utmattning/sprickbildning för konventionell GBÖ konstruktion (Grus Bitumen Överbyggnad) har beräknats med Trafikverkets dimensioneringsmodell PMS. Objekt för olika tjocklekar på bitumenbundet bärlager (AG). Därigenom har kostnaden för konstruktioner med varierande tjocklek kunnat jämföras med kostnaden för olika åtgärdsintervall vid olika nybyggnadsstandard.

Total teknisk livslängd har i exemplet valts till 40 år.

Underhållsbehovet hos överbyggnader med kortare livslängd än

40 år har antagits vara ny beläggning motsvarande resterande tid fram till 40 år. Härvid har befintlig beläggningstjocklek värderats till 50 % vid åtgärdsstillfället.

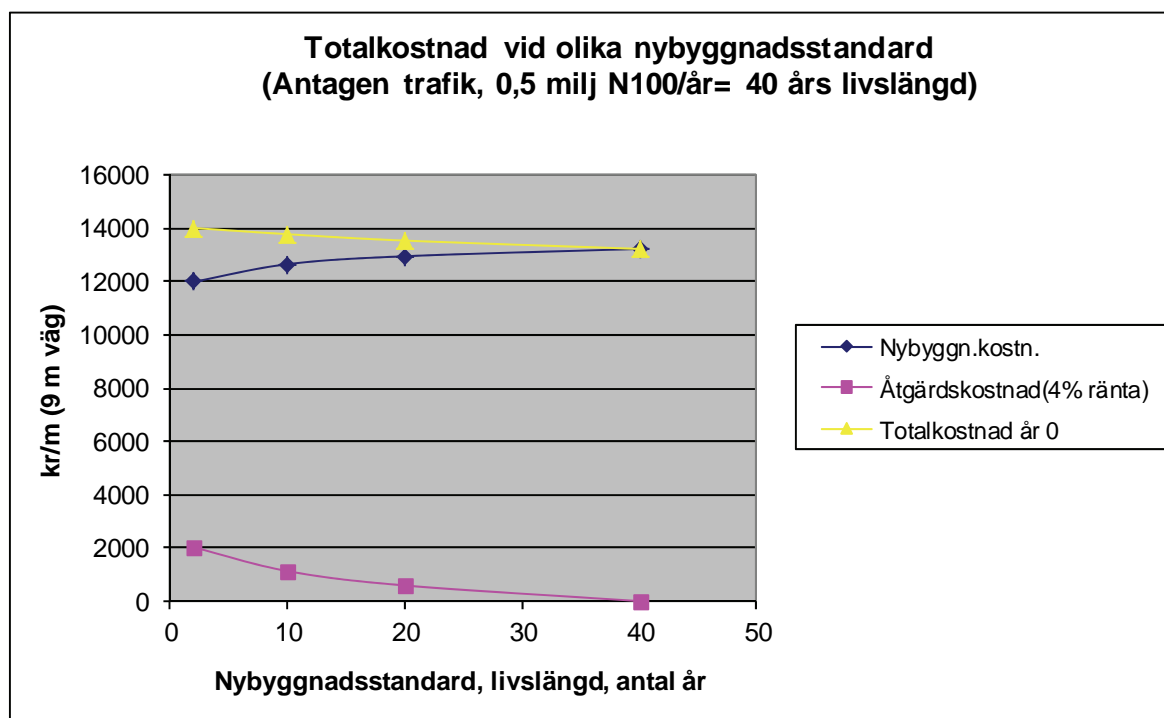
I diagrammet nedan visas totalkostnad år 0 för olika val av nybyggnadsstandard(kostnad).

#### Beräknings- förutsättningar

Livslängdsberäkningarna har genomförts med VV:s PMS Objekt på en konventionell GBÖ-konstruktion i klimatzon 1 (Blekinge) på undergrund av materialtyp 3 (<30 % finmtrl.).

Nybyggnadskostnad är hämtat från VV:s redovisning i Publ. 2005:35 för landsväg med mötande trafik byggda under perioden 2000–2004.

En ökning av beläggningstjockleken med 10 mm bundet bärlager, (AG), har kostnadsberäknats till 120 kr/m väg, (9-m väg).



Figur 4 Kostnad för beläggning per meter väg som funktion av teknisk livslängd.

#### Kommentar

Av diagrammet framgår att en ökning av nybyggnadsstandarden med avseende på risken för utmattnings/sprickbildning ger en minskad totalkostnad. En ökning av nybyggnadskostnaden från 12 000 kr/m väg till 13 240 kr/m (+10 %) ger en minskning av totalkostnaden från 14 000 kr till 13 240 kr (-5,4 %).

Det är tydligt att kostnaden för underhåll minskar när tjockare bundna lager används i vägkonstruktionen, **vilket kan sägas öka vägens värde** för väghållaren. Det är också tydligt att **vinsterna är stora på kort sikt med att bygga billigare**, tyvärr.

## 7.2.2 Empirisk modell för dubbdäcksslitage

### Exempel

Den av VTI utvecklade prognosmodellen för dubbdäcksslitage har använts för att demonstrera möjligheten att göra en nuvärdesberäkning för byggnad och underhåll/ersättning av ett slitlager i ca 40 år. Beräkningen har gjorts för tre olika stenmaterialkvaliteter i slitlagret

### Beräkningsförutsättningar

Beräkningen är gjord med samma förutsättningar som i föregående exempel:

- Beräkningsperiod över 40 år
- Samma typ av väg och en trafik med dubbade personbilar som normalt motsvarar 0,5 milj N100/år, ger 8 700 personbilar per körfält och dygn
- Användningen av dubbdäck har bedömts vara 70 % under vinterperioden som bestämts till 150 dygn
- Vägen saltas vintertid
- Skyltad hastighet är 90 km/tim.

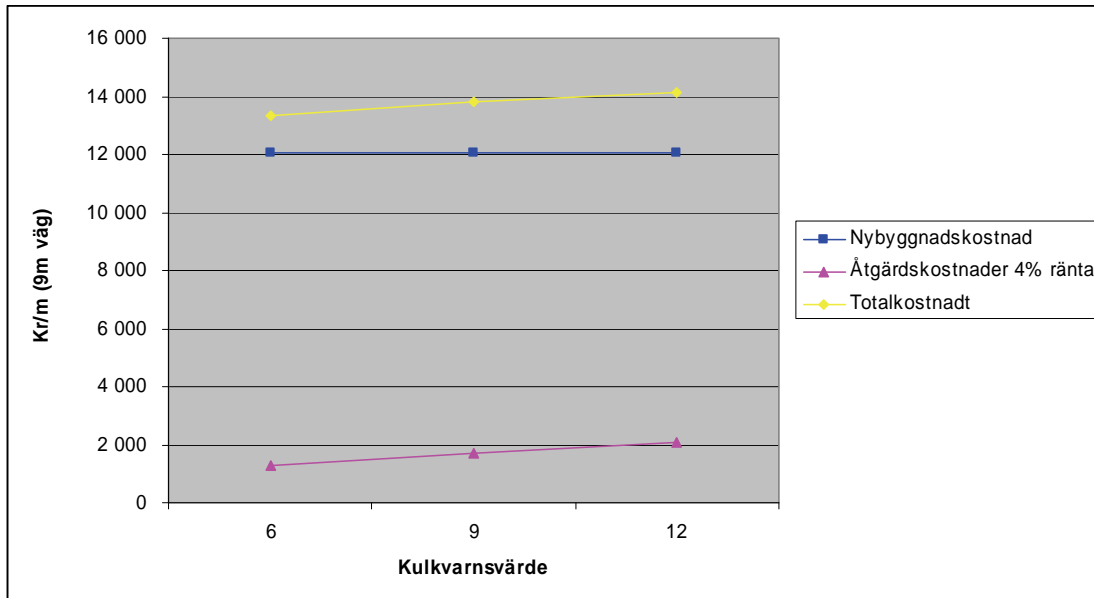
Slitlagerbeläggning över perioden har antagits vara en 80ABS16 med tre olika stenmaterialkvaliteter, kulkvarnsvärde 6, 9 och 12 där kulkvarnsvärde 6 motsvarar det bästa stenmaterialet ur slitagesynpunkt som används i Sverige. Ett stenmaterial med kulkvarnsvärde 6 är det naturliga valet på en så relativt högtrafikerad väg som denna. Kulkvarnsvärde 9 motsvarar ofta "ortens lokala material" som ofta är tillräckligt slitstarkt för medeltrafikerade vägar. Kulkvarnsvärde 12 är ett relativt dåligt material ur slitagesynpunkt och bör därför normalt användas på relativt lågtrafikerade vägar. När det beräknade spårdjupet uppnått 17 mm ansågs slitlagrets livslängd vara förbrukad. Vid varje åtgärdsstillfälle avsattes ca 10 % av slitlagerkostnaden för planfräsning eller justering av underlaget.

Följande priser har använts för beräkning av framtida underhållskostnader för resp slitlagerbeläggning:

Kulkvarnsvärde	Pris 80ABS16 kr/m <sup>2</sup>	Beräknad livslängd år	Ant. underhålls- åtgärder under ca 40 år	Nuvärdes- kostnad <sup>1)</sup> kr/m <sup>2</sup>
6	68	13	2	140
9	65	9	4	192
12	64	7	5	232

<sup>1)</sup>Kalkylränta 4,0 %

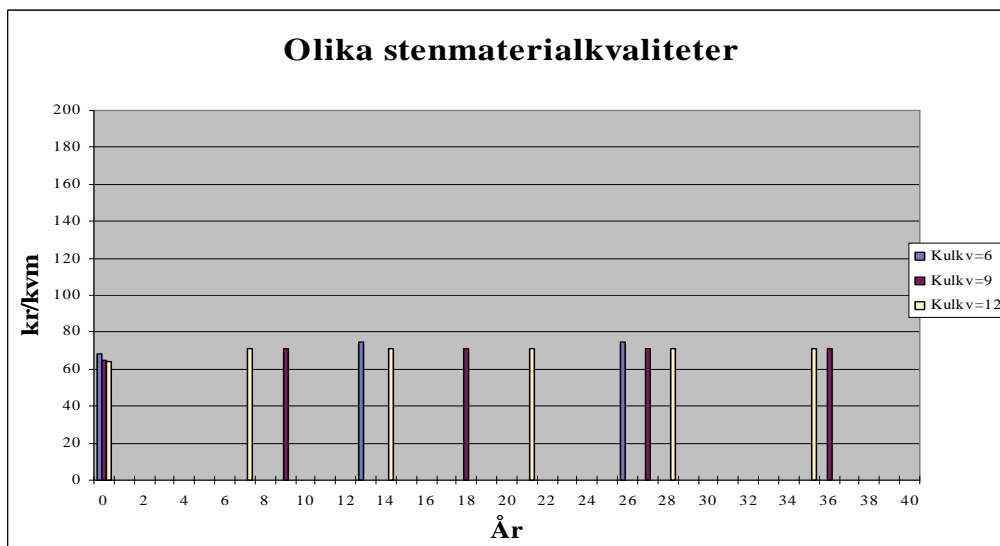




Figur 5 Kostnad för beläggning per meter väg som funktion av stenmaterialets kulkvarnsvärde.

**Kommentar**

Som framgår av ovanstående diagram har valet av stenmaterialkvalitet och därmed nybyggnadspriset för slitlagerbeläggningen relativt liten betydelse i förhållande till hela investeringen. Valet av slitlagerbeläggning har däremot en relativt stor betydelse för framtida underhållskostnader.



Figur 6 Underhållsåtgärdernas placering i tiden.

**Kommentar**

Som framgår av ovanstående tabell och diagram är valet av underhållsåtgärd, i detta fall stenmaterialkvalitet i slitlagerbeläggningen, mycket avgörande för när underhållskostnaderna uppkommer under en 40-årsperiod. Det mest ekonomiska valet är slitlagerbe-

läggningen med det högsta priset. Sett till underhållskostnaderna är det emellertid den billigaste. Den tillbakaräknade nuvärdeskostnaden för underhåll av slitlagret under 40 år är ca 140 kr/m<sup>2</sup> medan slitlagerbeläggning med det lägsta utförandepriset får motsvarande kostnad på ca 232 kr/m<sup>2</sup>.

Alternativet med den högsta underhållskostnaden medför dessutom att framkomligheten på vägen begränsas på grund av planfräsning och läggning av nytt slitlager vid 5 tillfällen under 40-årsperioden medan alternativet med de lägsta underhållskostnaderna endast behöver åtgärdas vid 2 tillfällen.

Återigen demonstreras hur bättre prestanda leder till lägre kostnader för väghållaren. I detta fall minskar även kostnaderna för samhället betydligt pga. minskade effekter.

### 7.2.3 Empirisk modell för spårbildning av tung trafik i kombination med empirisk modell för dubbdäcksslitage

#### Exempel

Den tidigare nämnda prognosmodellen för spårbildning orsakad av tung trafik används här i kombination med modellen för dubbdäcksslitage, vilket ger möjligheten att göra en nuvärdesberäkning för byggnad och underhåll/ersättning av ett slitlager i ca 40 år. Det mest ekonomiska valet, enligt exemplet i 7.2.2, där dubbdäckslitaget sattes i fokus, var det mest slitstarka stenmaterialet. Det är därmed naturligt att beräkningarna utgår från detta material och att det även används vid varje åtgärdstillfälle. Dessutom antas att en planfräsning ned till spårjupet som maximerats till 17 mm alltid föregår en beläggningsåtgärd.

#### Beräkningsförutsättningar

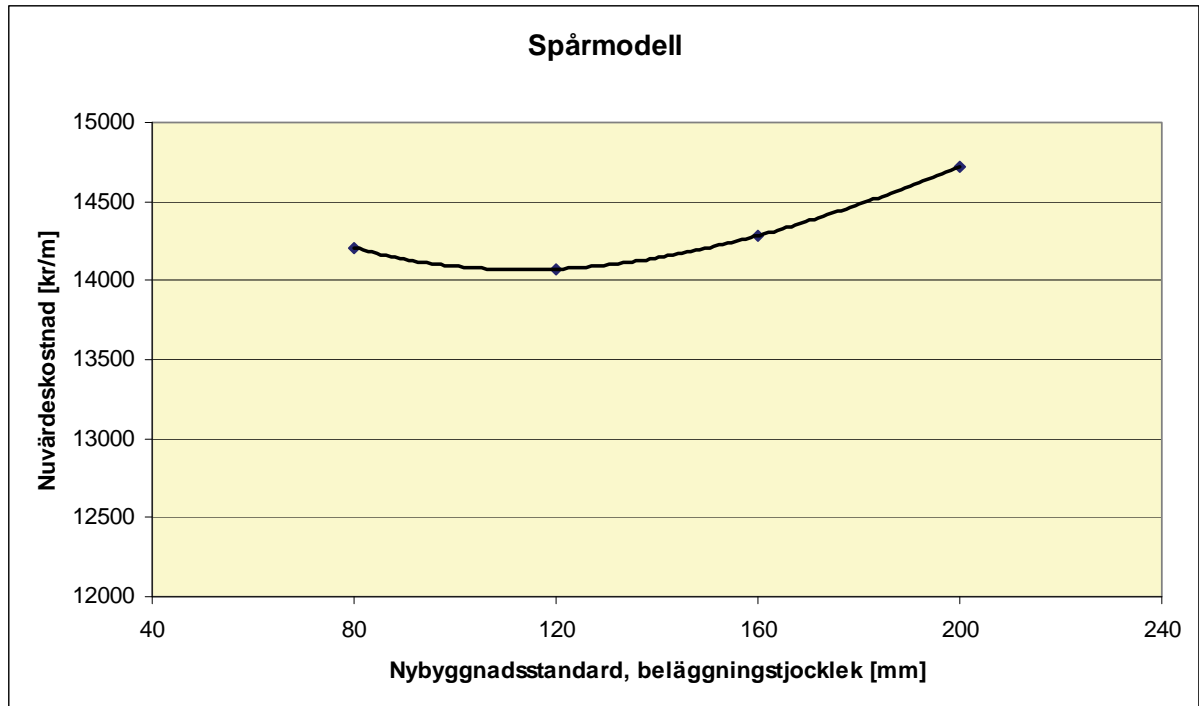
Fyra olika starka nybyggnadskonstruktioner har tidigare jämförts i exemplet i 7.2.1, där tjockleken på de bundna lagren varieras: 80, 120, 160 och 200 mm. Kostnaderna och trafikarbetet är i detta exempel även de hämtade från ovanstående exempel. Dessutom gäller:

- Vägbredden är 9 m
- Antal N100 per år uppgår till 500 000
- Antal passerande personbilar är 8 780 per dygn
- Följande nybyggnadskostnader för de olika alternativen har använts:

h1=200 mm: 13 440 kr/m    h1=160 mm: 12 960 kr/m

h1=120 mm: 12 480 kr/m    h1= 80 mm: 12 000 kr/m

- Inför nytt slitlager utförs alltid planfräsning som uppgår till 10 % av slitlagerkostnaden
- Alla slitlager utgörs av 80ABS16, tjocklek 32 mm, kulkvarnsvärde 6, pris 68 kr/m<sup>2</sup>
- Kalkylräntan är satt till 4 %.



Figur 7 Kostnad för beläggning per meter väg som funktion av beläggningstjocklek.

#### Kommentar

Som framgår av ovanstående diagram är konstruktionsalternativet där det bitumenbundna lagret har nybyggnadstjockleken 120 mm det mest ekonomiska, sett över en 40-årsperiod. Antalet åtgärder som krävs, om spårdjupet inte skall tillåtas överstiga 17 mm beräknas till mellan 4 och 6 st. ( $h_1=200$  mm: 4 st.;  $h_1=160$  mm: 4 st.;  $h_1=120$  mm: 5 st.;  $h_1=80$  mm: 6 st.).

Exemplet tar bara upp väghållarkostnader. Om trafikantstörningskostnader tagits upp torde vågskålen ha lutat än mer åt 160 mm som optimal beläggning för mer trafikerade vägar.

#### 7.2.4 Slutkommentar

##### Användning av modeller

Redovisning och kommentarer i föregående avsnitt är ett försök att demonstrera hur det är möjligt att använda några av de befintliga empiriska och mekanistiska/empiriska modellerna för att prediktera sambandet mellan vägens standard och efterföljande underhållsåtgärder samt kostnader för dessa, vilket är ett mått på vägens restvärde.

##### Relatera standard till kostnader för underhåll

Exemplen ovan har belyst problematiken med att billiga investeringar i nybyggnads- och underhållsskedet ofta ger så höga framtida underhållskostnader att den totala kostnaden både för väghållaren och samhället ökar. **Exemplen har visat hur vinster i driftsskedet på lång sikt kan förutsägas och ställas i relation till investeringen**, vilket är kärnan i rapportens syfte med restvärdestänkande.

*Behovet av  
helhetsbedömning*

Avslutningsvis bör det påpekas att ovanstående är modellberäkningar och att i praktiken andra nedbrytningsmekanismer blir dimensionerande när en parameter förbättras såsom i dessa exempel. Sprickor och spårbildning tillhör de vanligaste utlösande faktorerna, vilket betyder att exemplen ringar in verkligheten tämligen väl.

## 8 Innovationsprocessen vid vägbyggnad

*System kan motverka dynamik i utveckling*

Det kan tyckas ambitiöst att behandla begreppet innovationsprocess i denna rapport men förutsättningarna för byggande, särskilt ur ett långsiktigt perspektiv, och frihet att utveckla och prova nya innovationer hänger intimt samman. Risker bör kontrolleras så långt det är möjligt men samtidigt inte inkräkta alltför mycket på möjligheter till utveckling. Implementering av konceptet Restvärde får inte bli ytterligare en faktor som cementerar traditioner för att det är enklare att passa in i ett statiskt system.

*Omöjligt med krav på kunskap om framtida kostnader för nya lösningar?*

Tre frågor bör ställas:

- Hur ska ny teknik utvecklas och implementeras?
- Vilken roll kan totalentreprenader ha i innovationsprocessen och vilken nivå på verifiering av icke konventionella lösningar kan accepteras?
- Hur kan ramverket för bedömning av restvärde användas utifrån perspektivet att innovationer behövs men att riskerna måste minimeras?

Svaren på dessa frågor är inte upp till denna rapport att leverera men däremot ett underlag för fortsatta diskussioner och beslut.

*Införande av nya lösningar*

Delar av väganläggningar har mycket lång livslängd, till exempel geotekniska åtgärder eller vägkroppen. Andra delar, t.ex. buller-reducerande beläggningar presterar sämre efter några år och åtgärdas. Återbetalningstiden för en investering i vägar är således mycket varierande och i vissa fall mycket lång. Långa livslängder på investeringar i kombination med att kostnaderna för att göra om bristfälliga konstruktioner ofta är mycket höga betyder sammanlagt att väghållaren har mycket att förlora på bristfälligt utförda konstruktioner. Dessutom väger krav på trafiksäkerhet och framkomlighet tunga. Slutsatsen är därför att pålitligheten hos vägkonstruktioner måste vara hög eftersom riskerna för negativa konsekvenser är stora för samhället och väghållaren. Detta begränsar möjligheterna till innovationer genom att prova nya konstruktionslösningar. **Detta betyder i praktiken att successiv utveckling kan vara att föredra framför verkligt innovativa lösningar som är helt nya. Om konsekvenserna av en dålig lösning kan mildras bör dock ett större inslag av oprövad teknik tillåtas**, t.ex. om bra möjligheter till omledning av trafik finns, om trafikmängden är låg eller om undersökningen kan göras i mindre skala. Ett annat sätt att minska risker är givetvis provning och utvärdering i lab och genom accelererad provning.

Innovationer som inte påverkar hälsa, säkerhet och miljö nämnvärt och som går att korrigera i efterhand till rimliga kostnader bör givetvis beredas större möjligheter i en implementeringsprocess.

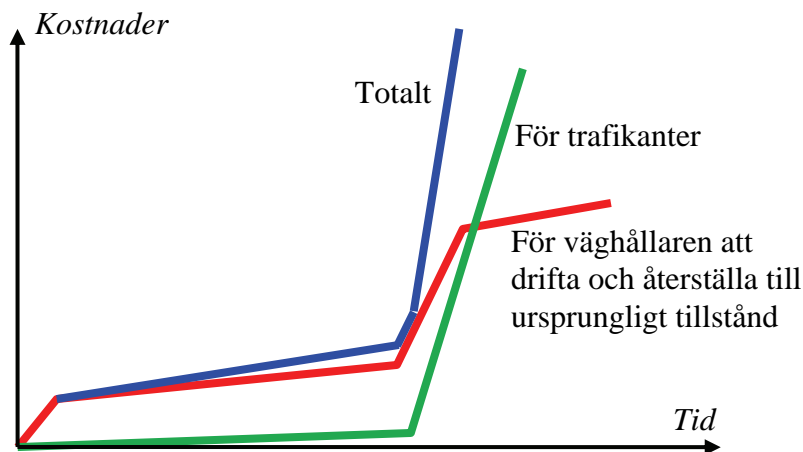
- Utvecklingsansvar* Det är önskvärt att entreprenörerna, som står för den största medelsförbrukningen och själva utförandet, också ansvarar för en stor del av produkt- och metodutvecklingen. Trafikverket har dock ett avgörande ansvar som dominerande beställare, väghållare och myndighet. Därmed äger Trafikverket ansvar för branschens utveckling och framtida effektivitet samt ansvar för marknadens utformning. Trafikverket bör stödja forskning, utveckling och implementering bl.a. genom att främja kunskapsgenerering, utvärdering, dokumentation, och kunskapsspridning. Entreprenörerna får inte, enligt företagsekonomiska principer, utveckla en effektivare väghållning för beställaren än att de under konkurrens gynnas av det. Därmed är utvecklingsansvaret för entreprenörerna en konsekvens av incitament i upphandlingsformerna.
- Utvärdering av nya lösningar* Frågan är om nya tekniker, produkter och lösningar bör genomgå något slags standardiserat godkännande eller certifiering för att kunna åberopas i sammanhang där begreppet restvärde används vid upphandling? Det har tidigare figurerat tankar om mera heltäckande undersökningar av t.ex. asfaltmaterial för typgodkännande eller accelererad provning av nya typer av vägkonstruktioner. Någon mer accepterad och vedertagen praxis har dock aldrig utarbetats.

## 9 Förslag till ramverk för bedömning av vägar

*Motiv för moduler* Som ovan konstaterats har konceptet Restvärde flera tillämpningar och bör snarast ses som ett försök att knyta ihop ekonomi och teknisk dimensionering på ett mer heltäckande sätt och tillämpa detta inom främst områdena funktionskrav och LCC. Olika tillämpningar kräver dock användning av olika delar ur konceptet restvärde. Därför skissas nedan ett modul-indelat förslag till metodik (avsnitt 9.2) som bör passa samtliga identifierade tillämpningar (avsnitt 9.3).

*Steg i bedömningen*

Själva restvärdesbedömningen ska spegla kostnader som uppkommer. En offentlig väghållare som Trafikverket är skyldig att beakta både trafikanternas och sina egna kostnader. Principiellt utvecklas kostnaderna för ett vägavsnitt enligt figuren nedan. Inledningsvis är kostnaderna låga men stiger sedan sakta till dess påtagliga skador uppkommer på vägen. Då kan ett trendbrott uppstå för både trafikanternas och väghållarens kostnader. Utvecklingen efter trendbrottet varierar givetvis helt med skadan. Om flera skador uppkommer kan också flera trendbrott uppstå. Tidpunkten för uppkomst av skador är svår att förutsäga, som tidigare konstaterats, pga. brister i modeller och yttre förutsättningar som inte kan överblickas. För tillämpningarna är det dock viktigast att de regler för restvärde som upprättas uppfyller de krav som ställs i det enskilda fallet och ger rättvisa jämförelser.



Figur 8 Kostnader för samhället och trafikanterna vid nedbrytning av väg över tid.

### 9.1 Inledande inventering och kategorisering av vägobjektet

*Tillgänglig info* Mycket information om vägar finns tillgängligt i arkiv och databaser. Exempel på översiktlig fakta och historiskt underlag är:

- Relationshandlingar (vägkonstruktionens uppbyggnad inkl. geotekniska åtgärder och undergrundsmaterial)
- Data i PM-System, NVDB och TIKK (allmän info om objektet, tillståndsdata, tidigare åtgärder och trafik)

- Vägytemätningar från tidigare år.

Vidare finns ofta en omfattande erfarenhet hos personalen om befintliga vägar, som kan kompletteras med en inspektion där en bedömning av skador och risker görs.

*Risk och  
vägkonstruk-  
tionstyp*

I restvärdet ingår riskkostnader. En del av riskerna ligger i osäkerheterna kring själva vägkonstruktionens prestanda och konsekvenserna för underhållet. I det långa loppet ska det löna sig att ta vara på erfarenheter som kan minska osäkerheterna. Riskerna med mindre beprövade lösningar måste värderas baserat på tidigare erfarenheter och aktuell kunskap. Detta ger incitament till systematisk utveckling och erfarenhetsåterföring. Därför är det också viktigt att kategorisera vägavsnittet och tänkt lösning utifrån ett riskperspektiv med avseende på undergrund, vägkonstruktionstyp och dess ålder. Typ av vägkonstruktion är också viktigt eftersom restvärde inte kan bedömas på exakt samma sätt (en GBÖ bryts ner och underhålls på andra sätt än t.ex. CBÖ eller BÖ).

Exempel på kategorier med avseende på risk som kan komma ifråga är:

- Undergrunden (inklusive utförda geotekniska åtgärder)  
*Utmärkt (ingen risk för sättningar eller tjälskador), Bra (liten risk för sättningar och tjälskador), Dålig (stor risk för sättningar, ojämna sättningar eller tjälskador)*
- Ålder (innebär skillnader i byggsätt, underhåll och vägytedata)  
*1995 eller senare (VÄG 94), 1952-1994 (BYA), före 1952 (s.k. Obyggd)*
- Erfarenhet  
*I. Flexibla vägöverbyggnader enligt regelverk  
II. Övriga överbyggnadstyper som byggts enligt regelverk  
III. Övriga vägöverbyggnader.*

## 9.2 Arbetsgång vid värdering av restvärde

*Tillämpningar*

Syftet med att beskriva en arbetsgång är att visa på de steg som kan ingå i restvärdesbedömning och vad dessa steg innebär. Syftet är inte att försöka fastställa en enhetlig metod. Därtill är tillämpningarna alltför disparata. De metoder som redogörs för här kommer att behöva appliceras för varje enskilt syfte, såsom görs i nästa avsnitt (9.3). Hela kedjan behöver dock inte följas varje gång eftersom många frågor i vissa tillämpningar kan lösas genom policybeslut där generella bedömningar görs (exempelvis krav och bonus/vite). En fullständig värdering av restvärde hos en väg är mer av teoretiskt intresse.

*VV 2008:15*

Bedömningen av vägen avseende tillstånd och åtgärdsbehov kan utgå från VV publikation 2008:15 Förstärkningsåtgärder, kap. 8. Denna publikation behandlar på ett förtjänstfullt sätt mer praktiska aspekter som måste beaktas vid bedömning av åtgärdsbehov.



Följaktligen kan denna framställning koncentreras på väggkroppens åtgärdsbehov och restvärde, varpå VV 2008:15 tjänar som komplement till arbetsgången som här beskrivs.

#### *Kalkylregler utgivna av ASEK*

Ekonomiska grundvärden för aspekter på samhällsekonomiska kalkyler erhålls från ASEK (SIKA, 2008). Kalkylperioden är max 40 år men anläggningar med längre ekonomisk livslängd kan bedömas genom att "restvärde" tillämpas enligt samma princip som ekvation 1 i avsnitt 6.1. ASEK anger dock maximalt 60 år för exempelvis bärighet hos broar. För att ytterligare belysa ASEK:s synsätt kan påpekas att åtgärder för ökad bärighet på vägar antas ha en ekonomisk livslängd på 15 år. Ur författarens synvinkel tycks denna tidshorisont vara problematiskt kort eftersom den bara omfattar en drygt medellång beläggningscykel.

#### *Kalkylperiod*

För restvärde kan oändlig kalkylperiod användas eller bedömd ekonomisk livslängd om denna är känd. För många tillämpningar är det förmodligen mest lämpligt att studera restvärdet för varje komponent för sig. En bunden beläggning kan studeras över en tjuugoårsperiod medan överbyggnaden som helhet studeras över 40 år (teknisk livslängd enligt TK Väg), undergrund/underbyggnad, tunnlar och broar över 80 år, samt längre broar och tunnlar över 120 år (livslängd enligt VGU). För ITS gäller motsatt förhållande. Här kan åtgärdernas livslängder vara mycket korta varför t.ex. investeringar i programvara endast ska ge restvärde över några år. Dessa exempel visar på behovet av anpassade längder på kalkylperioderna beroende på komponentens/investeringens livslängd.

En väganläggning har i sig också en ekonomisk livslängd eftersom den sannolikt kommer att tas ur bruk eller kraftigt förändras någon gång i framtiden. Enligt ASEK är den ekonomiska livslängden idag 40 år i tätort och 60 år på landsbygden. Det är inte meningsfullt att en komponent har ett restvärde bortom anläggningens ekonomiska livslängd, om denna är känd. I praktiken vet vi sällan så mycket om framtiden. En ekonomisk livslängd på exempelvis en geoteknisk åtgärd på 40 år skulle strida mot dagens praxis för tekniska livslängder vid dimensionering, men frågan är om en kortare dimensioneringsperiod verkligen skulle leda till andra bedömningar av lämpliga åtgärder?

#### *Steg 1–5*

Nedan redogörs i separata avsnitt för de olika stegen i arbetsgången:

1. Inventering och mätning
2. Riskbedömning
3. Tillståndsprognoser
4. Bedömning av framtida kostnader för underhåll
5. Resultat av restvärdesbedömning.

### 9.2.1 Inventering och mätning

Inventering och mätningar utförs som sedan kan ligga till grund för värdering av framtida åtgärdsbehov. All relevant historisk data samlas också in.

*Yttre faktorer* En viktig del i inventeringen är att fastställa vilken påverkan av yttre faktorer vägen kommer att utsättas för i framtiden i form av klimat och trafik. Lika viktigt är det att reda ut den historiska påverkan vägen utsatts för så att prognosen för framtiden kan sättas i relation till den historiska tillståndsutvecklingen. För vissa tillämpningar är dock inte de aktuella yttre förhållandena på just detta vägavsnitt avgörande. För exempelvis kravställande eller policybeslut kan en generell bedömning för vägnätet som helhet räcka långt.

Mätningar kan göras enligt beskrivningar i tidigare avsnitt. Det är dock inte upp till denna rapport att närmare beskriva denna typ av detaljer.

### 9.2.2 Riskbedömning

*Syfte* Syftet med riskbedömningen är att identifiera källor till osäkerheter i bedömningen och eventuella kompletterande mätningar. Framtida trafik (flöden, fordon och laster), källor till bärighetsproblem och riskkonstruktioner är exempel på risker som måste kartläggas. För att öka kalkylerbarheten, t.ex. i samband med upphandling utformning av krav på restvärde eller bonus/vite, bör flera parametrar såsom trafikflöde, andel tung trafik, klimat m.m. fastställas i ett tidigt skede. I denna rapport har ingen tillämpning identifierats där det är nödvändigt att fullständigt kalkylera restvärdet i monetära enheter. För utformning av regler för bonus och vite är det önskvärt att en tydlig koppling till verkliga kostnader finns. Annars är risken stor att anbudena spekulerar i icke önskvärda utfall som innebär överkvalitet eller undermåligt resultat.

*Metod* Riskhantering är i sig ett etablerat ämne där aktiviteter som inventering, analyser och riskminimering ingår. I detta fall handlar riskhantering mycket om att kartlägga vad vi vet om en aktuell vägkonstruktion både vad gäller sannolikheter för framtida tillstånd och konsekvenserna av dessa tillstånd.

### 9.2.3 Tillståndsprognoser

*Syfte* Syftet med tillståndsprognosen är att få fram ett sannolikt scenario för hur vägens tillstånd kommer att förändras och i förlängningen vilka underhållsåtgärder som då blir aktuella.

*Enskilda tillstånds- och prestanda-prognoser* Tillstånds- och prestandaprognoserna utförs separat för de olika modellerna. Exempel på modeller har getts i avsnitt 4. Givetvis vore det önskvärt att kunna behandla modellerna för vägytans

tillstånd, strukturellt tillstånd/prestanda och materialprestanda på samma gång men det lär förmodligen dröja innan sammanhängande modeller tas fram, dvs. att modellerna tar hänsyn till att material, struktur och vägyta samverkar över tiden.

*Risk ger  
tillståndintervall*

Riskbedömningen ovan kan användas till att ta fram intervall för hur tillståndet utvecklas. Om ökande trafik, översvämningsrisk eller dålig bärighet ger risk för behov av förstärkning eller ombyggnad kan detta inkluderas.

*Lägg samman  
prognoser*

När prognoserna för tillstånd och enskilda komponenters prestanda läggs ihop erhålls en bild av hur behov av åtgärder uppkommer. I fallet GBÖ (byggt enligt regelverk) kan förmodligen en rent statistisk modell utnyttjas eftersom dataunderlaget är hyggligt. För andra konstruktioner och material måste modeller till som ger en rimlig uppskattning av framtida nedbrytning. Exempel på parametrar (och dess historia och utveckling) som styr åtgärdsbehovet är:

- Sprickor
- Spårdjup
- IRI
- Beläggningsens ålder och allmäntillstånd
- Yttre faktorer.

*Krav på objektivitet är nyckeln;  
kräver erfarenhets-  
återkoppling*

De ovan nämnda parametrarna har givetvis ett brett spektrum av bakomliggande parametrar, som måste tas hänsyn till. I vissa fall är en hygglig bedömning om framtiden möjlig. I de flesta fall saknas tillförlitliga modeller och endast en diskussionsgrundad riskbedömning kan göras. Detta är verkligheten och kärnan i problemet med restvärdesanalys. Fakta kräver nämligen både vetenskapliga ansatser och undersökningar. Detta betyder att systemet för restvärdesbedömning måste **premiера erfarenhetsåterkoppling och innefatta grundläggande krav på dokumentation och utvärdering av genomförda vägobjekt** samt vila på fundamentala, vetenskapliga principer (vilket i klartext handlar om att systematiskt bygga vidare på det vi faktiskt vet).

*Åtgärdsstrategier*

I den framtida tillståndsprognosen appliceras så slutligen en eller flera åtgärdsstrategier som ger kostnader, ett tidsintervall för utförandet och typen av åtgärder. Märk väl att åtgärdsstrategier kan påverka tillståndsutvecklingen markant och att tillståndsprognosen är en funktion av vald åtgärdsstrategi.

#### 9.2.4 Bedömning av framtida kostnader för underhåll

<i>Oändlig kalkylperiod och lägre krav på prediktioner långt fram i tiden</i>	Baserat på framtida tillståndsutveckling och applicerade åtgärdsstrategier kan kostnader beräknas för den valda kalkylperioden (kan vara oändlig för att slippa restvärde på restvärdet...). Det är naturligtvis omöjligt att prediktera kostnader under oändlig tid men det är det å andra sidan under en period om t.ex. 40 år också. Poängen är att diskonteringsräntan gör bidraget från kostnader långt fram i tiden litet och därmed är också risken med felbedömningar förhållandevis liten. Det kan således anses helt i sin ordning att använda dagens kostnader och åtgärdsintervall för framtida prediktioner, om vi inte vet mer, trots att vi vet att begränsningar i förutsättningarna för transportsystemet kommer att leda till stora omvälvningar i framtiden.
<i>Utgå från det vi vet</i>	Vissa förändringar i tillstånd kan dock förutses som kommer att föranleda åtgärder och kostnader. Tillståndsprognosen har förhoppningsvis förutsett hur olika nedbrytningsfaktorer utvecklas och hur åtgärder utlöses enligt ”lägsta-hålet-i-tunnan-principen”, dvs. många tillståndsindikatorer förändras ständigt och över en längre sträcka på ett vägavsnitt men det är i regel en eller ett par som utlöser åtgärd. Vissa faktorer samverkar också, t.ex. vid spårbildning där många olika mekanismer tillsammans leder till utveckling av det totala spårdjupet. I andra fall styrs åtgärderna av andra åtgärder. Sprickor och vägmarkeringar åtgärdas beroende på tiden sedan senaste åtgärd medan punktvisa åtgärder samordnas med åtgärder för hela vägavsnittet.
<i>Livslängdsbedömning förenklar</i>	Förenklade bedömningar kommer att bli nödvändiga som anpassas efter tillämpningarna. Vid konventionell dimensionering bedöms aldrig kostnader specifikt i det enskilda fallet utan bedömningen görs baserat på livslängd för det antal tunga standardaxlar som ska trafikera vägen. För bundna lager ska en teknisk livslängd om 20 år uppfyllas. Det exakta tillståndet som kännetecknar livslängdens slut är inte väl definierat. Sprickindex på 200 tycks sammanfalla med livslängdens slut (Göransson, Validering av PMS Objekt. Delmoment för nybyggnation, 2004). I någon mån definierar själva dimensioneringsreglerna hur stark en konstruktion är som ska hålla i 20 år där töjningen i underkant asfalt är dimensionerande i kriteriet för livslängden. Analogt kan kriteriet för underkant asfalt användas för att bedöma återstående livslängd, vilket motsvarar ett restvärde. Att åtgärda sprickor är också dyrare än att åtgärda skador på ytan. Bedömningar som enbart koncentrerar sig på åtgärder mot sprickbildning fångar därmed en väsentlig del av den framtida underhållskostnaden, åtminstone på det medeltrafikerade vägnätet.

### 9.2.5 Resultat av restvärdesbedömning

*Använda resultatet* När livslängden eller kostnader för framtida drift och underhåll bestämts är restvärdet en fråga om hur detta ska presenteras. Detta beror av tillämpningen. I vissa fall stannar analysen i tekniska krav, i andra fall i ekonomiska termer, t.ex. bonus/vitesbelopp. Mer om detta i nästa avsnitt.

Det är också viktigt att väga samman de olika aspekterna och beakta eventuella bedömningar av risker.

## 9.3 Tillämpningar

Nedan ges följande exempel på när begreppet *Restvärde* kan tillämpas:

- Som komplement till funktionskrav vid totalentreprenader för nybyggnad vid korta garantitider (9.3.1)
- Överlämnandekrav efter funktionsentreprenader för nybyggnad vid längre helhetsåtaganden (9.3.2)
- Överlämnandekrav efter funktionsentreprenader på beläggningsunderhåll (9.3.3)
- Grund för bedömning av bonus och vitesbelopp (9.3.4)
- Restvärdesberäkningar vid livscykelkostnadsberäkningar (LCC) (9.3.5).

### 9.3.1 Krav på restvärde vid upphandling av funktion med korta kontrakts- och garantitider vid nybyggnad

*Korta kontrakt på funktion kräver hänsyn till restvärde* Med kortare kontrakt avses typiskt en totalentreprenad (TE) där inte underhåll eller drift ingår och en garanti lämnas för kontraktstiden om maximalt tio år. I detta fall upphandlas funktion. Utan krav kopplade till restvärde vid kontraktstidens utgång saknas incitament för entreprenören att bygga på ett långsiktigt sätt.

*Krav enligt Trafikverkets regelverk* Det klassiska sättet att säkerställa restvärde vid (utförande-)entreprenader (UE) är att ställa strikta krav på dimensioneringen och kontroll av utfört arbete. TK, TR och TBT innehåller dessa krav. Kompletterande krav kan behövas med tanke på de relativt stora frihetsgrader som finns i TK, TR och TBT. Nackdelen med detta förfarande är givetvis att den tekniska utvecklingen hämmas och incitament för effektivt byggande fokuserat på funktion saknas.

*Restvärdesbedömning* Om den ovan nämnda nackdelen med UE ska kunna undanröjas krävs införande av funktionella krav där riskerna med TE minimeras genom krav på restvärde. I den nationella mallen för funktionskrav finns för närvarande (2009) krav på **maximal spårutveckling**. Spårbildning är en viktig faktor vid bedömning av kostnader för beläggningsunderhåll, i synnerhet avseende åtgärdsintervall och typen av åtgärd. Detta enda krav är på inget sätt heltäckande men ett bra exempel på hur restvärde kan säkerställas

genom funktionella krav. För att ytterligare förfina kraven relaterade till restvärde behövs en analys av vilka kostnader för drift och underhåll som kan tänkas uppkomma och hur dessa kostnader kan minimeras genom en rimlig tillståndsutveckling. I FIA-mallen från 2007 (FIA funktionskrav generellt) användes fallvikt och bärighetsindex. Även modeller baserade på SCI300 är tänkbara eftersom de kopplar till både spår- och spricktillväxt. Från fallvikt kan även återstående livslängd på bundna lager bedömas enligt VVMB 114.

Ännu finns inget robust exempel på där restvärde bedömts för bundna lagers utmattningsegenskaper och beständighet på lång sikt. Sådana provningsmetoder skulle på ett bra sätt komplettera vägytemätningar och strukturella mätningar.

### 9.3.2 Krav på restvärde vid överlämning efter långa kontrakt vid nybyggnad

<i>Långa kontrakt innebär LCC-tänk...</i>	Långa kontrakt bör omfatta underhåll under kontraktstiden. I detta fall har entreprenören ett incitament att bygga så att underhållet hålls på en låg nivå eller åtminstone är väl kalkylerbart och utfallet säkert. Annars är risken stor för entreprenören att vinsten äts upp av viten eller underhållskostnader.
<i>...men standarden vid överlämning då?</i>	Ändock, problemet med restvärde finns kvar vid överlämnandet, om än i reducerad omfattning. Risken för beställaren kan antas minska med kontraktstidens längd, men samtidigt ökar andra risker, t.ex. <ul style="list-style-type: none"> <li>• att kontraktet måste hävas för att förhållandena ändrats på ett sätt som inte kunde förutses när kontraktet skrevs</li> <li>• att vägens kondition är dålig pga. strukturell misskötsel</li> <li>• att ojämna sättningar och tjäle börjar göra sig gällande</li> <li>• att bundna lager eller syntetiska material förändrar sina egenskaper.</li> </ul> <p>Hög väghyra samt krav på spårutveckling, sättningar, dränering och material är exempel på dämpande styrmedel i detta sammanhang.</p>
<i>Kräva ny-standard?</i>	Ett annat sätt att mildra problemet är att föreskriva en hög nivå på standard vid överlämnandet. En lösning för entreprenören kan ju då vara att satsa på ett gott utförande. En annan lösning kan vara att göra en mer kosmetisk åtgärd strax innan överlämning. I det läget har beställaren de facto betalt för en åtgärd man inte vill ha. Således, krav på restvärde krävs även i detta fall, även om det bör påpekas att den ekonomiska livslängden bör utgöra en bortre gräns. Kraven som ställs bör belöna hög bärighet, låg spårutveckling och långsiktigt beständiga material.

*Restvärdes-  
bedömning*

På Norrortsleden (15 års funktions- och underhållsansvar) ställdes krav kopplade till fallviktsmätningar. Även om själva formuleringen kan diskuteras var andemeningen att den föreskrivna livslängden skulle kunna verifieras genom mätningar och beräkningar enligt VVMB 112 och 114.

### 9.3.3 *Krav på restvärde vid överlämning efter funktionsupphandlat beläggningsunderhåll*

*Krav på enbart  
funktion innebär  
risker*

Tumregeln vid underhåll är att tunnare åtgärder är billigare än åtgärder som kräver mer material och går på djupet. Att återvinna material på plats är också billigare än att använda nytt material. Båda dessa mekanismer missgynnar långsiktiga åtgärder för att vidmakthålla eller öka bärigheten. Återvinning är visserligen bra i sig men innebär de facto att inget tillskott till bärighet tillförs genom ökad beläggningstjocklek.

Ovanstående är exempel på varför krav på restvärde eller andra incitament för långsiktig förvaltning är nödvändiga även vid funktionsentreprenader på beläggningsunderhåll.

*Vad är önskvärt?*

De funktionella eller funktionsrelaterade kraven skall i sig utgöra incitament för en resursmässigt väl avvägd förvaltning.

Exempelvis:

- Skador som är för dyra att reparera i grunden ska åtgärdas så att funktionen ändå upprätthålls
- En långsiktigt optimal strategi genomförs där trafikanterna och samhället får mest nytta för pengarna.

Problemet är dock återigen långsiktigheten. Det är mycket svårt att premiera samhälls- och väghållarekonomiskt motiverade åtgärder för minskad LCC där kontraktstiden är betydligt kortare än komponentens och anläggningens livslängd.

*Restvärdes-  
bedömning ger*

För konventionella beläggnings- och beläggningsåtgärder finns exempelvis modeller för tillståndsutveckling baserade på måttet SCI300 att tillgå. Måttet SCI300 från fallviktsmätningar är främst förknippat med den **bundna beläggnings** tillskott till bärigheten. Vanligen upphandlas beläggningsunderhåll med ett stort mått av funktionsrelaterad provning i lab på provkroppar från fält enligt tidigare avsnitt 4.3, se särskilt FIA (FIA Sverige, 2006).

Vägytetrender och information om materialens kondition kan ge nödvändigt underlag för att ställa krav på restvärde. Beständighet kommer dock att vara en framtida utmaning.

### 9.3.4 Bedömning av bonus- och vitesbelopp

<i>Vilket mål har bonus- och vite?</i>	<p>Bonus och vite kan ge förfrågningsunderlagen en flexibilitet där slutresultatet är kostnadseffektivt. Detta innebär högre nivå på funktion där detta kräver lite resurser och vice versa. För att bonus och vite ska ge rätt incitament och bli effektiva medel för styrning krävs tydliga mål.</p> <p>De flesta tycker nog att det är självklart att inte acceptera en väg som är i dåligt skick, men frågan är om det är önskvärt att premiera en väg som är bättre än förväntat? Idealt för en offentlig väghållare borde vara att minimera livscykelkostnaden för samhället. Frågan är hur man ska styra mot kostnadsminimum? Om vi antar att gängse standard och praxis för byggande och underhåll ligger ganska nära ett kostnadsminimum bör vi således styra mot att erhålla en likvärdig eller något bättre standard, till ett likvärdigt eller något lägre pris. Ett problem i sammanhanget är vad som ska räknas in i kostnadsminimum och att olika aktörer i samhället har olika prioriteringar, men detta är närmast en politisk fråga som bl.a. finns beskriven i underlaget för Trafikverkets regler för samhällsekonomiska bedömningar (Vägverket, Vägverkets samhällsekonomiska kalkylvärden, 2008).</p>
<i>Hur bedöma kostnadsminimum?</i>	<p>Så hur bedöms kostnadsminimum? En förenkling är att anta att vi kan fastställa en genomsnittligt optimal nivå på funktion. För en given (genomsnittlig) nivå på funktion, är det därmed väghållarkostnaderna som ska kostnadsminimeras. Väghållarkostnaderna består av summan av investeringar i nuläget samt kostnadskomponenten i restvärdet, som är de framtida kostnaderna för drift och underhåll. Tyvärr kan denna förenkling förbise effekter som drabbar samhället. I vissa sammanhang är en genomsnittlig nivå på funktion missvisande då konsekvenserna av en tillfällig eller lokalt undermålig funktion är stora, t.ex. bristande framkomlighet (på en annars bra väglänk) eller en brist som föranleder stora kostnader för olyckor, fordon och bränsle.</p>
<i>Balans mellan bonus och vite</i>	<p>För höga eller för låga belopp eller felaktiga skevheter mellan bonus och vitesbelopp riskerar styra mot avvikelser från kostnadsminimum. Om kostnadsminimum ska vara det mest sannolika utfallet måste bonus- och vitesbeloppen vara så utformade att normalstandard regelmässigt uppnås och utgör medelvärde. Kostnaderna för avvikelser från minimum i form av minskat restvärde bör principiellt täckas av entreprenören (inkl. effekter på miljö, gods och trafikanter), medan avvikelser i form av ökat restvärde kan kompenseras entreprenören i relation till de pengar som beställaren tjänar på minskad DoU.</p> <p>Det är dock viktigt för effektiviteten att flexibiliteten i bonus och vite ändå utnyttjas vid utförandet. Bonus ska också ge incitament nog att driva utvecklingen framåt.</p>



<i>Skevhets viktig</i>	<p>Brister i funktion medför i många fall mycket stora kostnader för samhället. Detta betyder att bonus och vite bör ha en viss inbyggd skevhet i det att vitesbeloppet där konsekvenserna för bristande funktion är allvarliga och vida bör överstiga bonus vid god funktion.</p> <p>Om förutsägbarheten i bonus är god mildras effekter av för generösa bonusar genom att de avräknas som intäkt redan i anbudet. Det är således inte dyrare att ha bonus i upphandlingar så länge underlaget är kalkylerbart.</p>
<i>Beställaren måste säkerställa funktion</i>	<p>Vidare måste vitessystemet harmoniera med de krav som väghållaren måste ställa på vägarna för att tillgodose grundläggande standardbehov på framkomlighet och säkerhet. Det kan därför vara rimligt att det förekommer flera, eskalerande nivåer på påföljder vid undermålig funktion för att inte riskera stora kostnader för samhället eller att genomsnittlig nivå på funktion tenderar gå mot överkvalité (ifall endast storsläggan är till hands). Nivåer på funktion kan kopplas till olika nivåer på vitesbelopp, till olika åtgärdstider och slutligen till att åtgärder måste göras om.</p>
<i>Exempel på praxis</i>	<p>Trafikverket har regler för viten vid beläggningsarbeten som ger viss vägledning avseende kostnadsnivåerna för olika krav (Trafikverket, 2010). Vägledning finns även i de upphandlingar som genomförts i Sverige samt i internationella erfarenheter såsom (Monismith et al., 2004) där en mängd provningsresultat värderas utifrån ett funktionsrelaterat perspektiv och sammanvägs i ersättningsmodellen. De svenska erfarenheterna skulle förmodligen ge mycket erfarenhet om modeller och utfall analyserades, särskilt avseende anbudspriser och risker.</p>
<i>Förslag till princip för bonus och viten baserat på restvärde</i>	<p>Det är således en ganska delikat uppgift att hitta en balans så att kostnadsminimum blir det sannolika utfallet av en entreprenad. Till detta behövs statistik för utfallet av tidigare entreprenader och i fallet med beläggningsunderhåll även statistik på funktionsparametrar uppmätta på den befintliga vägen. Dessutom behövs modeller för att skatta effekter, vilka i stor utsträckning finns tillgängliga genom Trafikverkets försorg.</p> <p>Nivåer på funktion kan sättas genom:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riktnivå för funktion identifieras</li> <li>• Bonusnivå för funktion identifieras som nivå som normalt uppnås i X% av kontrollobjektet</li> <li>• Vitesnivå för funktion för det lägre beloppet identifieras som nivå som normalt underskrids i Y% av kontrollobjektet</li> </ul>

- Vitesnivå för funktion för det högre beloppet eller annan allvarlig påföljd identifieras som nivå som bedöms leda till ökade effekter eller annan underhållsstrategi (dyrare) än vad beställaren avsett.

Beloppsnivåer bör utifrån restvärdesprincipen spegla avvikelserna i kostnader.

- Vid bonus delar beställare och entreprenör på vinsten för det minskade framtida underhållet
- En regel som tillämpats för belopp på bonus och viten är att vite ska vara dubbelt så stort som bonus. I princip innebär det att entreprenören väntas stå för extra kostnader för framtida underhåll, medan vinsten delas lika. Denna regel bör analyseras vidare.
- De allvarligare påföljderna ska spegla beställarens och samhällets kostnader samt ha en avskräckande men inte anbudsdrivande effekt.

Ovanstående upplägg måste avvägas så att balans mellan bonus och vite erhålls. Entreprenören sitter med möjligheten att påverka utfallet och kommer därmed att kunna skärpa arbetet i kritiska punkter så att viten undviks och lättare bonusar plockas hem. Ovan anges förhållandet 1:2 mellan bonus och vite. Detta förhållande ska spegla det sannolika utfallet så att kostnadsminimum erhålls, där restvärdet vid överlämning utgör en väsentlig del.

### 9.3.5 Restvärde efter kalkylperiod vid LCC

*Två användningsområden inom LCC*

Restvärdesbegreppet kan användas på minst två sätt vid LCC-bereäkningar. Dels kan restvärde användas för att jämma ut effekter av att åtgärdsintervallen inte går jämnt upp i kalkylperioden, dels kan restvärdet adderas till kalkylperiodens LCC om **livslängden för komponenten är väsentligt längre än kalkylperioden**. Den dimensionerande tekniska livslängden för olika komponenter varierar. Medan VVTK Väg ställer krav på 40 års teknisk livslängd för bärförmåga för underbyggnad och undergrund, TK Bro anger 120 år för pålar, VGU anger teknisk livslängd om minst 80 år för undergrund och underbyggnad.

*Restvärde efter kalkylperiod*

Många komponenter i en väganläggning har betydligt längre livslängd än den kalkylperiod som används vid samhällsekonomiska bedömningar. Dit räknas undergrunden. Dessutom kan dagens kalkylperioder komma att kortas ner. Om det är en poäng att ha livslängder som är längre än kalkylperioderna finns således ett behov av att värdera det värde som består efter kalkylperioden.

Ett problem med restvärde i detta sammanhang är att restvärdet inte kan realiseras och tillgodoräknas vid kalkylperiodens slut. Istället är restvärdet kopplat till nyttan som uppkommer under användning under en tidsperiod. Eftersom diskonteringsränta

används blir den tillgodoräknade kostnaden mindre, jämfört med om hela tillgodoräknade kostnaden kan tillskrivas tidpunkten för kalkylperiodens slut.

#### *Diskontering*

Vid LCC, där bedömningsgrunden är samhällsekonomisk nytta, används diskonteringsränta. Diskonteringsräntan medför att utgifter som uppkommer långt fram i tiden blir en marginell kostnad omräknat i dagens värde. På samma sätt påverkas nyttor. Vid den aktuella diskonteringsräntan om 4 procent kan kalkylperioden för restvärdesbedömningen antas oändligt lång eftersom bidraget från kostnader bortom hundra år är försumbara.

#### *Standard vid kalkylperiodens slut*

Vid LCC uppkommer ett antal problem i samband med en ändlig kalkylperiod. Periodiska åtgärder utförs sällan så att de går jämnt upp i kalkylperioden, t.ex. 40 eller 60 år. Frågan är också vilken standard vägen ska ha vid kalkylperiodens slut? Om vägen tas ur bruk efter kalkylperioden är svaret givet men detta är förmodligen ingen trolig utveckling i Sverige med de aktuella kalkylperioderna, allra helst inte om kalkylperioden kortas ner. Om årskostnadsberäkningar genomförs och vi använder olika långa kalkylperioder uppkommer problem ifall annat än god standard antas vid kalkylperiodens slut.

Vid periodiska åtgärder som inte går jämnt upp i kalkylperioden kan den resterande perioden tillskrivas en kostnad som motsvarar en linjär avskrivning av en åtgärd. Annars riskerar små skillnader i antagna åtgärdsintervall få stora effekter på den beräknade livscykelkostnaden, vilket ger möjligheter till missbedömningar eller manipulation. Exempel följer:

#### *Exempel linjär avskrivning:*

*40 års kalkylperiod antas. Den resterande kostnaden för underhållsåtgärder ingående i restvärdet beräknas.*

*Om åtgärdsintervallet är 14 år blir den resterande perioden 12 år. Således räknas 12/14 av åtgärds-kostnaden som återstående kostnad för de sista åren i kalkylperioden.*

*Om åtgärdsintervallet är 13 år blir den resterande perioden 1 år. Således räknas 1/13 av åtgärds-kostnaden.*

#### *Analys av exemplet*

Exemplet sätter fingret på det orimliga i att **inte** använda restvärde vid långa periodiska åtgärdsintervall. Det är alltid omöjligt, för exempelvis beläggningsarbeten, att förutsäga antingen 13 eller 14 års åtgärdsintervall. Skillnaden i LCC-kostnad utan ”restvärde” (resterande kostnad) inkluderat är dock mycket stor. Fel använt kan därmed LCC felaktigt visa på stora skillnader mellan två alternativ.

I ovanstående exempel täcker åtgärds-kostnaderna en förväntad normal standard vid slutet av kalkylperioden. Om man istället kalkylerar med en utjämt standard i slutet av kalkylperioden bör istället kostnaden för en åtgärd dras av från kalkylen.

### *Praxis*

Dagens praxis för LCC är att räkna alla kostnader som uppkommer under kalkylperioden. Detta är viktigt att tänka på om vi räknar på vägar där vi vet när de tas ur bruk eller om dagens ekonomiska livslängder uppdateras till mer troliga värden. Då är det rimligt att anta att standarden vid kalkylperiodens slut är sådan att restvärdet är i det närmaste noll och funktionen är undermålig (dvs. tvärtom mot praxis).

## 10 Diskussion, slutsatser och framtida behov av utveckling

<i>Svårt men nödvändigt</i>	Det må vara omöjligt att finna ett både enhetligt och precist system för bedömning av restvärde. I praktiken är det förmodligen nödvändigt att tillämpa restvärdesprinciperna med tanke på utvecklingen inom funktionsupphandlingar, LCC och långsiktigt helhetstänkande. I denna rapport har ett antal exempel tagits upp där restvärdesprinciperna har applicerats. Ett förslag på struktur för restvärdesbedömningar har också tagits fram. Detta ger möjligheter att analysera brister i begreppet och förbättra möjligheterna att tillämpa det.
<i>Benämningen restvärde</i>	Begreppet restvärde är i sig språkligt problematiskt eftersom det redan används inom företagsekonomi med en delvis annan betydelse eller åtminstone annan användning. Vidare kan benämningen verka förvirrande eftersom det centrala i tillämpningarna är framtida kostnader och inte de egentliga värdena.
<i>Restvärdesbegreppet tydliggör nyttan med metoder och modeller</i>	Förslaget till struktur grundar sig på tankarna kring hur man kan göra en översiktlig kalkyl från underhålls- och förstärkningsprojektering. Detta är grunden men tillämpningarna inom funktionsupphandlingar och LCC kräver förenklingar för att bli hanterbara. Sen kan restvärdesbedömning dra nytta av att metoder för dimensionering vid projektering och tillståndsutvecklingsmodeller generellt förbättras. Genom att tydliggöra hur fler områden kan dra nytta av dessa förbättrade metoder och modeller kan väghållningen generellt effektiviseras. Denna rapport har fokuserat på att synliggöra hur intimt mätmetoder och modeller för prestanda hänger ihop med vilka krav vi kan ställa vid upphandlingar och investeringsbedömningar. Detta så att rimliga krav ställs i förfrågningar och rimliga möjligheter ges att bedöma och uppfylla dessa krav i anbud.
<i>Tre plus två delar i bedömningen</i>	Strukturen för restvärdesbedömning vilar på bedömningar av vägytans utveckling, på strukturell styrka och på enskilda lagers egenskaper, kompletterat med kopplingar till brister i sidoområdet och eventuella effekter som bör beaktas. Alla delar är inte nödvändiga i alla tillämpningar utan kan förenklas.
<i>Funktionsupphandlingar – krav beror av ingående material och undergrund</i>	Det verkliga restvärdet hos en väg givet de observationer och mätningar vi idag kan göra är beroende av vilken typ av vägöverbyggnad som avses. För att tydliggöra problemet kan betong- och grusbitumenöverbyggnader (GBÖ) jämföras som exempel. För GBÖ finns erfarenhet och modeller för tillståndsutveckling, även på relativt lång sikt. Betongvägar visar generellt på mindre årliga öknings i spår och långsgående ojämnheter, medan riskerna på lång sikt inte är kända fullt ut. Både asfalt- och betongapplikationerna har dessutom genomgått omfattande teknikutveckling. Mätningar med fallvikt ger olika respons på betong och asfalt. Därmed är det omöjligt ställa upp generella krav för restvärdet efter total- och funktionsentreprenader som inte tar hänsyn till materialval på något sätt. Det sista argumentet för att noggranna

restvärdeskrav måste differentieras med avseende på material, är att materialen bör utvärderas med avseende på långsiktig beständighet. Metoderna och erfarenheterna av dessa undersökningar skiljer sig väsentligt åt mellan materialen. Analogt resonemang gäller för undergrunden där kostnaderna för att uppnå olika nivåer på funktion varierar högst avsevärt.

#### *Upphandlingar med funktionskrav*

Det kan konstateras att krav på restvärde har tillämpats vid upphandlingar men att detta område kan utvecklas ytterligare. För vanliga överbyggnadstyper har vi idag relativt goda möjligheter att bedöma framtida tillståndsutveckling och åtgärdsbehov på kortare sikt. För bedömningar där restvärde på längre sikt vägs in krävs mer forskning och utveckling av metoder. Ett problem med dagens metoder är att lång erfarenhet krävs av materialen. Om detta är ett krav vid funktionsupphandlingar hämmas utvecklingen av att i praktiken endast konventionella lösningar accepteras. Bättre metoder för att karakterisera materialens beständighet och livslängd (utmattning) är därmed nödvändiga. Bättre koppling mellan mätningar i lab, på vägen och dess tillståndsutveckling är också nödvändig. Något som både beställare och entreprenör drar nytta av ur flera aspekter.

#### *Bonus och vite*

Nivåerna på bonus och vite beror givetvis på fler faktorer än vilka besparingar eller kostnader som berör väghållaren. Bonus och vite ska styra entreprenören att lägga sig på rätt nivå avseende standard så att kostnadsminimum för samhället som helhet erhålls. Där omständigheterna gör det kostsamt att uppnå riktvärden på standard väljer entreprenören istället att acceptera viten (utfall under riktvärdena uppkommer naturligtvis även av slump pga. naturliga variationer, vilket är predikterbart för större objekt men inte i enstaka punkter). Samma resonemang kan appliceras på standard vid överlämning. Därmed bör kopplingen mellan bonus/vite och totala kostnader tydliggöras. Denna koppling är komplex i flera led från väghållarens interna målstandard, via förfrågningsunderlag till entreprenörens alternativ i anbudsräkning och byggande. Reella och potentiella risker för både beställare och entreprenör är viktiga faktorer att ta hänsyn till vid utformning av bonus och vite. Avseende restvärde är nivåerna på bonus/vite för bärighets- och beständighetsrelaterade mått av särskilt intresse.

#### *LCC*

Vid LCC finns oklarheter om hur restvärde ska bedömas och vilka kalkylregler som bör tillämpas, men en praxis etableras. Komponenterna och åtgärderna i en väganläggning har mycket varierande livslängd, vilket ställer till bekymmer när de ska värderas. Restvärde för komponenter med livslängd avsevärt längre än kalkylperioden kan vara nödvändigt att inkludera i vissa fall. Frågan om vilken standard som ska gälla vid kalkylperiodens slut definieras tydligare. Här rekommenderas standard som efteråtgärd.

*Återstående livslängd ett förenklat restvärde*

Det ligger otvetydigt ett värde i att en väg har en återstående livslängd givet en viss tidpunkt. För att slippa bedömningar av framtida åtgärdsbehov kan restvärdesbedömningen förenklas till att gälla värdet hos vägen fram till att ett givet tillstånd uppnås eller att en större åtgärd erfordras. I detta fall kan restvärdet alltså anges som återstående livslängd, t.ex. i enheten tillåtet antal standardaxlar enligt den nomenklatur som används vid överbyggnadsdimensionering.

*Behov av fortsatt arbete*

Stora kunskapsluckor kan tyvärr identifieras i dagens modeller för prediktion av framtida tillståndsutveckling och materialprestanda, samt kopplingen till behov av underhåll. Det är viktigt att dessa modeller inte utestänger ny teknik eller att olika modeller utvecklas för olika material och konstruktioner. Det är också viktigt att modeller görs oberoende av dagens och gårdagens förhållanden på det att de blir omoderna och ogiltiga imorgon utan i större utsträckning mer generellt kan bedöma effekter av olika faktorer, både yttre och konstruktionstekniska.

Det är också viktigt att länka detta arbete med de system som kommer att användas för beläggningsunderhåll och dimensionering samt hantering av empiriska data (olika delar i PMS).

För vidare implementering är det nödvändigt att precisera ramverkets moduler i metodbeskrivningar och komplettera med stöd och verktyg.

*Effekter*

Denna rapport har utgått ifrån att fastställda krav på funktion upprätthålls oavsett vilken teknisk lösning som valts och vilken strukturell kondition vägen besitter. Det går dock inte att helt bortse ifrån att ökad funktion utöver gränsvärden ger mervärden som samhället är villigt att betala för. Exempelvis en väg med lågt underhållsbehov och därmed mindre störningar på högtrafikerade vägar ger större samhällsnytta, vilket bör tillgodoräknas i restvärdet.

*Sammanfattande slutsats*

Denna rapport har lagt fram ett förslag om hur restvärde kan användas och analyserat vilka problem som föreligger. Bedömningar av restvärde är angelägna och mycket arbete återstår ännu med att i detalj beskriva hur restvärdesbedömningar ska utföras. Dessutom krävs nya metoder och modeller som kopplar samman tekniska parametrar med funktionella och ekonomiska utfall av åtgärder. Detta arbete genererar dock nytta för bedömningar och projektering vid alla investeringar och åtgärder på vägar.

## Referenser

- Bickel, e.a. (2004). *HEATCO – Proposal for Harmonised Guidelines*. Contract No. FP6-2002-SSP-1/502481, IER, Tyskland.
- Carlson, H. & Ek, P. (2006). *Värdering av fastigheter – en jämförelse mellan kommunala och privata fastighetsbolag*. C-uppsats, Fakulteten för ekonomi, kommunikation och IT, Karlstads Universitet.
- FIA Sverige ”Anvisningar för upphandling av underhållsbeläggningar med funktionskrav funktionsbeskrivning mät- och ersättningsregler kontraktshandling” FIA Sverige, 2006.
- Flamm, D., Grünwald, W. & Olsson, T. (2006). ”IAS 41 – Vad är erfarenheterna från de svenska skogsförvaltande bolagens implementering av IAS 41. Magisteruppsats, Göteborgs Universitet.
- Forestman. (December 2007). Forest Value – <http://www.forestman.se/software/fmvalue.html>
- Gagliano, B., Blab, R. & Kappl, K. (2004). *Models for permanent deformation for bituminous bound materials in flexible pavements*. SAM-05-DE11, SAMARIS, [http://www.fehrl.org/?m=32&id\\_directory=356](http://www.fehrl.org/?m=32&id_directory=356).
- Grennberg, T. & Olsson, U. (1996). *Restvärdesbedömning vid avlämnandebesiktningen: funktionsentreprenad på väg*. Luleå högskola. Teknisk rapport 1996:04 T.
- Göransson, N-G. (2004). *Validering av PMS Objekt. Delmoment för nybyggnation*. VTI notat 2-2004. VTI, Linköping.
- Göransson, N-G. (2007). *Prognosmodell för spårutveckling orsakad av tung trafik – Delmoment för nybyggnation*. VTI notat 2-2007. VTI, Linköping.
- Hammarström, U., Göransson, N-G. & Yahya, M-R. (2008). *Road deterioration models*. VTI, EU:ECRPD. [http://www.transguide.org/eu/ecrpd/20091001\\_D5%20%28b%29%20ECRPD%20Road%20deterioration%20090401.pdf](http://www.transguide.org/eu/ecrpd/20091001_D5%20%28b%29%20ECRPD%20Road%20deterioration%20090401.pdf).
- Jacobson, T. & Wågberg, L-G. (2007). *Utveckling och uppgradering av prognosmodell för beläggningsslitage från dubbade däck samt en kunskapsöversikt över inverkan av faktorer – Version 3.2.03*. VTI notat 7-2007. VTI, Linköping. <http://www.vti.se/EPiBrowser/Publikationer/N7-2007.pdf>.
- Lang, J. (2008). Föreläsning KTH VT 2008, Powerpointpresentation.
- Lee Jr, D. B. (2002). Fundamentals of Life-Cycle Cost Analysis. *TRR 1812*, pp.203–210.
- Monismith C. L., Popescu L., Harvey J. T. & Hoover T. P. “Performance-based pay factors for asphalt concrete construction” Proceedings of the 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA'04), 2004.
- Nationalencyklopedin. (1998). Nationalencyklopedin – v 2.0 publicerad augusti 1998 CD-ROM för PC.
- NCHRP. (2004). ”*Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, Part 3, Chapter 3*” (avsnitt 3.3.4.3 Performance prediction). NCHRP.



- Nicou, A. & Sand, T. (2006). *Privata skogsägares värdering av monetära och icke-monetära värden i Mälardalen och Norrbotten*. Kandidatuppsats, Stockholms Universitet.
- Odoki, J. & Kerali, H. R. (2000). *Analytical Framework and Model Structure, Volume 4. The Highway Development and Management Series, International Study of Highway Development and Management (ISOHDM), Paris*. World Roads Association (PIARC).
- Oscarsson, E. (2011) *Mechanistic-Empirical modelling of permanent deformation in asphalt concrete layers*. Bulletin 259, Lunds universitet.
- Ryden, N. (2009). Mätning av styvhetsmodul på asfaltprovkroppar genom enkla resonansfrekvensmätningar. *VTI Transportforum*, (s. Transportforum session 30. 2009 ([http://www.vti.se/templates/Page\\_\\_\\_\\_\\_10404.aspx](http://www.vti.se/templates/Page_____10404.aspx))).
- Saarenketo, T. & Scullion, T. (2000). Road evaluation with ground penetrating radar. *J Applied Geophysics* 43, pp. 119–138.
- SIKA. (2008). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4*. SIKA PM 2008:3.
- Svenskt Fastighetsindex. (2006). *Värderingshandledning för SFI/IPD Svenskt Fastighetsindex*. Svenskt Fastighetsindex.
- Trafikverket "Trafikverkets regler för reglering av beläggningsarbeten" TRV Publ. 2010:092, 2010.
- Wågberg, L-G. (2001). *Utveckling av nedbrytningsmodeller*. VTI meddelande 916. VTI, Linköping.
- Vägverket. (2001). *VVMB 301 Beräkning av tjällyftning*. VV Publ. nr 2001:101.
- Vägverket. (2008). *VVTK (avsnitt 4.4.4.4 och 4.4.4.5)*. VV Publ 2008:78.
- Vägverket. (2008). *Vägverkets samhällsekonomiska kalkylvärden*. Publikation 2008:67. Vägverket.



## Nuvärdesberäkningar

Nuvärdesberäkning av **kostnad under år n** med diskontering:

$$K_{Nu} = K_n \cdot \frac{1}{(1+r)^n} \quad \text{Ekv.1}$$

Nuvärdesberäkning och summering av årliga kostnader med diskontering:

$$K_{Nu} = K_{\text{årlig}} \cdot \frac{1}{AF} \quad \text{Ekv.2}$$

Beräkningar av årskostnader från Nuvärde med diskontering genom annuitetsberäkning görs enligt:

$$K_{\text{årlig},r} = K_{Nu} \cdot AF \quad \text{Ekv.3a}$$

där

$r =$  diskonterings- eller kalkylränta [%], vanligen 4 % inom Trafikverket

$n =$  antal år (mellan värdeår och åtgärdsåret)

$K =$  kostnad

$AF =$  annuitetsfaktor,  $AF = \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}}$





VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportsystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovsningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE

LINKÖPING

POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING

TEL +46 (0)13 20 40 00

www.vti.se

BORLÄNGE

POST/MAIL BOX 920

SE-781 29 BORLÄNGE

TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM

POST/MAIL BOX 55685

SE-102 15 STOCKHOLM

TEL +46 (0)8 555 770 20

GÖTEBORG

POST/MAIL BOX 8072

SE-402 78 GÖTEBORG

TEL +46 (0)31 750 26 00