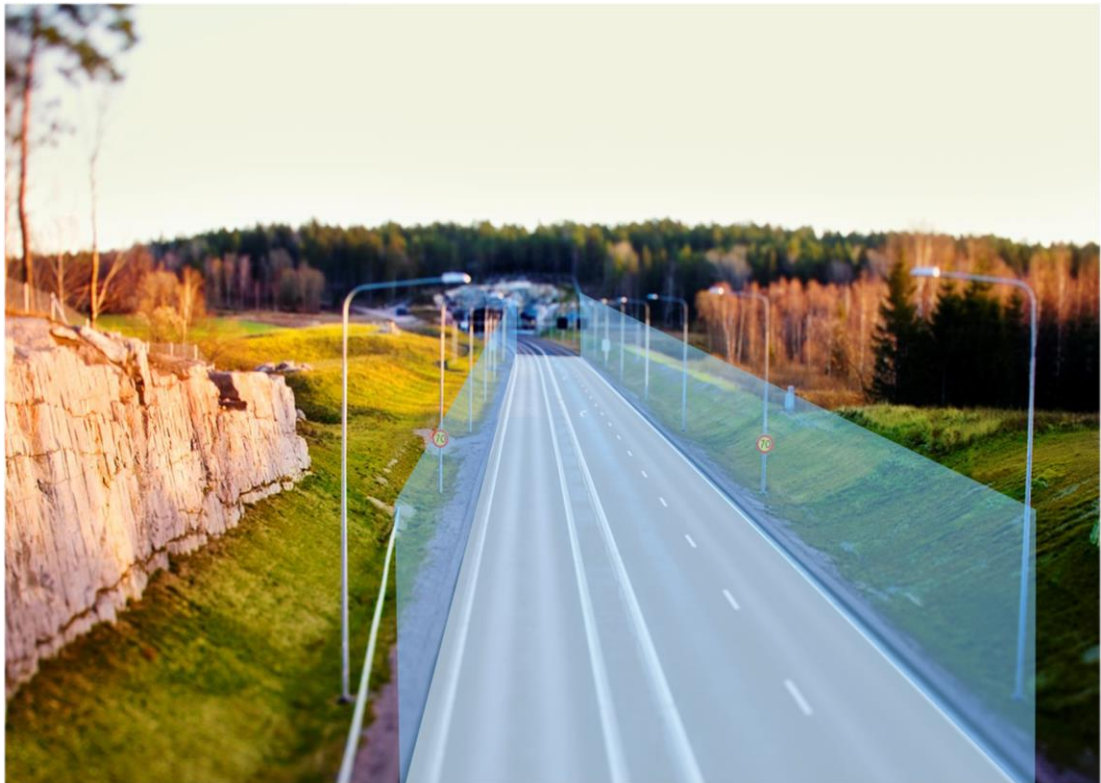


Entreprenadform och teknisk kvalitet i vägprojekt: 1: Kontraktsförutsättningar, krav och rekommendationer



Robert Lundström
Jonas Ekblad

NCC Industry rapport augusti 2020
BVFF 6084
SBUF 13024

Upplands Väsby 2020

Förord

Studium av vägentreprenader kräver tålamod. Vill man dessutom omfatta flera för att om möjligt generalisera kunskaper kring, i det här fallet, entreprenadformer, bör tidsfönstret vara ganska brett. För byggandet av nya vägar har den andra vågens totalentreprenader funnits färdigbyggda i drygt 10 år varför det är hög tid att närmare sammanfatta resultat. Detta är av vikt för alla inblandade från politiker till vägbyggare över Trafikverk och konsulter. Och förstås trafikanter.

Denna studie fokuserar på tekniska kravställningar och uppmätta resultat. Redovisningen är delad i två delrapporter:

- 1: Kontraktsförutsättningar, krav och rekommendationer
- 2: Vägytans jämnhet vid trafiköppning

som är innehållsmässigt delade men tematiskt förbundna. Till denna serie rapporter kommer analys av vägytans jämnhet under drift- eller garantitid att fogas som delrapport 3.

Arbetet har utförts inom ramen för våra anställningar vid KTH Kungliga Tekniska Högskolan, Byggvetenskap och finansierats av Svenska Byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) och Trafikverket genom branschprogrammet Bana väg för framtiden (BVFF) och NCC Industry i lika delar, för vilket vi är tacksamma.

Robert Lundström
Risk and R&D manager
NCC Industry, Division asphalt

Sammanfattning

Trafikverket har som största kund inom infrastruktursektorn sedan ett drygt decennium beslutat att väg- och beläggningsentreprenader i hög grad skall upphandlas på totalentreprenad istället för traditionell utförandeentreprenad. Vår undersökning analyserar skillnader mellan entreprenadformerna avseende kontrakt och tekniskt utfall vid trafiköppning. Denna rapport är del 1 som jämför kontraktshandlingar. Delrapport 2 redovisar och analyserar mätningar av vägytans jämnhet och beskriver en riskmodell för vägyta vid trafiköppning.

Kontraktshandlingar från 43 totalentreprenader upphandlade mellan 2005 och 2017 har sammanställts och jämförts med varandra och normal utförandeentreprenad. Analysen fokuserar huvudsakligen på följande aspekter: kontraktstidens längd, tekniska krav, konsekvenser vid fel och eventuella indexregleringar.

Garantitiden skiljer mellan entreprenadformerna där 5 år regelmässigt gäller för utförandeentreprenader och den avgjort vanligaste kontraktslängden för totalentreprenader är 10 år. Trenden är att kravställningen för spårdjup skärpts något med tiden. Det kanske mest eftersträvansvärda är enhetlighet mellan totalentreprenadskontrakt då de varierar avseende såväl kravställning som övriga kontraktsförutsättningar som t.ex. indexreglering.

INNEHÅLL

1. INLEDNING.....	5
1.1. PROBLEMSTÄLLNING.....	5
1.2. SYFTE	6
2. BAKGRUND OCH TIDIGARE ERFARENHETER.....	7
2.1. GENERELLA SKILLNADER MELLAN ENTREPRENADER	7
2.1.1. <i>Kontraktstid</i>	8
2.1.2. <i>Teknisk kravställning</i>	9
2.1.3. <i>garantiperiod</i>	12
2.2. JÄMFÖRANDE STUDIER	12
2.2.1. <i>Klassiska projektmål</i>	13
2.2.2. <i>Riskhantering</i>	16
3. RESULTAT FRÅN UNDERSÖKTA ENTREPRENADER	18
3.1. KONTRAKTSTID	19
3.2. TEKNISKA KRAV	19
3.2.1. <i>Dimensionering</i>	20
3.2.2. <i>Krav på egenskaper</i>	24
3.3. KONSEKVENSER AV FEL	28
3.4. INDEXREGLERING AV KOSTNADER	29
4. DISKUSSION, SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	30
REFERENSER	33
BILAGOR.....	37

1. INLEDNING

Trafikverket har som största kund inom infrastrukturektorn sedan ett drygt decennium beslutat att väg- och beläggningsentreprenader i hög grad skall upphandlas på *totalentreprenad* istället för traditionell *utförandeentreprenad*. I korthet innebär totalentreprenad att varje enskilt projekt dels tekniskt bedöms och dels ekonomiskt regleras baserat på vilken teknisk kvalitet som uppnås hos vägytan och detta under en relativt lång kontraktstid. Att funktionskrav ställs i stället för traditionella utförandekrav, vilka främst baseras på ingående delmaterials sammansättning och detta normalt endast vid tidpunkten för arbetets utförande och slutbesiktningen, innebär att totalentreprenören såväl får större frihet att välja material och produktionsmetoder som större ansvar för den slutliga produktens tekniska kvalitet under en längre tid.

Forskning kring projekteffektivitet grundas ofta på 3 klassiska projektmål:

- kostnader
- leveranstid
- teknisk kvalitet

varav det 3:e, teknisk kvalitet, i fallet vägar har ägnats betydligt mindre uppmärksamhet än de övriga 2. Den grundläggande frågeställningen i detta projekt är om, och i så fall i vilken mån, den på vägen uppmätta tekniska kvaliteten påverkas av entreprenadform. Undersökningen omfattar analys av kontraktshandlingar och utförda vägytemätningar.

Den första avrapporteringen i detta projekt är av läsbarhetsskäl delad i 2 delrapporter där denna del utgör den första delen som undersöker skillnader och likheter mellan entreprenadformerna avseende kontraktsinnehåll: vad som avtalas och hur. Delrapport 2 jämför sedan tekniskt utfall i termer av vägnarnas jämnhet vid trafiköppning och utvecklar en riskbedömningsmodell. Dessa 2 delrapporter fokuserar främst på trafiköppning medan en kommande 3:e och avslutande rapport behandlar krav och funktion under garantitid.

1.1. PROBLEMSTÄLLNING

Med osäkerhet avses i allmänhet situationer där beslutsfattande görs inte enbart med okänt resultat som i fallet med risk, men även utan sannolikhetsfördelning för olika resultat. Totalentreprenader med funktionskrav innebär större osäkerhet än utförandeentreprenader då tillförlitliga samband för olika funktionsparametrar idag saknas. Traditionella dimensioneringsmodeller för vägar (t.ex. Trafikverkets PMS Objekt) kan inte prediktera funktionen, t.ex. spårdjupsutvecklingen, hos ett enskilt vägprojekt eftersom verktyget baserar sig på någon typ av genomsnittligt beteende hos vägar där den regelstyrda dimensioneringen enbart avgör om en given design är godkänd eller ej över den godtyckligt valda dimensioneringsperioden 20 år. Detta påverkar alla aktörers beslutssituation. Möjligen kan totalentreprenader ur Trafikverkets perspektiv betraktas som risk (d.v.s. med känd sannolikhet) på grund av det stora antalet vägar myndigheten förvaltar varför enskilda entreprenader inverkan är närmast försumbar samtidigt som det är sannolikt att

totalentreprenadsvägar i genomsnitt, i tekniskt hänseende, inte dramatiskt avviker från övriga vägar.

För en entreprenör, verksam i en marknad bestående av totalentreprenader, gäller det att kunna bedöma sannolikheten för att kravställningen klaras för en given konstruktionslösning, kostnaderna för att kravställning inte klaras och hur risknivån förändras om en annan teknisk lösning väljs, d.v.s. gå från osäkerhet till risk som det finns strategier för att hantera. För beställare gäller det att både kunna motivera ett givet funktionskrav inför en upphandling och bedöma huruvida leverantörer rimligen kan uppfylla kraven och i förlängningen hur kravställningen påverkar anbudspriser. Kunskap rörande teknisk kravställning och funktion för vägentreprenader är således av stor betydelse dels för anbudslämnande entreprenörer, dels för beställare eftersom teknisk kvalitet är ett av de viktigaste projektmålen (jämfört med kostnad och leveranstid).

I litteraturen förväntas totalentreprenader ofta leda till att projekt snabbare realiserar, till bättre kvalitet och lägre kostnad. Från ett teoretiskt ekonomiskt perspektiv diskuteras entreprenadformer ofta utifrån effekter på bl.a. anbudspriser och produktionskostnader, transaktionsrelaterade tilläggs- och ändringsarbeten men även i produktivitetshöjande innovationer. Ekonomisk utveckling över tid nämns särskilt som skäl för att öka andelen totalentreprenader, vilket i sin tur förutsätter att det finns metoder för att beskriva, upphandla och följa upp infrastrukturens funktionalitet. En av de viktigaste frågeställningarna ur ett upphandlingsperspektiv är hur man skall erhålla en produkt under hög konkurrens men samtidigt med låga transaktionskostnader vilket kräver tydlighet och transparens i kravställning för att undvika osäkerheter och opportunistiska (se t.ex. Williamson, 1985). Även om många olika undersökningar gjorts för att utvärdera och jämföra totalentreprenader med utförandeentreprenader så finns förvånansvärt få systematiska och statistiska utvärderingar av hela processen t.o.m. kontraktstidens utgång (garantibesiktning). Många undersökningar omfattar endast ekonomiska skillnader i anbuds- och tidiga kontraktfasen.

Problemställningen berör i högsta grad marknadens effektivitet. Effektiv konkurrens anses viktigt för ekonomisk tillväxt. En viktig fråga för såväl beställare, som Trafikverket, som övriga aktörer torde därför vara att minska graden av teknisk osäkerhet i samband med anbudslämnning eftersom detta påverkar transaktionskostnader, anbudspriser, och därmed konkurrensen.

1.2. SYFTE

Den övergripande målsättningen med projektet är att mäta och jämföra teknisk kvalitet hos nybyggda vägar upphandlade som utförande- resp. totalentreprenader. Syftet med analysen av erhållna resultat kan ses ur olika aktörsperspektiv:

Förbättrad riskbedömning ur ett entreprenörsperspektiv

Entreprenörens perspektiv i anbudsskedet för en totalentreprenad omfattar främst att identifiera och kvantifiera risker och hur man eventuellt kan

påverka dessa genom konstruktions- och materialval. Det är av stor vikt att anbudslämnare kan bedöma huruvida kravställningen är svår eller enkel att klara, och kunna förvandla osäkerheter till kalkylerbara risker. Osäkerhet hanteras annars genom att höja anbudssummor eller avstå att lämna anbud.

Öka konkurrensen genom högre transparens ur beställarperspektivet

Beställarens perspektiv är förmodat något bredare. Utöver riskbedömning avseende teknisk kvalitet snarlik den entreprenören gör är en viktig frågeställning hur man skall erhålla en produkt genom upprättande av avtal som leder till hög konkurrens och låga transaktionskostnader. Huruvida bättre, likvärdig eller sämre kvalitet erhålls vid totalentreprenader jämfört med utförandeentreprenader kräver utvärderingar av ett flertal projekt och över lång tid.

Till yttermera, observation av tekniskt uppträdande under verkliga förhållanden är basen för kunskap inom ingenjörsvetenskaperna. Att systematiskt följa upp vägprojekt över tiden rörande teknisk funktion innebär att viktig empiri kan erhållas till framtida statistiska eller mekanistiska dimensioneringsmodeller.

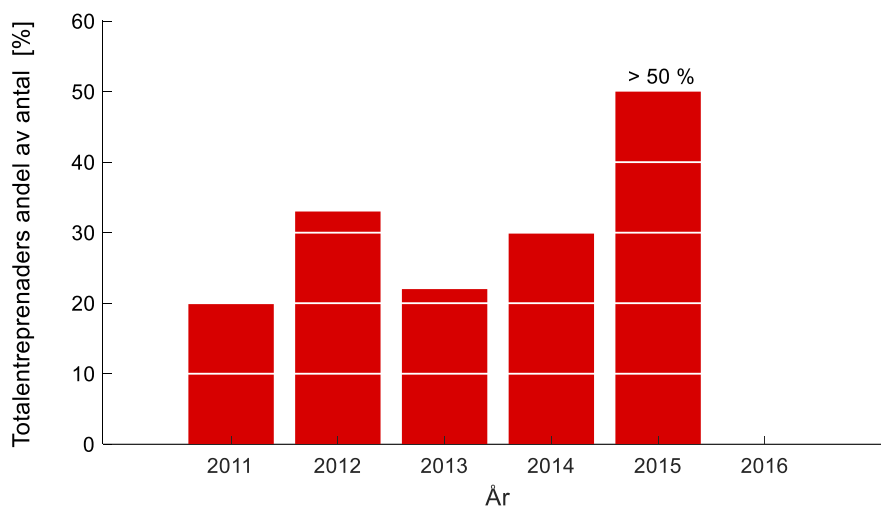
Denna delrapport (del 1 av 3) syftar till att sammanställa kontraktsförutsättningar, d.v.s. de väsentligaste aspekterna i entreprenadkontrakt (EK), administrativa föreskrifter (AF) och objektsspecifika tekniska beskrivningar (OTB eller TB), som berör total- och utförandeentreprenader inom vägbyggnad i Sverige. Avsikten med sammanställningen är främst att identifiera och jämföra väsentliga skillnader rörande kravställning och, avdrag eller felavhjälpan den till följd av fel.

2. BAKGRUND OCH TIDIGARE ERFARENHETER

2.1. GENERELLA SKILLNADER MELLAN ENTREPRENADER

För enkelhets skull delas termen entreprenadform här endast i två kategorier, utförande- respektive totalentreprenader, trots att en mängd olika varianter på temat förekommer. I engelskspråkig litteratur benämns totalentreprenader ofta design-build-kontrakt medan utförandekontrakt kallas design-bid-build. I USA förekommer även termerna funktionsbaserade kontrakt (performance-based contract) och garantikontrakt (warranty contract) sedan 1990-talet för att beskriva entreprenadkontrakt för underhållsarbeten, inom allt ifrån vägmarkeringar (t.ex. Zlatkovic m.fl., 2015) till beläggningsarbeten där entreprenören i vissa fall ansvarar för såväl projektering och dimensionering som funktionskrav över en relativt lång garantitid (t.ex. Dukatz och Schwandt, 2005; Bayraktar m. fl., 2004; Sees och Johnson, 2009; Gharaibeh och Miron, 2008; Qi m.fl., 2013; Sadeghi m.fl., 2016). Eftersom floran av koncept och nomenklatur kring upphandling och entreprenadformer är stor och många av huvudargumenten gäller dem alla kommer vi att använda termen totalentreprenader, vilket även är den vanligaste termen för Trafikverkskontrakt.

I Sverige har totalentreprenader i vägsammanhang provats i såväl underhåll som nybyggnad åtminstone sedan 1970-talet men det är först på 2000-talet som andelen totalentreprenader väsentligt ökat i omfattning i och med Trafikverkets tidigare strategi att uppnå 50 % totalentreprenader av alla vägprojekt. Figur 1 sammanfattar andelar totalentreprenader för Trafikverket efter antal entreprenader per år.



Figur 1. Andel av antal totalentreprenader hos Trafikverket för olika år¹.

Efter 2015 upphör Trafikverket att redovisa kvantitativt. Trafikverket (Trv, 2019) uttrycker numera strategin som att marknaden ska störa ansvar för slutprodukten och andelen totalentreprenader fortsatt ska vara hög och betydande.

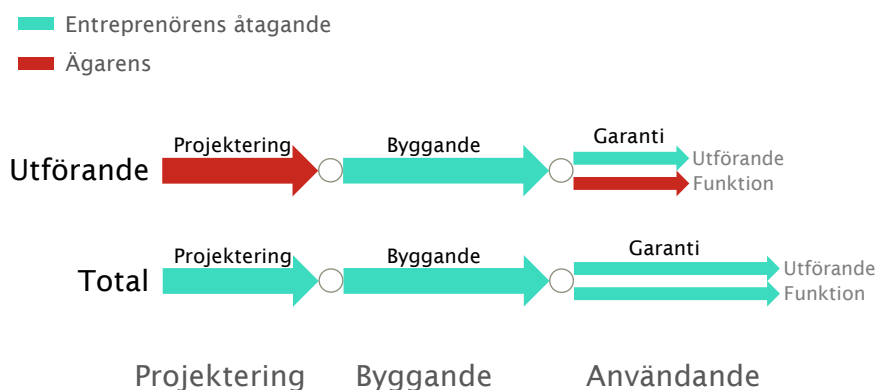
I följande avsnitt behandlas erfarenhet och litteratur kring avgörande skillnader mellan entreprenadformerna för:

- kontraktstid
- teknisk kravställning
- kontraktsförutsättningar under garantiperiod.

2.1.1. KONTRAKTSTID

Den första viktiga skillnaden mellan entreprenadformerna innebär att totalentreprenader normalt medför ett betydligt större åtagande för entreprenören än utförandeentreprenader då kontraktstiden normalt är längre och ansvarsområdena fler under denna tid. I Figur 2 illustreras schematiskt huvudsakliga skillnader mellan entreprenadformer i olika projektfaser.

¹ Mätetal redovisade i resp. årsredovisning. Efter 2015 saknas uppgifter.



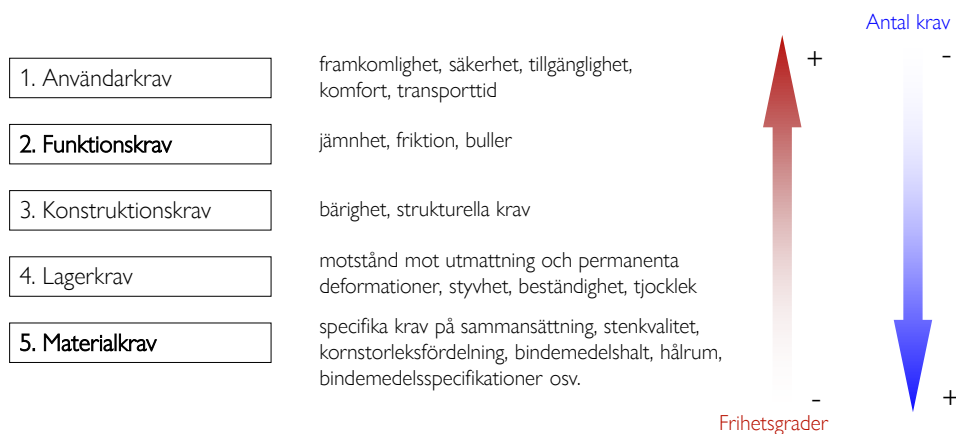
Figur 2. Åtagande i olika entreprenadformer för de huvudsakliga projektfaserna.

Som kan observeras ansvarar entreprenören vid utförandentreprenader enbart för själva byggnationen under produktionsfasen som genomförs efter att väganläggningen redan finns projekterad på uppdrag av beställaren, varefter det huvudsakliga ansvaret för vägens funktion faller på ägaren. Normalt löper en utförandegarantitid på 5 år som i praktiken mest innebär begränsat ansvar för utförande- och materialfel (se nedan). Granskningen är i stort slutförd efter slutbesiktningen som normalt infaller direkt efter byggandet. I underlaget finns det 3 entreprenader som skiljer avseende slutbesiktning som ska utföras först efter en lång tid efter trafiköppning under det som normalt är garantitid. De skiljande entreprenaderna är de med längst kontraktstid: 265 Norrortsleden med 15 år och 20 år för vardera 50 Mjölby–Motala och E4 Sundsvall–Skönsmon.

I fallet med totalentreprenad kontrakteras entreprenören för att ansvara för projekteringen, inklusive dimensioneringen av väggroppen, en aktivitet som borde påverka kvaliteten i form av funktion under garantitiden. Normalt omfattar en dimensionering även materialval. I likhet med utförandentreprenader omfattas totalentreprenader i Sverige av garantitid, vilken oftast valts av Trafikverket till mellan 5 och 10 år beroende på uppdragets karaktär d.v.s. i regel avsevärt längre än för utförandentreprenader. Långa garantitider kan motiveras av att kunden vill betala entreprenören för att ta all risk under projektets hela livscykel medan kortare garantitider syftar till att upptäcka fel i projektering eller utförande (Zhang och Damjanovic, 2006).

2.1.2. TEKNISK KRAVSTÄLLNING

I princip kan man likna kravställningen i entreprenadkontrakt för vägar med en hierarki där en utgångspunkt är att uppfylla samhällets förväntningar på bl.a. tillgänglighet, transporttid, trafiksäkerhet och åkkomfort (se nivå 1 i Figur 3). Dessa krav är dock svåra att dels mäta, dels för Trafikverket att delegera till privata aktörer eftersom de ofta anses ligga inom myndighetens ansvarsområde.



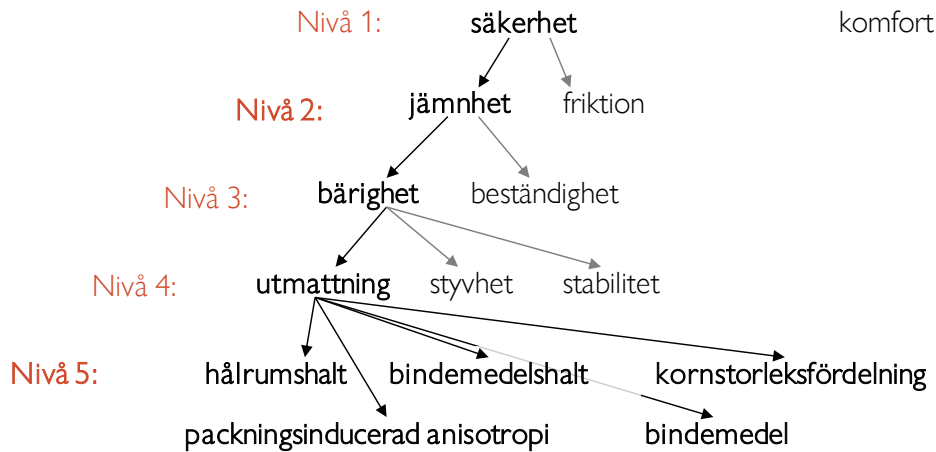
Figur 3. Typ av kravställning, inbördes relationer och inverkan på antalet krav och frihetsgrader för entreprenören (efter Korteweg, 2002).

I utförandeentreprenader krävs huvudsakligen utförandet där olika materiallagars sammansättning under och efter produktionen analyseras jämfört med vad som krävs, vilket motsvarar nivå 5 i Figur 3. Detta omfattar bl.a. vägöverbyggnadens obundna och bundna materials sammansättning i form av t.ex. stenstorleksfördelning, bindemedelstyp, bindemedelshalt m.m. Dessa egenskaper kompletteras normalt med produktionsrelaterade krav på utförandet som t.ex. bärighet hos obundna lager och hålrumshalt i asfaltbeläggningen samt slitlagrets jämnhet direkt efter utförandet.

Som indikeras i Figur 3 kan utförandekrav vara mycket detaljerade och omfattande samtidigt som frihetsgraderna för entreprenören blir mycket begränsade när det gäller att hitta alternativa, kostnadseffektiva eller tekniskt bättre lösningar: både material och hur de sedan används är specificerat. Att uppfyllandet av dessa krav sedan borgar för att vägen uppfyller framtida förväntningar på kvalitet långt bortom ett givet entreprenadkontrakt anses garanteras av att standardiserade material och utföranden med redan känd genomsnittlig prestanda² använts och korrekt utförts.

Kravställningen i totalentreprenader utgörs oftast och huvudsakligen av s.k. funktionskrav. Allmänt räknas nivåerna 2–4 till funktionsvärlden. Kraven på dessa nivåer är normalt, i stegrande grad, mer aggregerade än utförandekrav på nivå 5. Figur 4 exemplifierar detta för 1 av användarkraven enligt Figur 3, säkerhet.

² Prestanda innebär i detta sammanhang ekonomiska konsekvenser i form av genomsnittligt underhållsbehov, snarare än detaljerad teknisk prestanda som t.ex. jämnhet.



Figur 4. Exempel på specifika krav på respektive nivå och hur krav på varje nivå försöker fånga eller påverka något krav högre upp i hierarkin, för toppfunktionen säkerhet enligt Figur 3. Exemplet följer bara en gren till vänster.

Användarkravet, säkerhet, omfattar flera dimensioner såsom vägens jämnhet och friktion. Jämnhet, i sin tur, beror t.ex. på, utöver utförandet, vägens bärighet (överbyggnad och terrass) och långsiktiga beständighet m.m. Tillräcklig bärighet når man genom att bygga tillräckligt stabila och styva lager som inte utmattas av repeterad trafik. Utmattningen påverkas av en rad olika materialegenskaper och utföranden. Som synes kan en mängd olika vägar upp genom hierarkin ge samma användbarhet, vilket tillåter fler kombinationer av material och utföranden för att uppnå en viss funktion. Och varje krav på nivå 5 påverkar i sin tur en mängd olika krav på nästa nivå och sedan på nästa nivå o.s.v.: bindemedelskrav påverkas inte bara utmattningen utan även såväl styvhet som stabilitet. Tillräcklig jämnhet hos en väg under kontraktstiden kan nås antingen genom ökat deformationsmotstånd i obundna materiallager, tjock och deformationsresistent asfaltbeläggning eller båda i kombination. Å andra sidan, är det mer komplext att bedöma resulterande funktion, jämfört med laborieprovning, då enskilda nedbrytningsmekanismer i fält kan påverka andra nedbrytningsmekanismer: ökad spår- eller sprickbildning kan leda till beständighetsproblem och långsgående ojämnheter vilket accelererar den sammantagna nedbrytningen över tid. Sådan kunskap är förstås önskvärd när det gäller att dimensionera och i förväg prognostisera funktion hos vägar och beläggningar. Det blir en komplicerad väv av påverkan som även emellanåt innebär målkonflikter, en förbättring i något avseende ger en försämring i något annat. Det förutsätts därför att entreprenören besitter eller utvecklar relevant kunskap för att bedöma och ansvara för enskilda komponenter, sammansatta material och konstruktioner samt deras funktion under en given kontraktstid.

På nivå 2, vilket motsvarar den nivå Trafikverket använder i totalentreprenader, får entreprenören väsentligt ökade frihetsgrader men även större ansvar och därtill kopplad risk: ju längre upp i kravhierarkin i Figur 3 desto färre specifika krav och

fler frihetsgrader för en entreprenör att hitta en teknisk lösning att uppfylla ett givet krav. Funktionskrav anses, trots eller tack vare ökat ansvar, medföra större engagemang hos utföraren vilket resulterar i högre kvalitet (Grennberg, 1998; Dukatz och Schwandt, 2005). Bland de viktigaste funktionskraven finns tvär- och långsgående jämnhet då det länge ansetts att vägens jämnhet både är representativ för åkkomfort och vägens nedbrytning. Det är även något som sedan länge är mätbart med hög precision, heltäckande, säkert och till begränsad kostnad.

Den ökade komplexitet som följer av en övergång från traditionella utförandeentreprenader till allt fler och mer omfattande totalentreprenader kräver i sin tur mer samarbete och större acceptans mellan branschens aktörer rörande ansvarsfördelning, kravställning och tolkning av krav (t.ex. Cui m. fl., 2010). Enligt Sees och Johnson (2009) är det av stor vikt att i totalentreprenader tydliggöra funktionskraven så att aktörerna verkligen förstår dem.

2.1.3. GARANTIPERIOD

Garantipolicy är ett begrepp som kan användas för att systematisera villkor för garantier, d.v.s. hur långt åtagandet sträcker sig. I det fall kravställningen inte klaras i en given entreprenad, t.ex. att spårdjupet överskrider kravnivån, innebär detta entreprenadrättsligt ett fel som kan få konsekvens i form av antingen ekonomisk kompensation via avdrag (pro rata warranty) eller s.k. ny åtgärd (free replacement warranty) d.v.s. felavhjälpande på entreprenörens bekostnad för att klara kravställningen (Zhang och Damjanovic, 2006). I utförandeentreprenader gäller oftast ekonomisk reglering medan felavhjälpande bör vara huvudregeln i totalentreprenader. Även om det i Sverige varit sällsynt så förekommer det i amerikanska garantikontrakt ibland även bonus (Dukatz och Schwandt, 2005).

Andra viktiga förutsättningar i enskilda kontrakt relevanta i denna studie är att om teknisk kravställning inte uppfylls under garantitiden kan det få ytterligare konsekvenser i form av ekonomisk reglering och framtida kostnadsutvecklingar för resurser som bränslen och material. Det bör dock samtidigt påpekas att entreprenörens åtagande i totalentreprenader normalt begränsar sig till omständigheter som denne kan kontrollera, t.ex. inte omfatta inverkan av en oväntad ökning av trafikbelastningen (Moynihan m.fl., 2009).

2.2. JÄMFÖRANDE STUDIER

I litteraturen förmodas ofta totalentreprenader leda till högre kvalitet genom möjlighet till bättre materialval och utförande, bättre avvägningar mellan bygg- och underhållskostnader, mindre administration i form av kontroller och större möjligheter att utveckla och exploatera innovationer över tid. Till detta antas även beställaren kunna upprätta säkrare budgetprognoser och reducera risker genom att dessa förs över till entreprenören (Lee m.fl., 2013). Å andra sidan hävdas ofta att entreprenadformen kan leda till färre anbudslämnare, högre anbudspriser, ökade försäkringskostnader samt mer omfattande konflikter mellan projektparter (t.ex.

Grennberg, 1998; Bayraktar m.fl., 2004; Zhang och Damjanovic, 2006; Moynihan m.fl., 2009; Lundström, 2013).

Entreprenadformer och deras effekt på projektmål har utvärderats ett flertal gånger inom olika discipliner och på en mängd olika sätt både i form av fallstudier, parvisa jämförelser och bredare statistiska undersökningar. Inom svensk vägbyggnad har exempelvis ett flertal svenska entreprenader utvärderats under åren i fallstudier (t.ex. Grennberg, 1986; Hansson, 1994; Larsson och Sandberg, 2003; Karlsson och Wennström, 2012) där tekniskt resultat för de enskilda entreprenaderna jämförts mot sina respektive kontraktsskrav. I andra studier har man försökt jämföra olika entreprenadformer med varandra. I många fall saknas dock en uppenbar gemensam jämförelsebas vilket föranlett att jämförelsen mellan entreprenadformer emellanåt baserats subjektivt på kvalitativa intervjuer (t.ex. Warne, 2005; Cui m.fl., 2010; Lundström, 2013, Bardaka m.fl, 2016).

Vad gäller tekniska aspekter har jämförelser gjorts för en särskild konstruktionskategori, t.ex. motorvägar med liknande trafiksituation (Bardaka m.fl., 2016) eller delat efter nybyggnads- och underhållskontrakt. En annan vanlig avgränsning är att begränsa undersökningarna tidsmässigt, t.ex. att omfatta endast själva byggperioden, vilket givetvis begränsar nyttan med resultaten då underhåll eller felavhjälpande garantiåtaganden och därmed en väsentlig del av livscykelkostnaderna i totalentreprenader inte omfattas. Och mer avgörande kanske, utesluter en stor anledning till totalentreprenaderna, de längre garantitiderna med samtidiga ansvars- och riskförskjutningar mellan beställare och entreprenör.

I många kvantitativa analyser utvärderas de olika klassiska projektledningsmålen (tid, kvalitet och kostnad, se följande avsnitt) snarare än vad som faktiskt avtalats i enskilda entreprenadkontrakt vilket kan ge skevheter i jämförelser: allmänna projektledningsmålen överensstämmer inte nödvändigtvis med de specifika projektens mål.

2.2.1. KLASSISKA PROJEKTMÅL

Argumenten för eller emot en given entreprenadform baseras ofta på analys av effekten på de, i projektledningslitteraturen benämnda, ”klassiska projektmålen” vilka är:

- leveranstid
- kvalitet
- kostnader.

Även om dessa 3 projektmål ofta analyseras vart och ett för sig påverkar de förstås varandra.

Leveranstid

Det av de tre projektmålen som erhållit mest empiriskt stöd för totalentreprenader är att denna entreprenadform visat sig leda till kortare tid för att realisera projekt jämfört med utförandeentreprenader (t.ex. Songer och Molenaar, 1996; Sanvido

och Konchar, 1999; Warne, 2005; Gransberg och Molenaar, 2008; Ibbs m.fl., 2003; Shrestha m.fl., 2012). Leveranstiden är viktig eftersom intäkter och nyttor av projekten erhålls tidigare. En viktig förklaring till detta resultat anses vara att totalentreprenader delvis kan projekteras parallellt med att de byggs. En annan anförd förklaring är att en entreprenör som är ansvarig för projektering snabbt kan reagera på ändrade förutsättningar i fält.

Kvalitet

Kvalitet handlar i grunden om uppnått resultat i kombination med de förväntningar (krav) som uttrycks i kontraktet vilket innebär att kvalitetsbegreppet kan omfatta många olika saker. Ett grundläggande problem med att jämföra teknisk kvalitet mellan olika entreprenadformer är att utförandeentreprenader normalt utvärderas mot beställda material och utföranden vid slutbesiktningen medan totalentreprenader utvärderas baserat på funktion under hela kontraktstiden: det kontraktuella slutmålet är inte detsamma varför jämförelsen riskerar att bli förfördelande, man jämför något som tillskrivs olika betydelse eller viktighet i de olika entreprenadformerna. Kontraktuella skillnader innebär också att det emellanåt är svårt att erhålla liknande data för de två entreprenadkategorierna: laboratorieresultat finns sällan att tillgå för totalentreprenader och funktionella data för vägens jämnhet har historiskt inte alltid funnits för utförandeentreprenader.

Vad gäller kvalitetsfrågan för vägar och totalentreprenader finns relativt många publikationer som kan handla om allt från dimensionering, resultat från utförd laboratorieprovning till funktionsmätning. Ett flertal rapporter och artiklar har publicerats rörande s.k. garantikontrakt i USA. Resultaten varierar emellertid avsevärt. Exempelvis redovisade både Aschenbrenner m.fl. (2008) och Bardaka m.fl. (2016) att utförandeentreprenader uppvisade högre jämnhet (lägre IRI) initialt än totalentreprenader medan förhållandet succesivt blev det omvända med tiden under trafikering. Qi m.fl. (2013) och Sadeghi m.fl. (2016) indikerade att projekt med garantikontrakt (totalentreprenad) uppvisade lägre nedbrytningshastighet (spårdjup och IRI) och längre livslängd än jämförbara traditionella kontrakt. Dukatz och Schwandt (2005) utvärderade 55 amerikanska garantikontrakt över tid och indikerade att initial jämnhet i form av IRI och spårdjup succesivt blev bättre för efterkommande entreprenader vilket förklarades med övergång mot succesivt bättre asfaltmassor och större noggrannhet vid utförandet hos entreprenören. I en annan amerikansk undersökning (Bayraktar m.fl., 2004) ansåg hälften av de statliga vägmyndigheterna att kvaliteten förbättrades jämfört med traditionella projekt. Dock visade undersökningen även att stor andel (ca 40 %) inte ansåg dessa kvalitetsförbättringar som särskilt väsentliga. Andra studier har indikerat effekter i form av färre ändringsarbeten (ÄTA, ändrings- och tilläggsarbet, och avgående) och ökad kostnadsförutsägbarhet (Warne, 2005; Rosner m.fl., 2009) för totalentreprenader jämfört med utförandeentreprenader.

Kostnader

I likhet med kvalitetsaspekten kan motsägelsefulla resultat erhållas för ekonomiska aspekter när olika entreprenadformer jämförts beroende bl.a. på projektval och

analystidens längd (Singh m.fl., 2007; Aschenbrenner m.fl., 2008; Gharaibeh och Shirazi, 2009; Bardaka m.fl., 2016; Moynihan m.fl., 2007). En viktig orsak till svårigheten att jämföra entreprenadformer är att det ofta är svårt, gränsande till omöjligt, att få tag i data rörande ekonomi. Det är i regel enklare att jämföra utförandeentreprenader eftersom det finns jämförbara mängdförteckningar med separata kostnadsposter. I totalentreprenader däremot, består anbud oftast enbart av en aggregerad slutsumma av olika kostnadsslag. Diskussionen om kostnader för olika kontraktsformer hamnar ofta i livscykelkostnader där investeringskostnad ställs mot underhållskostnader över ett givet projekts definierade livslängd. För att undvika problem med jämförelser mellan projekt med olika livslängder nuvärdesberäknas ofta investerings- och underhållskostnader via diskontering till ekvivalenta årskostnader. Krebs m.fl. (2001) rapporterar exempelvis att garantikontrakt i USA uppvisar 14 % lägre kostnader än motsvarande traditionella utförandeentreprenader respektive högre kostnadseffektivitet. Singh m.fl. (2007) indikerade att totalentreprenader var ca 30 % mindre kostnadseffektiva efter 5 års utvärdering baserat på ekvivalent årskostnad men mer än 70 % mer kostnadseffektiva över längre (extrapolerad) jämförelsetid jämfört med motsvarande utförandeentreprenader. Sadeghi m.fl. (2016) indikerar att garantikontrakt är mer kostnadseffektiva över såväl kort som lång tid jämfört med traditionella kontrakt.

En ekonomisk analys kan även göras genom att beakta avvikelser mot vad som kalkylerats initialt i ett anbudsskede jämfört med slutlig totalkostnad efter byggskedet. Ibbs m.fl. (2003) rapporterade exempelvis att kostnaden under byggskedet för totalentreprenader ökade i genomsnitt med 4 % medan den motsvarande ökningen för utförandeentreprenader var 9 %. Även Warne (2005) indikerade att totalentreprenader medförde bättre prissäkerhet och lägre kostnadsökningar än utförandeentreprenader. Kostnadsaspekten grumlas ytterligare när man beaktar att kostnadsförändringar kan vara positiva (ur beställarperspektiv), d.v.s. arbeten kan avgå, vilket kan föranleda att utförandeentreprenader blir billigare vid omprojekteringar (Ibbs m.fl., 2003).

En ytterligare viktig kostnadsaspekt är om andra kostnader än rent byggregrelaterade som investering, drift och underhåll skall inkluderas. I många livscykelkostnadsanalyser (Life-cycle cost assessment, LCCA) tar man även hänsyn till samhällskostnader och trafikantkostnader t.ex. i form av kötider och fordonsunderhåll (t.ex. Bardaka m.fl., 2016; Mirzadeh m.fl., 2013). En annan viktig parameter som ofta ingår i LCCA-studier är det s.k. restvärde ett givet projekt efterlämnar under den definierade analysperioden. Detta restvärde är av särskilt intresse när man skall jämföra entreprenader där vägens eller beläggningens livslängd skiljer sig väsentligt från längden på kontraktet. Att hålla detta i minne är viktigt eftersom utredningar har indikerat olika investerings- och underhållskostnader samtidigt som restvärdena skiljer (jämför Bardaka m. fl., 2016). Även om studier har försökt fånga både tekniska och ekonomiska resultat så finns behov att göra mer djuplodande undersökningar i respektive område. Som

man kan ana ovan är statistiska utvärderingar av risker även i hög grad kontextuellt: det beror på vems perspektiv och vad som gäller för ett enskilt projekt (Zhang och Damjanovic, 2006). Det är t.ex. svårt att analysera långa åtaganden p.g.a. bristande tillgång på relevanta data (projekts slutkostnader inklusive tilläggs- och ändringsarbeten) och bestämma hur relevanta jämförelser över tid eller mellan olika projekt skall göras. Detta gäller särskilt eftersom olika länder har olika kontraktskrav och förutsättningar. I vissa fall kan i kontrakt förekommande kontraktsklausuler gällande t.ex. bitumen eller viten/bonus ha stor effekt på projekts kostnader. Man bör dock hålla i minnet att det sällan är meningsfullt att göra en ekonomisk analys fristående från en teknisk: först efter en teknisk utvärdering är gjord är det meningsfullt att titta på kostnaderna. Vad gäller kostnader så är det, om man vill jämföra ur ett entreprenörsperspektiv, viktigt att inkludera såväl bygg- som underhållskostnader. I dessa bör även kostnader för felavhjälpande vilka beror på kontraktsförutsättningar, bl.a. teknisk kravställning och garantitidens längd, ingå.

2.2.2. RISKHANTERING

Med termen riskhantering (risk management) avses ofta processer för att identifiera, analysera och förebygga risker vilket i vår analys skulle kunna vara att under projekttiden klara ställda projektmål. Vägprojekt är generellt riskfyllda till följd av långa åtaganden och stor osäkerhet, inte minst rörande kostnadsutvecklingen för material och energi men även kring själva konstruktionen och det långtida användandet. Eftersom totalentreprenader innebär ökat projekteringsansvar, längre kontraktstid och emellanåt strängare teknisk kravställning kombinerat med större ansvar för felavhjälpan, förskjuts risker från beställaren till entreprenören. För att göra jämförelser mellan olika projekt och entreprenadformer bör risker associerade med olika kontrakt beaktas. Detta kan göras med olika fokus, syften och på många olika sätt.

Ofta begränsas riskhantering i entreprenader till mer generella risker för en given aktör eller projektfaser. Endast få studier har specifikt utvärderat bygg- och underhållsrisker i totalentreprenader med funktionskrav (Hashem och Guggemos, 2015). Cui m.fl. (2007) rapporterade att just metodik för uppskattning av garantiriskavsättning rangordnades som nummer 3 bland de utmaningar vägbyggnadsbranschen står inför rörande totalentreprenader i USA. Bayraktar m.fl. (2004) indikerade att en 5-årig garantitid resulterade i ca 10 % högre anbudspris jämfört med den traditionella på 3 år medan 20 års garantitid resulterade i hela 30 % högre anbudspris. Enligt flera forskare (t.ex. Zhang och Damjanovic, 2006; Gharaibeh och Shirazi, 2009) finns idag ingen etablerad systematisk modell för att bedöma risker i väg- och beläggningsprojekt. Exempelvis saknas kvantitativa modeller för att bedöma sannolikheter och resulterande åtgärds kostnader i just vägprojekt trots mängden publikationer om detta inom andra discipliner, t.ex. konsumentproduktområdet. Risker och kostnader för felavhjälpande åtgärder för vägar bedöms istället subjektivt av enskilda entreprenörer.

Traditionellt skiljer sig investeringsbeslut i offentlig och privat sektor åt där den förra kategorin ofta tar beslut baserat på kostnads- och nyttoanalyser medan man i privat sektor söker att maximera vinsten (Berk och DeMarzo, 2014). Bland de vanligaste sätten att bedöma lönsamheten i ett givet projekt är att via återbetalnings-, nuvärdes- eller internräntemetoder, beräkna kassaflöden för bestämda basfall. I sådana basfall utgår man normalt från att alla kassaflödena är säkra trots att det normalt finns väsentliga osäkerheter. Bland de vanligaste sätten att beakta och modellera risker i sådana sammanhang är att antingen direkt mäta risker eller att bestämma diskonteringsfaktorer där riskerna anses ingå (Ye och Tiong, 2000). För att inkorporera risk i nuvärdesmetoder används bl.a. diskonteringsräntan (t.ex. via CAPM (Capital asset pricing model) eller viktade kapitalkostnader (Weighted average capital cost, WACC). Till begränsningarna hos sådana modeller hör att de beskriver aggregerade mått och att det därmed är svårt att beakta detaljer i enskilda projekt, t.ex. specifika kontraktklausuler. De kan därmed mest ses som något godtyckliga schabloner.

Hashem och Guggemos (2015) har utvärderat ett antal juridiska, tekniska och ekonomiska risker i väg- och beläggningsprojekt under såväl bygg- som underhållsskedet. De konstaterar att olika aktörer (beställare och entreprenörer) värderade riskerna olika både vad gäller sannolikheter som effekter. Av de 18 identifierade riskerna under byggskedet handlade 4 stycken om risker vid asfaltverk och produktion (reparationer, växla mellan masssorter, hållrumshalt och långtidslagring av material). Ytterligare 5 risker handlade om transport och utläggning (segregering, tillgång till materialmatare (material transfer vehicle, feeder), stopptid, hastighet hos läggare och screed), 3 risker om packning (andel krossat material, välthastighet och avstånd till läggare) och en (1) risk om att inte få utfört arbete godkänt vid besiktning. De kvarvarande 4 riskerna omfattade byggnation generellt och var relaterade till innovationer, prisfluktuationer, kundfordringar och väder. Som indikeras av deras sammanställning finns relativt tekniska och detaljerade risker, som dessutom kan vara korrelerade med varandra. Det är dock inte säkert att de alla starkt beror på entreprenadform. Några risker i entreprenadprojekt kan bedömas på de tekniska modeller som används vid dimensionering. Exempelvis analyserade George och Husain (1986) hur indata till semi-mekanistiska dimensioneringsmodeller som trafikbelastning, temperatur och undergrundsmodulers variation påverkade nominell livslängd hos vägar i form av utmattningssprickor och spårbildning. Tekniska modeller kan även utgöras av rena regressionsmodeller där indata i form av trafik-, miljö- och materialfaktorer relateras till nedbrytning. Eftersom modellerna endast utvärderar detaljerad teknisk prestanda kan modellerna inte beakta icke-tekniska osäkerheter och risker.

För att analysera risker utifrån både teknisk och ekonomisk synvinkel har ett antal olika modeller utvecklats. Zhang och Damjanovic (2006) använde till exempel en probabilistisk metod för garantitider upp till 13 år. I detta fall användes AASHTO:s deterministiska dimensioneringsmodell för att analysera riskkostnader för bl.a. olika kontraktslängder i totalentreprenader. Gharaibeh och Shirazi (2009)

uppskattade garantiriskkostnader genom att beakta sannolikhet för att fel skulle uppstå och kostnader för att åtgärda dessa. I detta fall jämfördes 2 hypotetiska typkonstruktioner (en asfalt- och en betongvägkonstruktion) där sannolikheten för fel modellerades empiriskt för liknande konstruktioner via s.k. överlevnadskurvor. Bardaka m.fl. (2016) använde sig av en statistisk metod för att utvärdera kostnadseffektiviteten för beläggningsåtgärder på utförande- och totalentreprenad. Moynihan m.fl. (2009) modellerade kostnader för upprepade nedbrytningar och underhåll med en stokastisk modell. I de flesta referenser som anges ovan för vägprojekt har fokuset främst varit risker associerade med teknisk funktion, oftast antingen som IRI eller spårdjup. Det finns dock studier som beaktat mer allmänna kontraktsklausulers effekt på kostnader. Exempelvis har Mirzadeh m.fl. (2013) modellerat riskkostnader för fluktuationer hos oljeprodukter baserat på teori för reala optioner.

Vägars nedbrytning är komplex och beror på ett flertal olika och åtminstone ibland samverkande mekanismer vilket innebär att det är väsentligt svårare att bedöma risker under garantitiden än att garantera ett visst utförande vid slutbesiktningen av själva byggandet. Det är därför av stor vikt att anbudslämnare kan bedöma huruvida den tekniska kravställningen är svår eller enkel att klara samt vilka åtgärder som kan och bör tas för att reducera kostnaderna. Annars finns risk att man gör dåliga affärer eller höjer priserna för att ta höjd för denna osäkerhet.

3. RESULTAT FRÅN UNDERSÖKTA ENTREPRENADER

Utförande- och totalentreprenader skiljer sig åt på flera och väsentliga sätt, bl.a. rörande garantitid, teknisk kravställning, konsekvenser av fel i entreprenaden och klausuler för kostnadsökningar. Eftersom kravställningen kan variera mellan olika entreprenader är det viktigt att sammanställa vilka krav som förekommer.

För syftet i denna studie har vi i första hand valt att fokusera på följande aspekter:

- kontraktstidens längd
- tekniska krav
- konsekvenser vid fel och indexreglering

eftersom det är dessa faktorer som främst påverkar risken för entreprenören.

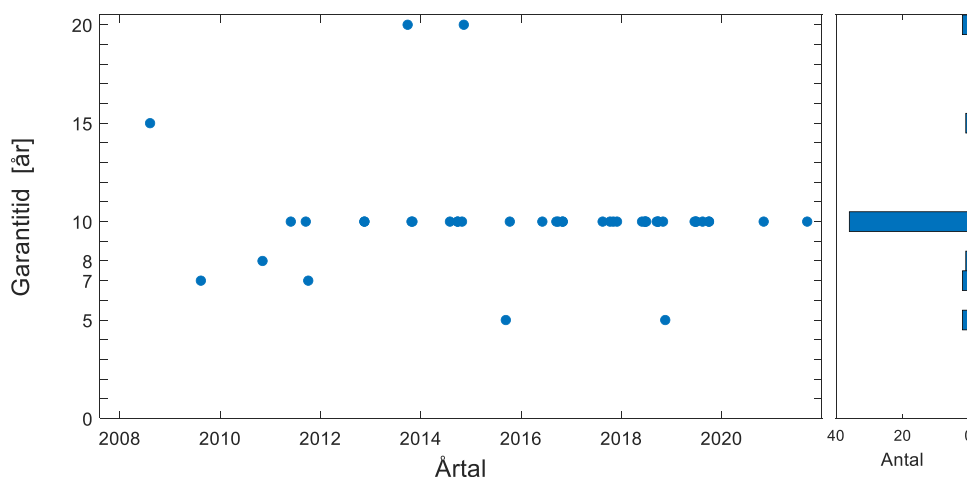
I detta avsnitt görs en empirisk undersökning av dessa aspekter. Till grund för undersökningen ingår totalt 43 nybyggnads- eller väsentliga ombyggnadsentreprenader. Den första totalentreprenaden som omfattas upphandlades 2005 (265 Täby Kyrkby–Rosenkälla) och den sista upphandlades 2017 (34 Ervasteby–Borensberg). Utförandeentreprenader är sinsemellan mycket lika varför huvudfokus läggs på totalentreprenaderna som varierar mellan entreprenader och över tid.

Upphandlingarna har baserats på förfrågningsunderlag där entreprenadkontrakt (EK), administrativa föreskrifter (AF) och teknisk beskrivning (TB eller OTB) anses utgöra de viktigaste dokumenten.

3.1. KONTRAKTSTID

Gemensamt för entreprenadformerna är att i enskilda entreprenadkontrakt (EK) och administrativa föreskrifter (AF) framgår normalt förutsättningar som garantitid, eventuella klausuler för kostnadsregleringar (index) av bränslen, bitumen och inflation samt eventuell bonus, vite och förutsättningar för felavhjälpande åtgärd i det fall avtalad kravställning inte klaras.

Utförandeentreprenader baseras normalt på standardkontrakt, *Allmänna Bestämmelser* (AB 04, 2004) där garantitiden uppgår till 2 år för material och 5 år för arbeten. I många fall görs dock undantag från dessa tider till att gälla 5 år generellt. För totalentreprenader används *Allmänna Bestämmelser för totalentreprenader* (ABT 06, 2006) som även den anger garantitiden till 5 år om inte annat avtalas, vilket det närmast undantagslöst görs i undersökta kontrakt. En avgörande skillnad mellan entreprenadformerna är de mycket längre garantitiderna i totalentreprenader. Figur 5 sammanfattar garantitider över tid (trafiköppningsdatum).



Figur 5. Garantider i totalentreprenader för olika trafiköppningsdatum.

Som man kan se är garantitiderna för entreprenaderna generellt 10 år med några undantag för 5, 7, 8, 15 och 20 år. För entreprenaderna E4 Njurunda–Skönsberg och 50 Mjölby–Motala ingår en drift- och underhållstid om 20 år efter trafiköppningen.

I bilaga 1 sammanfattas förutsättningar givna i respektive EK, för de totalentreprenader som inventerats. Garantiåtgärder och indexreglering behandlas även vidare i avsnitt 3.3 och 3.4 nedan.

3.2. TEKNISKA KRAV

Vad gäller teknisk kravställning finns det olikheter men också i grunden likheter avseende tekniska krav. För utförandeentreprenader ställs krav i huvudsak enligt *Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion* (Trv, 2011a) tillsammans med *tekniska råd*, (Trv, 2011b). TRVK Väg innehåller Trafikverkets tekniska krav vid

dimensionering och konstruktiv utformning av vägöverbyggnad och ska användas vid projektering av vägöverbyggnader. Till detta kopplas AMA³ för beskrivning av material, utförande och kontroll.

I totalentreprenader förekommer normalt en relativt omfattande Teknisk Beskrivning (TB eller OTB) där den tekniska kravställningen beskrivs i detalj. I kapitel B framgår exempelvis dimensioneringsförutsättningar som årsdygnstrafik (ÅDT), andel tung- respektive personbilstrafik, årlig trafikökning, antal standardaxlar per fordon och dubbdäcksanvändningen, uppgifter med vilka man kan beräkna dimensionerande trafiklast för de olika vägkategorierna. Beskrivningen anger att huvudvägarna i första hand utvärderas baserat på funktion, varför funktionskrav för vägytans funktion jämnhet, geometri och friktion m.m. finns specificerade.

De tekniska kraven delas i sammanställningen nedan i 2 delar: (1) krav på dimensionering samt (2) krav på egenskaper hos vägen.

3.2.1. DIMENSIONERING

I samband med vägbyggnad avser termen dimensionering normalt *val av mängd och typ av materiallager utifrån givna förutsättningar*. Detta kan ske med någon form av beräkning där materialens mekaniska egenskaper ingår. Avseende vägens dimensionering ryms båda entreprenadformerna i Trafikverkets ramverk som använder sig av olika s.k. dimensioneringsklasser (DK) för att specificera vad som gäller vid dimensioneringen:

DK1: tabelldimensioneringsmetod beskriven i VVMB 302 (2009), kan användas för trafik upp till 500 000 standardaxlar.

DK2: kan användas för alla vägar och trafiksituationer och finns utförligt beskriven i TRVK Väg och implementerad i Trafikverkets program PMS Objekt.

DK3: innebär att andra beräkningsmetoder (än DK2) används vilka kräver en noggrann redovisning av beräkningar, materialmodeller, mm.

Utförandeentreprenaden är av beställaren dimensionerad enligt DK2 (eller DK1) medan totalentreprenaden dimensioneras i DK3. Dimensioneringsmodellen i DK2 är s.k. semi-mekanistisk (eller semi-empirisk). Den grundläggande premisen i det s.k. semi-mekanistiska paradigmet är att man utifrån en elastisk respons vid belastning, en nedböjning av vägkroppen, kan bestämma vägens skada, d.v.s. det är inte skadan i sig som bestäms utan en proxyvariabel (t.ex. elastisk töjning) som anses vara korrelerad till skada. Nedböjningsberäkningen i sig kan inte bestämma skada utan den kopplas till nedböjningen via en statistisk (empirisk) funktion s.k. skadesamband eller transferfunktion. Den mest förekommande beräkningsmodellen kan beskrivas som linjärelastisk lagerkonstruktion baserat på strukturmodeller med ursprung hos Boussinesq (1885) och Burmister (1943). Materialen beskrivs som isotropt linjärelastiska. Avseende skadesamband började

³ Allmän material- och arbetsbeskrivning. Svensk Byggtjänst.

de utvecklas under 50-talet (t.ex. Nijboer 1954, 1957) men framförallt i början av 60-talet då de skadekriterier vi fortfarande använder, belastning i underkant av asfaltbeläggningen och på terrassytan, föreslogs och började ingå i dimensioneringsmodeller (t.ex. Dormon (1962), Peattie (1962), och Skok och Finn (1962). Skadan beräknas via statistiska samband och summeras baserat på Palmgren–Miners delskadehypotes (Palmgren (1924), Miner (1945)). De skadesamband Trafikverket använder definierades i början av 1990-talet (Arm, 1992).

Dimensioneringen i DK2 (d.v.s. normalt utförd med PMS Objekt) förutsätter konstruktionstyper och material med kända och väldefinierade materialegenskaper d.v.s. beläggningstyper och obundna material upptagna i Trafikverkets specifikationer. Semi-mekanistiska metoder som PMS Objekt erbjuder en fördel i det att den ger ett entydigt (deterministiskt) svar huruvida den nominella livslängden klaras eller ej för en given konstruktion. Dock finns en allvarlig begränsning. Traditionell dimensioneringsmetodik innebär att det är svårt att prediktera den verkliga funktionen (avsaknad av sprickor och spår) hos en väg på ett realistiskt sätt, vilket förstås är ett problem om man som i totalentreprenader skall bedöma möjligheten att klara ställda funktionskrav. Man kan därför hävda att semi-analytisk dimensionering är en metod som är väl anpassad till en marknad där enskilda objekt upphandlas i form av utförandeentreprenader: Trafikverket ansvarar för att dimensionering i DK2 resulterar i bra vägar och beläggningar, konsulter ansvarar för att beräkningen i PMS Objekt blir enligt Trafikverkets specifikationer och entreprenören utför de asfaltbeläggningar som finns definierade i modellen d.v.s. per definition de beläggningstyper som finns kravsatta i Trafikverksdokument. Detta förfarandesätt innebär att teknisk prestanda i form av livslängd hos vägen och asfaltbeläggningen helt kan bestämmas innan vägen verkligen byggs (så kallad *ex ante*-utvärdering): innehålls tekniska krav på material och utförande så uppfylls också nominell livslängd (20 år) och alltså också implicit förväntningarna på framtida funktion. Detta innebär naturligtvis inte att vägen faktiskt kommer uppfylla framtida krav avseende spårdjup, sprickbildning och tjälrelaterade deformationer utan att utförandet kontraktsmässigt uppfyller kraven och att Trafikverket övertar ansvaret för den framtida verkliga funktionen: funktionen uppfylls per definition vid slutbesiktningen. Det är viktigt att fastslå att beräkningen av teknisk livslängd och uppfyllande av funktionskrav är två väsensskilda termer och åtaganden.

För totalentreprenader räcker det inte att i förväg (*ex ante*) dimensionera vägen via beräkning av nominell livslängd; ansvaret att vägen faktiskt uppfyller kravställningen kvarstår hos entreprenören. Detta är en avgörande, om inte den avgörande, skillnaden mellan utförande- och totalentreprenader. För totalentreprenader med funktionskrav går det, av naturliga skäl, inte i förväg, t.ex. vid anbudslämning, kontraktsskrivning eller projektering, avgöra om funktionskraven klaras eftersom detta kontinuerligt utvärderas under garantitiden (så kallad *ex post*-utvärdering). Som tidigare nämnts dimensioneras

totalentreprenader i DK3. I TRVK (Trv, 2011a) beskrivs DK3 som omfattande ”avancerade mekanistiska modeller”. Med mekanistiska modeller brukar man avse helt analytiska modeller där skada och nedbrytning beskrivs med konstitutiva samband och därmed undviker de rent statistiska samband (transferfunktioner) som utgör den bärande delen i semi-mekanistiska metoder. Det finns dock inga kända empiriskt verifierade mekanistiska modeller. Förfrågningsunderlag brukar förtydliga kraven genom att redovisningen skall ”hänvisa till vetenskapligt dokumenterade metoder eller vedertagna och beprövade metoder”.

DK3 kan i det enklaste fallet vara normal DK2-dimensionering varvid ingen särskild redovisning krävs. Används något utöver detta är det något oklart vad Trafikverket i praktiken ställer för krav på en DK3-modell; det finns endast vagt formulerat i TRVK och kontraktshandlingar och veterligen finns inte praxis publikt rapporterat. Trafikverket har dock emellanåt redovisat sin syn på den nominella dimensioneringens status i totalentreprenader jämfört med utförandeentreprenader. Trafikverket har i kontraktshandlingar⁴ till totalentreprenader preciserat hur beställaren ser på verifiering av av projekteringen inklusive dimensionering:

Entreprenören ska göra troligt att projekteringsresultatet resulterar i att ställda krav och entreprenörens utfästelser för ett byggnadsverk, dess olika delar, installationer och anläggningskompletteringar kommer att uppfyllas. Entreprenören visar detta genom redovisning av upprättade beräkningar, beskrivningar och ritningar, kontrollprogram och tillhörande kontrollplaner i tillräcklig omfattning.

Notera i utdraget ovan att det räcker med beräkningar, beskrivningar och ritningar, kontrollprogram och kontrollplaner samt enbart i tillräcklig omfattning. Inget nämns om verifiering av antagandena från andra entreprenader. Det avgörande i denna formulering är att entreprenören skall göra det troligt att kraven uppfylls.

I en annan teknisk beskrivning⁵ skriver Trafikverket:

Om modeller eller antaganden, som inte finns beskrivna i VV publikation 2011:072, TRVK kapitel 4.4 och 4.5 används vid dimensionering, ska dessa grunda sig på dokumenterade vetenskapliga metoder eller vedertagna eller beprövade metoder. Särskild utredning ska då göras som visar:

- att beräkningar bygger på dokumenterad vetenskap eller vedertagen eller beprövad metodik*
- att antagna egenskaper erhålls*
- vilka metoder som ska användas för mätning och testning*

⁴ Till exempel: *Beskrivning med funktionskrav, väg. Totalentreprenad. Väg E22 del 1. Ombyggnad till motorväg delen Hurva–Rolsberga*. Trafikverket. 2010.

⁵ *Objektsspecifik teknisk beskrivning, OTB väganläggning. Väg 190 delen Angereds Storåsväg–Gunnilseås*. Trafikverket. 2014.

- vilka gränsvärden som måste uppnås för att avsedda egenskaper ska kunna erhållas
- vilka åtgärder som kommer att vidtas om antagna egenskaper inte erhålls.

Här framgår det att modeller och antaganden ska *grunda sig* på dokumenterade vetenskapliga metoder eller vedertagna eller beprövade metoder. Orden *grunda sig på* är i detta sammanhang viktigt och Trafikverket har även i andra former förtydligat vad som avses vad gäller dimensionering och verifiering av teknisk livslängdsberäkning under projekteringsskedet. Trafikverket anger t.ex. i en inlaga⁶ till Länsrätten i Dalarnas län:

Av de ovanstående citerade avsnitten följer att det inte är erforderligt att metoder som används vid dimensionering är vetenskapliga eller vedertagna och beprövade. Det är tillräckligt att modeller eller antaganden grundar sig på dokumenterade vetenskapliga metoder eller vedertagna och beprövade metoder.

d.v.s. det är i allra högsta grad tillåtet att använda sig av metoder som avviker men har sin grund i vedertagna och beprövade metoder. Generellt är Trafikverkets inställning att de metoder/modeller som entreprenader använder sig av inte strikt behöver vara vetenskapliga eller dokumenterade. Trafikverket kräver enbart att vissa (del)modeller och antaganden skall grunda sig på dokumenterade vetenskapliga eller vedertagna och beprövade metoder. Trafikverket tillägger dessutom i anförd inlaga att:

ett mer omfattande krav skulle vara såväl omotiverat som konkurrens- och utvecklingshämmande.

Trafikverket skriver även i en senare inlaga⁷ att:

En grundtanke med att använda totalentreprenad är att det skall ges förutsättningar för teknisk utveckling och att entreprenörer skall få ett incitament att satsa mer resurser just på att vidareutveckla bygg- och konstruktionsmetoder, vilka de själva får ta det fulla ansvaret för.

Detta innebär sammantaget att en konstruktion inte behöver uppfylla alla antaganden och krav (och begränsningar) som den dimensionering som normalt görs för utförandeentreprenader via PMS Objekt. Avvikande antaganden är inte bara möjliga utan även uppmuntrade då utförandekvalitet, t.ex. packningsarbete och användande av bättre material än de som finns fördefinierade i PMS Objekt, kan beaktas vid teknisk livslängdsberäkning.

⁶ Inlaga från Vägverket (Rogert Andersson) i Mål nr 2559-08, NCC Construction Sverige AB./ staten genom Vägverket, angående offentlig upphandling (2008-11-10)

⁷ Inlaga från Vägverket (Rogert Andersson) i Mål nr 2559-08, NCC Construction Sverige AB./ staten genom Vägverket, angående offentlig upphandling (2008-12-10)

Sammanfattningsvis kan sägas att överbyggnadsdimensioneringen för utförandeentreprenader utförs enligt en noggrant reglerad process med relativt få frihetsgrader, vilket resulterar i en standardväg byggd med standardmaterial. I totalentreprenader är frihetsgraderna, i alla fall nominellt, större då dimensioneringen inte längre är styrd, vilket därmed öppnar för nya (eller annorlunda) material, konstruktioner och byggnadsprocesser. Det är inte helt givet vad som kan anses vara en godkänd dimensioneringsprocedur men praxis förefaller vara relativt tillåtande.

3.2.2. KRAV PÅ EGENSKAPER

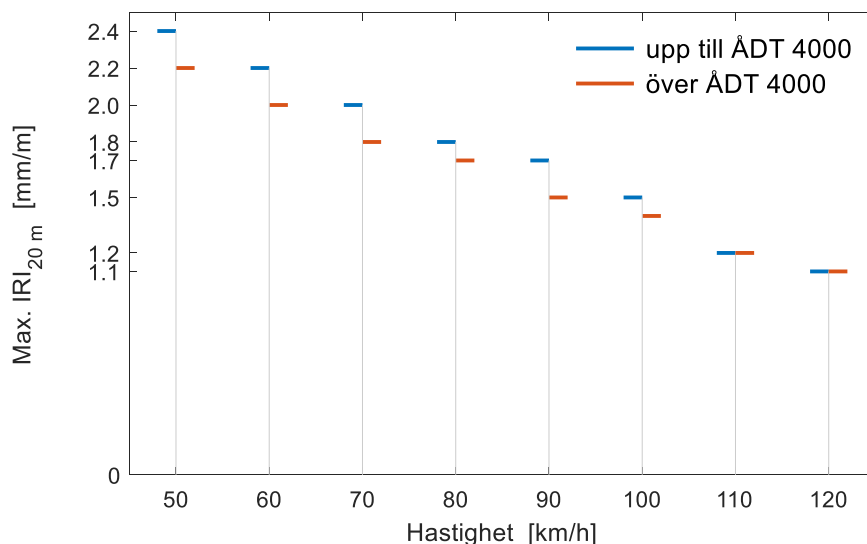
I utförandeentreprenader handlar en stor del av kontrollen vid slutbesiktningen om använda material, sammansättning och utförande: sammansättning i form av t.ex. kornstorleksfördelningar och bindemedelshalter, och utförande som t.ex. tjocklekar, deformationsmodul vid plattbelastning och hålrums halt. Utöver materialkrav ställs även krav på färdig vägyta, bl.a. friktion, jämnhet och tvärfall.

För totalentreprenader anges att vägar i första hand utvärderas baserat på funktion och att kontroll skall ske genom provning, beräkning och besiktning enligt upprättat kontrollprogram. För totalentreprenader kan materialkrav komma att kontrolleras, liksom utförandeentreprenader, även för alternativa material som inte förekommer i Trafikverkets normala beskrivningar. I praktiken riktas dock huvudfokus mot funktionskraven även vid slutbesiktning i samband med trafiköppning. Under garantitiden är det bara funktionskrav som tydligt gäller för totalentreprenader. Även om det i utförandeentreprenader finns vissa krav som kan betecknas som funktionskrav skiljer sig dessa från funktionskrav i totalentreprenader genom att de normalt endast kontrolleras vid slutbesiktningen och alltså inte senare under garantitiden

Vägytans jämnhet och tvärfall mäts med vägytemätbil enligt Trafikverkets metodbeskrivning för objektmätning (f.n. TDOK, 2014a)⁸ tillsammans med beskrivningen av mätstorheter, TDOK (2014b)). Metoderna för vägytemätningen har förändrats något under perioden 2007–2017 men marginellt avseende metod och tekniska prestanda.

Jämnhet mäts längs vägen som IRI (International Roughness Index) och tvärs som tvärgående jämnhet, eller spårdjup i dagligt tal. Metoden definierar dessutom några olika tvärfall vilka för nybyggd yta är mycket snarlika. Grundenheten i funktionsmätningen är medelvärde över 20 m. Dessutom krävställs även 400 m-värden som 20 efter varandra följande 20 m-mätningar. I utförandeentreprenader är kravställningen enhetlig och beskriven i Trafikverkets krav för bitumenbundna lager (Trv, 2013) och Figur 6 sammanfattar de krav som gäller för alla 20 m-sträckor vid slutbesiktning för längsgående jämnhet (IRI).

⁸ Föregången av VVMB 122 (2009) som i sin tur föregicks av VVMB 116 (2004).



Figur 6. Krav på jämnhet i längsled för utförandeentreprenader, varje 20 m-sträcka (efter Trv, 2013).

Kraven varierar med hastighet och trafikmängd: skarpare krav för ökad hastighet och högre trafikmängd upp till 100 km/h varefter kraven fortsatt skärps med ökad hastighet men oberoende av trafikmängd. Kraven i totalentreprenader varierar något men följer nivåerna givna i Figur 6 (se bilaga 3). En skillnad mellan utförande- och de flesta totalentreprenader är att i totalentreprenader tillåts en viss andel 20 m-sträckor överskrida kravvärdet, typisk 5 eller 10 %, medan kraven i utförandeentreprenader gäller för alla 20 m-sträckor. För 30 av 43 totalentreprenader förekommer någon typ av lättnad i och med att man tillåts ha en överträdande andel. Till 4 av dessa 30 finns det dock även en maxgräns kopplad. I 2 fall ställs nybyggnadskraven inte på vare sig 20 eller 400 m-sträckor utan på hela objektets medelvärde.

Typiska krav på 400 m-sträckor för utförandeentreprenader exemplifieras i Tabell 1. Tabellen visas något kortad jämfört med Trv (2013).

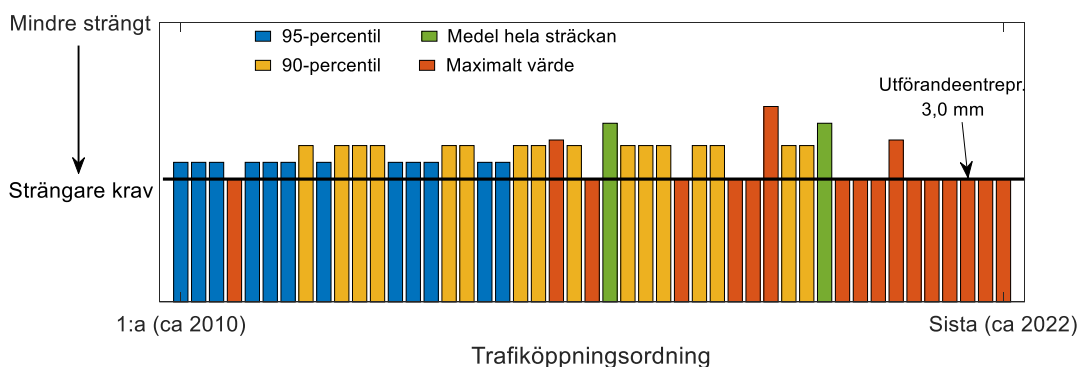
Tabell 1. Krav vid trafiköppning för utförandeentreprenader, 400 m-sträckor (Trv, 2013) Tabellen något kortad då krav finns även för mellanliggande hastigheter

Hastighet [km/h]	Trafik [ÅDT]	Standardavv. [mm/m]	Medel [mm/m]
50	≤ 4000	≤ 0,7	≤ (1,8-0,4s)
	> 4000		
70	≤ 4000	≤ 0,6	≤ (1,6-0,4s)
	> 4000		
90	≤ 4000	≤ 0,5	≤ (1,4-0,4s)
	> 4000		
120	oberoende	≤ 0,3	≤ (1,0-0,4s)

Även för 400 m-sträckor varierar kraven något mellan totalentreprenader men följer i stort Trv (2013).

För tvärgående jämnhet (spårdjup) är kravet på nybyggnadsentreprenader, oavsett entreprenadform, normalt maximalt 3,0 mm för 20-meterssträckor och 2,5 mm för 400-meterssträckor oberoende av hastighet eller trafikmängd. Mätbredden för spårdjupsmätningen styrs av körfältsbredden definierad som bredden mellan körfältslinjer, eller beläggningskant. I det fall körfältsbredden understiger 3,5 m skall mätningen ske med 2,6 m mätbredd (15 lasrar). I övriga fall föreskrivs 3,2 m (17 lasrar). Anledningen till detta är att vid smala körfält riskerar mätning att ske utanför beläggningen eller på vägmarkering och därmed överskatta spårdjupet.

För utförandeentreprenader gäller (Trv, 2013) 3,0 mm strikt för alla 20 m-värden, medan det i totalentreprenader finns en rad smärre variationer. För de undersökta 43 kontrakten har de flesta ett krav på 3,0 mm spårdjup vid trafiköppning. Ett undantag är entreprenad 265 Täby Kyrkby–Rosenkälla som inte hade något specifikt krav i samband med trafiköppning annat än det som gäller under hela kontraktstiden på 18 mm maximalt spårdjup. Det finns vidare 3 andra undantag (entreprenader 13 östgående, 16 och 28 i bilaga 2) där delar av vägen tillskrevs något generösare krav då de utgjordes av omgjord befintlig väg. Man kan också notera att i flera kontrakt har det krävts en viss andel av alla 20-metersvärdena under 3,0 mm t.ex. 90 % eller 95 % av 20 m-värden. Figur 7 visualiserar spårdjupskravet vid slutbesiktning i kronologisk ordning efter trafiköppningsdatum för undersökta totalentreprenader.



Figur 7. Schematisk beskrivning av utveckling av spårdjupskrav vid trafiköppning för totalentreprenader (notera att y-axeln endast anger riktning: höjderna endast indikativt skalade efter typiska fördelningar).

Figur 7 visar att kraven varierar något mellan entreprenader men att absoluta maxvärdeskrav verkar bli mer vanliga med tiden: de sista 10 entreprenaderna har bara maxkrav. Anledningen till att tillåta andelar över kravvärdet i tidigare totalentreprenader kan ha varit att kravställning baserat på absolutkrav ansetts alltför strängt och man behöver skrivningar för att hantera smärre avvikelser. En förmodad anledning till att man från Trafikverket frångått att ange andelar är att man sedan 2014 infört ekonomisk reglering av mindre fel där avdrag liknande de

som finns i utförandeentreprenader (Trv 2014c). På så sätt har osäkerheten kring hur fel i samband med slutbesiktningen skall hanteras minskat. I 2 entreprenader har Trafikverket använt termen grovt fel (markerat med GF i entreprenader 15 och 16 i bilaga 2). Det är dock oklart vad som i praktiken skiljer grovt fel från maxvärdeskrav, vilket förekommer i många andra entreprenader. Utöver kravställningen på 20-metersträckor finns krav på 400-meterssträckor.

I praktiken är det inte ovanligt att kraven i totalentreprenader ändras under anbudsfasen genom kompletterande förfrågningsunderlag (KFU). Tabell 2 visar ett exempel på hur kravställningen förändrades under anbudsfasen för en totalentreprenad.

Tabell 2. Exempel på förändringar av krav avseende längsgående jämnhet (20 m) under anbudsfasen för en totalentreprenad, väsentlig förändring i rött

Ändring	Krav och förändring/tillägg
Ursprungligt ffu	90 % $\leq 1,2$ mm/m vid trafiköppning
1	90 % $\leq 1,2$ mm/m vid slutbesiktning
2	$\leq 1,4$ mm/m vid slutbesiktning
3	Reglering av vägyta enl. TDOK vid slutbesiktning

Exemplet i Tabell 2 tillhör de med flest förändringar men det är relativt vanligt med någon typ av förändring. Förändringen av kontrolltidpunkt från trafiköppning till slutbesiktning innebär potentiellt stor skillnad då många entreprenader framdrivs i eller nära befintlig väg med kontinuerliga trafikpåsläpp, vilket kan ske upp till ett par år innan slutbesiktning. Ändring nummer 2 innebär i praktiken en skärpning av kravet på då vägytan inte längre tillåts ha några avvikelser. Konsekvensen av denna skärpning lindras något av förändring 3 då smärre avvikelser pragmatiskt hanteras genom monetära avdrag. Som tidigare nämnts har det blivit närmast regel att regleringsdokumentet numera finns med som kontraktshandling.

Sammanfattningsvis finns det betydande likheter mellan entreprenadformerna för kravställning och kontroll av vägytans jämnhet vid trafiköppning (eller slutbesiktning). Basnivån för kraven på längs- och tvärgående jämnhet är snarlik men för totalentreprenader tillkommer ofta en rad bivillkor som att minst 90 % av ytan skall uppfylla kravet och explicita maxnivåer. Användandet av dessa villkor kan tolkas som ett pragmatiskt sätt att hantera små avvikelser. Behovet, och användandet, av bivillkoren har minskat i och med att Trafikverkets dokument för reglering av beläggningsarbeten mer frekvent används som kontraktshandling. En slutsats är att kravställningen över olika totalentreprenader är heterogen, d.v.s. har ännu inte helt standardiserats. Varierande krav gör riskbedömningen svårare och verkar därmed fördyrande.

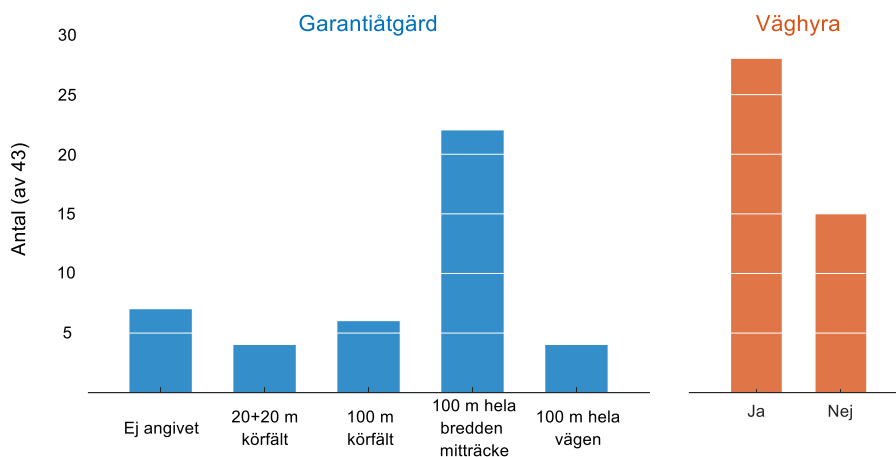
3.3. KONSEKVENSER AV FEL

Fel eller kvalitetsavvikelser på beläggning noteras vid slutbesiktning samt under garantitid. För utförandeentreprenader är slutbesiktningen, d.v.s. direkt efter byggandets avslutande, i praktiken den viktigaste besiktningen och fel regleras normalt efter *Trafikverkets regler för reglering av beläggningsarbeten* (Trv, 2014c). Utöver regler för konsekvenser för fel och kvalitetsavvikelser innehåller detta dokument även skrivningar kring mängdregleringar av insatsvaror som t.ex. bitumen och vidhäftningsmedel. Besiktningsman kan bedöma att fel är väsentliga vilket kan föranleda annan åtgärd.

Vid slutbesiktning av totalentreprenader föreskrivs samma dokument (Trv, 2014c) för reglering i drygt hälften av genomgångna kontraktshandlingar, 23 av 43 (se bilaga 1). I övriga entreprenader nämns inget specifikt om vad som gäller om kraven inte uppfylls varför ABT 06 får anses gälla. I underlaget finns det en tendens att det blivit vanligare med tiden att kontrakten återoppar regleringsdokumentet.

En avgörande skillnad mellan entreprenadformerna är vad entreprenören ansvarar för under garantitiden. I utförandeentreprenader ansvarar entreprenören för fel som framträder under garantitid: 5 år för arbete och 2 år för material (AB 04) om inte, som i många Trafikverksentreprenader, annat avtalas. I regel undantas AB 04 och garantitiden anges till 5 år. I praktiken begränsas ansvaret till bristande utförande som t.ex. öppna skarvar, separationer m.m. Entreprenör ansvarar inte för normal förslitning och materialens kvalitet kontrolleras vid slutbesiktningen. Även i totalentreprenader ansvarar entreprenören för fel som uppträder under garantitiden med det avgörande tillägget att entreprenören även har ansvar för de funktionskrav som avtalats. I de flesta fall är dessutom garantitiden väsentligt längre i totalentreprenader: typisk dubbelt så lång, 10 år jämfört med utförandeentreprenadernas 5 år.

Utförandeentreprenader besiktas normalt vid garantitidens utgång medan totalentreprenader besiktas mer kontinuerligt avseende den tekniska funktionsbaserade kravställningen. Den typiska 10-åriga totalentreprenaden besiktas vid år 3, 5, 8 och slutligen efter 10 år. I det fallet att fel kräver åtgärd skall den normalt omfatta minst 100 m med samma beläggning och, i de flesta kontrakt över hela vägens bredd eller hela vägens bredd på aktuell sida av mitträcke (se Figur 8). Till detta kan väghyra tillkomma vilket är fallet i närmare 60 % av entreprenaderna (se Figur 8 och bilaga 1).



Figur 8. Angiven garantiåtgärd och eventuell väghyra för genomgånga totalentreprenader.

I de flesta entreprenaderna anger kontraktshandlingarna att åtgärd skall omfatta minst 100 m och över hela vägens bredd på aktuell sida av mitträcket. I några fall begränsas området till aktuellt körfält. Huruvida det verkligen är på detta sätt garantiåtgärder utförs är för oss okänt.

3.4. INDEXREGLERING AV KOSTNADER

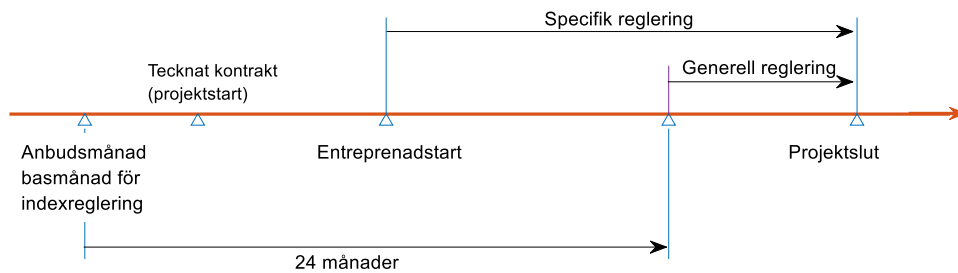
I längre Trafikverkskontrakt justeras fakturerat belopp, baserat på förutsättningar vid anbudsgivning och kontraktsskrivning, efter kostnadsutvecklingen för produktion från anbudstillfället. Prisjusteringsmodellen finns allmänt beskriven på Trafikverkets hemsida (Trv, 2020). Entreprenadspecifika detaljer finns sedan förtecknade i kontraktet (EK).

Modellen består av 2 delar: (1) generell reglering samt (2) specifik reglering. Trafikverkets modell beskrivs schematisk i Figur 9. Specifik reglering omfattar produktionsresurser bortom entreprenörens kontroll och dessutom samtidigt utgör en stor del av kontraktssumman. För vägentreprenader omfattas typiskt främst bitumen men även emellanåt drivmedel. Justeringen görs mot ett specificerat index från kontraktstart och med anbuds månaden som basmånad.

Generell reglering görs på övrig del av kontraktssumman som inte regleras specifikt (enligt ovan) med början 24 månader efter anbuds månaden med anbuds månaden som bas. För den generella regleringen användes i den tidiga delen av undersökningsperioden oftast nettoprisindex⁹ (NPI) vilket senare ersattes av konsumentprisindex med konstant skatt¹⁰ (KPI-KS). I bilaga 1 förtecknas de index som använts för totalentreprenader under åren

⁹ Fördes av Statistiska centralbyrån fram till 2015 och mätte prisutveckling för privat konsumtion rensat för indirekta skatter och stöd.

¹⁰ Förs av SCB och mäter, snarlikt NPI, prisutvecklingen för hela privata konsumtionen rensat för effekter av indirekta skatter och stöd.



Figur 9. Schematisk beskrivning av indexreglering (efter Trv hemsida).

I genomgångna handlingar kan ingen generell skillnad mellan entreprenadformerna noteras: båda innehåller i regel ungefär samma skrivningar kring specifik och generell reglering. Avseende risk är en avgörande skillnad mellan kontraktsformerna såsom de används, de avsevärt längre garantitiderna i totalentreprenader kopplat till föregående avsnitt rörande konsekvenser av fel: längre garantitider och större ansvar för beläggningens funktion ger större risk för felavhjälpanande åtgärder långt i framtiden. Stora framtida kostnader för bitumen och energi är mycket svårt att riskhantera. Stor risk är kopplat till resurser som normalt visar stora prisvariationer såsom oljerelaterade produkter.

4. DISKUSSION, SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Kontrakt avseende vägbyggnad är mångfacetterade och omfattar mängder med beskrivningar och krav kring allt från planteringar till krav på skyltbelysning med själva vägytan någonstans i detta komplex. Intuitivt är kanske vägbyggets viktigaste del vägytan då den är det funktionella gränssnittet mot användarna, trafikanterna. Övriga delar eller egenskaper kan i detta sammanhang betraktas som stödsystem, bärighet som t.ex. söker säkerställa vägytans fortfarighet. I denna undersökning har vi främst fokuserat på vägytans tillstånd samt kontraktsrisker förknippade med vägytan. Vi har även behandlat dimensionering, vilket är teknisk kontraktsförutsättning som skiljer entreprenadformerna men är många gånger endast svagt kopplat till vägytans egenskaper. Även om det innebär en begränsning av jämförelsen mellan kontraktsformerna fångar vägytan huvudinnehållet i vägbyggandet samtidigt som vägytans jämnhet är en av de få egenskaper som är direkt jämförbar mellan entreprenadformer: spår djup betyder alltid samma sak, är förståeligt och förekommer som krav i båda entreprenadformerna. Mot detta kan vändas att drivkrafterna för entreprenören skiljer något, vilket eventuellt skulle kunna påverka generella jämförelser. För Trafikverket är det tekniska slutmålet förmodat det samma (jämn väg) oavsett entreprenadform. För entreprenören skiljer dock det kontraktuella slutmålet något då utförandeentreprenaden i stort går ut på att noggrant följa material- och utförandespecifikationer medan huvudfokus i totalentreprenaden riktas mot uppmätt funktion på den färdiga vägytan. I fallet

slutbesiktning är skillnaden dock i praktiken marginell då vägytan kravställs och regleras även i utförandeentreprenaden. Den kontraktuella skillnaden bli mer uttalad under garantiperioden där tid och ansvar skiljer mellan entreprenadformerna. I totalentreprenaden tar inte ansvaret slut i och med slutbesiktningen vilket kan påverka hur konstruktion och material väljs samt även eventuellt påverka underhållsstrategin i de längre totalentreprenaderna. Projektets inledande 2 rapporter behandlar främst trafiköppning då inverkan av kontraktuella slutmål bedöms försumbara.

Baserat på erhållna resultat kan följande slutsatser dras avseende avgörande kontraktsinnehåll:

- Garantitiden skiljer mellan entreprenadformerna där 5 år regelmässigt gäller för utförandeentreprenader och den avgjort vanligaste kontraktlängden för totalentreprenader är 10 år.
- Kraven vid trafiköppning (slutbesiktning) har kommit att alltmer likna varandra mellan entreprenadformerna då t.ex. kravnivån för spårdjup närmast undantagslöst är 3 mm och tillåtna andelar överskridande värden alltmer försvunnit från totalentreprenaderna och, kanske viktigast, användandet av Trafikverkets regleringsdokument (Trv, 2014c) även i totalentreprenader.
- Det finns en hygglig variation i kravställning mellan enskilda totalentreprenader. Trenden är att kravställningen för spårdjup skärpts något med tiden.
- Dimensionering i utförandeentreprenader utförs i dimensioneringsklass 2 vilken är noga specificerad i Trafikverksdokumentation. DK2-dimensionering är begränsad till standardmaterial och standardkonstruktioner. Totalentreprenader dimensioneras i DK3 där andra metoder (än DK2) är tillåtna. Kraven på och begränsningarna av DK3-dimensionering är vaga och ger utrymme för entreprenörer att själva metod, material och konstruktion.

Baserat på erhållna resultat och erfarenheter kan följande kommentarer och rekommendationer ges:

- IRI och spårdjup verkar vara det som (1) mäts och (2) är mest kritiskt i samband med trafiköppning för de flesta vägar oavsett om de är utförande- eller totalentreprenader, vilket ger en möjlighet att jämföra olika projekt och entreprenadformer. Andra krav som tvärfallsavvikelse och friktion är avsevärt mindre jämförbara och i fallet med tvärfallsavvikelse dessutom svår att beräkna och känslig för små mätfel.

- Vad gäller kostnader så är det, om man vill jämföra ur ett entreprenörsperspektiv, viktigt att inkludera såväl bygg- som underhållskostnader. I dessa bör även kostnader för felavhjälpande vilka i sin tur beror på kontraktsförutsättningar, bl.a. teknisk kravställning och garantitidens längd, ingå. Eftersom kostnader för fel först uppstår i framtiden bör kontraktsklausuler för kostnadsutvecklingen beaktas t.ex. index för bitumen och bränslen. I detta fall kan det vara relevant att sammanställa kostnadsdrivare andra än de mest uppenbara felavhjälpande åtgärderna utan även vilka felavhjälpande metoder som är tillåtna, minsta tillåtna åtgärd, produktionsmetoder etc.
- För att bedöma riskkostnader i en entreprenad, som de som diskuteras ovan, är det en fördel om relativt detaljerade kontraktsklausuler är möjliga att modellera då riskkostnaderna i hög grad kan bero på när en åtgärd krävs, vad åtgärden får bestå av och om kostnadsreglering utgår.
- I totalentreprenader mer tydligt klargöra konsekvenser av underkända mätningar och inte blanda både tydliga gränser för funktionskrav med formuleringar kring maxgräns, grovt fel och åtgärd krävs, vilka då skiljer sig från kravgränsen. Och använda samma formuleringar och kravramverk genomgående i alla upphandlingar där bara nivåerna skiljer mellan entreprenader.
- Överväg möjligheten att bara använda 20 m-värden då 400 m-värden är mer medelvärdesbildande och i delar mer abstrakta som t.ex. standardavvikelse för IRI över 400 m. I och med detta reduceras onödig redundans och potentiella konflikter: avseende spårdjup kan t.ex. alla 20 m-värden vara godkända med samtidigt underkänt 400 m-värde.
- En mätmetodsaspekt som i praktiken ofta dyker upp är mätbreddens beroende av körfältsbredden. Gränsen mellan 2,6 m och 3,2 m mätbredd går vid 3,5 vilket numera är en vanlig körfältsbredd men som kan variera något över en entreprenad t.ex. skilja mellan olika delar av 2+1-vägar. Utöver att vara mycket svåradministrerat då det är svårt att över tid och mellan vägytemätare hålla reda på faktiska körfältsbredder innebär variationen att det i praktiken ställs olika spårdjupskrav för olika delar av vägen då mätmetoden inte är konstant. Tydliggör mätbredd och då förslagsvis 2,6 m som reducerar inverkan av störningar av t.ex. vägmarkering eller angränsande vägdel. Kravnivån kan justeras efter vald mätbredd.
- Det kanske mest eftersträvansvärda är enhetlighet mellan totalentreprenadskontrakt då de varierar avseende såväl kravställning som övriga kontraktsförutsättningar som t.ex. indexreglering.

REFERENSER

- Arm, M. 1992. *SAN REMO Ny dimensionering av vägöverbyggnader i BYA på kort sikt*. VTI notat V187. Statens väg- och trafikinstitut.
- Aschenbrener, T., Goldbaum, J. och Shuler, S. 2008. Evaluation of short-term warranty and prescriptive specifications for hot-mix pavements after 8 years. *Transportation Research Record* 2081: 130-138.
- Bardaka, E., Zhang, Z., Labi, S., Sinha, K. C. och Mannering, F. 2016. Statistical assessment of the cost effectiveness of highway pavement warranty contracts. *Journal of Infrastructure Systems* 22(3).
- Bayraktar, M. E., Cui, Q. och Minkarah, I. 2004. State-of-practice of warranty contracting in the United states. *Journal of Infrastructure Systems* 10(2):60-68.
- Berk, J. och DeMarzo, P. 2014. *Corporate finance*. ISBN 9780273792024. Pearson.
- Boussinesq, M.J. 1885. *Application des potentials a l' etude de l' equilibre et du mouvement des solides elastiques*. Gauthiers-Villars, Paris.
- Burmister D.M. 1943. The theory of stresses and displacement in layered systems and applications to the design of airport runways. *Highway Research Board, Proc of the 23rd annual meeting* s.126-148, Chicago.
- Cui, Q., Johnson, P.W. och Sees, E. 2008. *Long-term warranties on highway projects*. UTCA Report Number 06109. University Transportation Center for Alabama.
- Cui, Q., Johnson, P. W., Sharma, D. och Bayraktar, M. E. 2010. Determinants of industry acceptance for highway warranty contracts: Alabama case study. *Journal of Infrastructure Systems* 16(1):93-101.
- Dormon G.M. 1962. The extension to practice of a fundamental procedure for the design of flexible pavements. *International conference on the structural design of asphalt pavements Proceedings*, Ann Arbor USA vol. 2: 785-793.
- Dukatz, E. L. och Schwandt, S. M. 2005. Evaluating Wisconsin warranty projects: before, during and after the warranty. *Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists* vol. 74: 67-96.
- George, K.P. och Husain, S. 1986 Thickness Design for Flexible Pavement: A Probabilistic Approach. *Transportation Research Record* 1095: 26-36
- Gharaibeh, N. G. och Shirazi, H. 2009. Risk-based model for pricing highway infrastructure warranties. *Journal of Infrastructure Systems* 15(4):378-382.
- Gharaibeh, N. G. och Miron, A. G. 2008. Warranty specifications for highway construction—current practices and evolution to advanced quality systems. *Transportation Research Record* 2081 s.77-82.

- Gransberg, D. D. och Molenaar, K. R. 2004. Life-cycle cost awards algorithms for design/build highway pavement projects. *Journal of Infrastructure Systems* 10(4):167-175.
- Grennberg, T. 1986. *Funktionsentreprenad försöksprojekt, Beläggning av E4 vid kungens kurva*. Rapport 36a, Byggentreprenörerna, Stockholm.
- Grennberg, T. 1998. *Ta bort krökarna i byggsvängen*. ISBN 9163074001. Torsten Grennberg AB.
- Hansson, B. 1994. *Motorväg som funktionsentreprenad. Utvärdering av Gammelsta-projektet*. Tekniska högskolan i Lund, Institutionen för Byggnadsekonomi, TVBP-94/3043.
- Hashem, M. S. och Guggemos, A.A. 2015. Risk management for asphalt road construction and maintenance under performance-based contracts. *International Journal of Construction Education and Research* 11(4):1-24.
- Ibbs, C. W., Kwak, Y. H., Ng, T. och Odabasi, A. M. 2003. Project delivery systems and project change: quantitative analysis. *Journal of Construction Engineering and Management* 129(4): 382-387.
- Karlsson, R. och Wennström, J. 2012. *Uppföljning av väg N610: totalentreprenad med funktionellt helhetsåtagande under sju år*. VTI rapport 740. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Korteweg, A-L. Functional specifications in contracting. *Routes* (315): 22-34.
- Krebs, S., W., Duckert, B., Schwandt, S., Volker, J. och Brokaw, T. 2001. *Asphaltic pavement warranties-Wisconsin department of transportation-five-year progress report*. Wisconsin DOT, Madison.
- Larsson, B. och Sandberg, S. 2003. *Funktionskrav i vägentreprenader-utvärdering av ett demonstrationsprojekt*. Inst. Byggnadsekonomi, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
- Lee, J. -C., Lin, J.-D., Chiou, C.-R. och Wang, H.-Y. 2013. A performance-specified and reliability-based approach for life-cycle cost analysis of long term pavement maintenance contracts. *Advanced Materials Research* vol. 721: 721-728.
- Lundström, R. 2013. *Comparing procurement methods in road construction projects. Influence on uncertainty, interaction and knowledge*. Företagsekonomiska institutionen, Uppsala Universitet.
- Miner M. 1945. Cumulative damage in fatigue. *Journal of Applied Mechanics* 12: A159-A164.
- Mirzadeh, I., Butt, A. A., Toller, S., & Birgisson, B. (2014). Life cycle cost analysis based on the fundamental cost contributors for asphalt pavements. *Structure and Infrastructure Engineering*, 10(12), 1638-1647..

- Moynihan, G., Zhou, H. och Cui, Q. 2009. Stochastic modeling for pavement warranty cost estimation. *Journal of Construction Engineering and Management* 135(5): 352-359.
- Nijboer L.W. 1954. Mechanical properties of asphalt materials and structural design of asphalt roads. *Highway Research Board, Proc of the 33rd annual meeting*, Washington, s. 185-200.
- Nijboer L.W. 1957. Note sur l'épaisseur des chaussées souples. *Revue générale de routes et des aérodromes* 27(302): 63-76.
- Palmgren A. 1924 Die lebensdauer von kugellagern. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* 68(14): 339-341.
- Peattie K.R. 1962. A fundamental approach to the design of flexible pavements. International conference on the structural design of asphalt pavements. *International conference on the structural design of asphalt pavements Proceedings*, Ann Arbor USA, s. 403-410.
- Qi, Y., Wang, F., Gendy, A. E. och Li, Y. 2013. Evaluation of the effectiveness of Mississippi's pavement warranty program. *Transportation Research Record* 2366: 98-109.
- Sadeghi, L., McDaniel, R. och Haddock, J. E. 2016. Effectiveness of warranted asphalt pavements in Indiana. *Transportation Research Record* 2573: 69-75.
- Sanvido, V. och Konchar, M. 1999. *Selecting project delivery system, comparing design-build, design-bid-build and construction management at risk*. The Project Delivery Institute, State College, Pa USA.
- Sees, E. och Johnson, P. 2009. Legal environment for warranty contracting. *Journal of Management in Engineering* 25(3): 115-121.
- Shrestha, P. P., O'Connor, J. T., och Gibson Jr, G. E. 2011. Performance comparison of large design-build and design-bid-build highway projects. *Journal of Construction Engineering and Management* 138(1): 1-13.
- Singh, P., Oh, J. E. och Sinha, K. C. 2007. Cost-effectiveness evaluation of warranty projects. *Journal of Construction Engineering and Management* 133(3): 217-224.
- Skok Jr E.L. och Finn F. 1962. Theoretical concepts applied to asphalt concrete pavement design. *International conference on the structural design of asphalt pavements Proceedings*, Ann Arbor USA, s. 412-440.
- Songer, A. D. och Molenaar, K. R. 1996. Selecting design-build: public and private sector owner attitudes. *Journal of Management in Engineering* 12(6): 47-53.
- Trv. 2011a. *TRVK Väg, Trafikverkets tekniska krav vägkonstruktion*. TDOK 2011:264. Trafikverket.

- Trv. 2011b. *TRVR Väg, Trafikverkets tekniska råd vägkonstruktion*. TDOK 2011:267. Trafikverket.
- Trv. 2013. *Krav bitumenbundna lager*. TDOK 2013:0529. Trafikverket.
- Trv. 2014a. *Vägytemätning objekt*. TDOK 2014:0005. Trafikverket.
- Trv. 2014b. *Vägytemätning mätstorheter*. TDOK 2014:0003. Trafikverket.
- Trv. 2014c. *Trafikverkets regler för reglering av beläggningsarbeten*. TDOK 2014:0565. Trafikverket.
- Trv. 2020. Trafikverkets hemsida <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/upphandling/Sa-upphandlar-vi/Indexmodell/>.
- Trv. 2019. *Trafikverkets affärsstrategi för entreprenader och tekniska konsulter*. TDOK 2016:0199 ver. 3.0. Trafikverket.
- VVMB 302. 2009. *Dimensionering av lågtrafikerade vägar–DK1*. Publikation 2009:7, Vägverket.
- Warne, T. R. 2005. *Design build contracting for highway projects: A performance assessment*. Tom Warne & Associates, LLC.
- Williamson, O. E. 1985. *The economic institutions of capitalism*. Simon and Schuster.
- Ye, S. och Tiong, R.K.L. 2000. Government support and risk-return trade-off in China's BOT power projects. *Engineering, Construction and Architectural Management* 7(4): 412-422. <https://doi.org/10.1108/eb021163>.
- Zhang, Z. och Damnjanovic, I. 2006. Quantification of risk cost associated with short-term warranty-based specifications for pavement. *Transportation Research Record* 1946 s. 3-11.
- Zlatkovic, M, Porter, R:J. och Kergaye, C. 2015. Performance-based warranty contracts for pavement markings: experience and lessons learned in the state of Utah. *Transportation Research Record* 2504: 49-57. DOI: 10.3141/2504-06

BILAGOR

Bilaga 1. Undersökta totalentreprenader, garantitider, förekomst av beläggningsreglering och index.

Bilaga 2. Kravnivåer för största tillåtna ojämnheter i tvärled (spår djup) i undersökta totalentreprenader i samband med trafiköppning (slutbesiktning).

Bilaga 3. Kravnivåer för största tillåtna ojämnheter i längsled (IRI) i undersökta totalentreprenader i samband med trafiköppning (slutbesiktning).

Bilaga 4. Kravnivåer för största tillåtna ojämnheter i tvärled (spår djup) i totalentreprenader under garantitid (även vid garantitidens utgång).

Bilaga 5. Kravnivåer för största tillåtna ojämnheter i längsled (IRI) i totalentreprenader under garantitid (även vid garantitidens utgång).

Bilaga 1. Undersökta totalentreprenader, garantitider, förekomst av beläggningsreglering och index.

Nr	Väg	Objekt	Garantitid [år] AFD.471	Beläggnings- reglering EK\$6.13	Index			Garantiåtgärd EK\$5.5
					Bitumen EK\$6.1411	Generell EK\$6.142	Väghyra EK\$5.3	
1	265	Täby kyrkby - Rosenkälla	15	N	N	E84	J (fria dagar)	Inget specifik
2	55	Katrineholm - Valla	7					
3	34	Glahytt - Stora Aby	8	N	N	N	N	100m, över hela körfältets bredd
4	15	Markaryd - Osby	10	N	N	N	N	100m, hela vägens bredd
5	31	förbi Tenhult	10	N	N	N	N	Inget särskilt
6	E4	Enånger-Hudiksvall	7	VV Publ 2004:159	N	N	N	Inget särskilt
7	E22	Hurva - Rolsberga	10	N	J	90% NPI	J	100m, över hela körfältets bredd
8	E22	Hörby - Linderöd	10	N	J	90% NPI	J	100m, över hela körfältets bredd
9	50	Motala - Mjölby	20	N	J	90% NPI	J (fria dagar)	100m på åtgärdat körfälts eller vägens hela bredd
10	E22	Rolsberga-Fogdarp	10					
11	61	Kallewiken - Gate	10	TRV 2010:092	N	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
12	E4	Njurunda - Skönsberg	20					
13	E18	Västerås - Sagån, västgående Västerås - Sagån, östgående	10	TRV 2010:092	J	100% NPI	N	100m över vägens hela bredd
14	55	Xxtatorpet - Malmköping	10	N	Diesel	90% NPI	J	100m, hela vägens bredd på aktuell sida av mitträcket
15	76	Förbi Norrtälje	10	N	J	NPI	N	Minst 20 m över vägens hela bredd
16	E18	Norrtälje - Kapellskår	10	TDOK 2014:0565	J	75%KPI-KS	N	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
17	27	Viared - Kråkered	5	N	N	100% NPI	J	100m, hela vägens bredd, fram till mitträcke
18	56	Heby - Tämsjö	5/10	TRV 2011:094	J	100% NPI	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
19	288	Hov - Alunda	10	N	N	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
20	61	Åmotfors - Norra By	10	TDOK 2014:0565	N	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
21	190	Angered - Gunnilseås	10	TRV 2011:094	J	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
22	68	Förbi Fors	10	TRV 2011:094	J	N	J	100m, över vägens hela bredd
23	19	Förbi Stora-Herrestad	10	N	J	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
24	E22	förbi Linderöd	10	N	J	75%KPI-KS	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
25	822	Kilvo - Gällivare	10	TRV 2011:094	Diesel	N	N	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
26	E22	förbi Rinkabyholm	10	TDOK 2014:0565 (KPI-KS)	J (KFU1)	75%KPI-KS	N	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
27	288	Alunda - Gimo	10	N	N	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
28	E18	Björkås - Skutberget	10	TRV 2011:094	J	100% NPI	J	100m, över aktuellt körfält
29	E45	Högvalta - Bonäs	10	N	N	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
30	63	Karlstad - Edsgatan	10	TDOK 2014:0565	J	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
31	562	Dingersjö	5	N	N	75%KPI-KS	N	Inget specifik
32	50	Axbergshammar-Lilla Mon	10	TDOK 2014:0565	J	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
33	E16	Dala Jäma - Vansbro	10	TDOK 2014:0565	N	N	J	Minst 20 m på var sida om felet i minst ett hel körfält
34	63	Edsgatan - Vallargärdet	10	TDOK 2014:0565	J	N	J	Minst 20 m på var sida om felet i minst ett hel körfält
35	E20	förbi Hova	10	TDOK 2014:0565	J	75%KPI-KS	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
36	E6.02	Flädie - Lund	10	N	J	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
37	32	Sunnerånga - Marbäck	10	TDOK 2014:0565	J	N	N	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
38	70	Rommeholen - Gyllehemsvägen	10	N	N	N	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
39	44	Förbifart Lidköping	10	TDOK 2014:0565	N	75%KPI-KS	J	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
40	26/47	Månseryd - Mullsjö	10	TDOK 2014:0565	N	75%KPI-KS	N	100m, över vägens hela bredd på aktuell sida av mitträcke
41	51	Svennevad - Kvarnatorpskorset	10	N	J	75%KPI-KS	J	100m över vägens hela bredd
42	E20	Alingsås - Vårgårda	10	TDOK 2014:0565	J	75%(KPI-KS)	J	Minst 20 m på var sida om felet i minst ett hel körfält
43	34	Ervastebby - Borensberg	10	TDOK 2014:0565	N	75%(KPI-KS)	J	100m över hela körfältets bredd

E84: Entreprenadindex med basmånad januari 1984. Det representerar en faktorprisindex som mäter enbart entreprenörens/installatörens kostnader.

NPI: nettoprisindex, utgick den 31:e december 2018.

KPI-KS: konsumentprisindex men konstant skatt

Genomstruken text har utgått som krav under anbudsstiden.

Bilaga 2. Kravnivåer för största tillåtna ojämnhet i tvärlid (spår djup) i undersökta totalentreprenader i samband med trafiköppning (slutbesiktning).

Nr	Väg	Objekt	Krav för tvärgående jämnhet (spår djup) vid trafiköppning [mm]								
			20 meters				400 meters				
			Medel	90%	95%	Max	Medel	90%	95%	Max	
1	265	Täby kyrkby - Rosenkälla									
2	55	Katrineholm - Valla									
3	34	Glahytt - Stora Aby			3.0					2.5	
4	15	Markaryd - Osby			3.0					2.5	
5	31	förbi Tenhult			3.0					2.5	
6	E4	Enånger-Hudiksvall				3.0					2.5
7	E22	Huva - Rolsberga			3.0					2.5	
8	E22	Hörby - Linderöd			3.0					2.5	
9	50	Motala - Mjölby			3.0					2.5	
10	E22	Rolsberga-Fogdarp			3.0					2.0	2.5
11	61	Kalleviken - Gate	3.0						2.5		
12	E4	Njurunda - Skönsberg			3.0					2.5	
13	E18	Västerås - Sagån, västgående		3.0					2.5		
		Västerås - Sagån, östgående		5.0					4.5		
14	55	Yxtatorpet - Malmköping			3.0					2.5	
15	76	Förbi Norrtälje		3.0			5.0 (GF)		2.5		
16	E18	Norrtälje - Kapellskär		3.0/6.0			5.0/8.0 (GF)		2.5/5.0		
17	27	Viared - Kråkered			3.0					2.5	
18	56	Heby - Tämsjö			3.0					2.5	
19	288	Hov - Alunda		5.0					4.5		
20	61	Åmotfors - Norra By		3.0					2.5		
21	190	Angered - Gunnilsås			3.0/4.0					2.5/3.5	
22	68	Förbi Fors		3.0					2.5		
23	19	Förbi Stora-Herrestad		3.0					2.5		
24	E22	Förbi Linderöd				3.0					2.5
25	822	Kilvo - Gällivare				4.0					
26	E22	förbi Rinkabyholm				3.0					2.5
27	288	Alunda - Gimo		3.0/5.0					2.5/4.5		
28	E18	Björkas - Skutberget		3.0					2.5		
29	E45	Högvalta - Bonäs		3.0					2.5		
30	63	Karlstad - Edsgatan	3.0					2.5			
31	562	Dingersjö					5.0				4.5
32	50	Axbergshammar - Lilla Mon				3.0					2.5
33	E16	Dala Järna - Vansbro				3.0		2.5			
34	63	Edsgatan - Vallargärdet	3.0					2.5			
35	E20	Förbi Hova		3.0					2.5		
36	E6.02	Flädie - Lund		3.0					2.5		
37	32	Sunnerånga - Marbäck				3.0					2.5
38	70	Rommeholen - Gyllehemsvägen		3.0					2.5		
39	44	Förbifart Lidköping		3.0					2.5		
40	26/47	Månseryd - Mullsjö				3.0		2.5			
41	51	Svennevad - Kvarntorpskorset				3.0		2.5			
42	E20	Alingsås - Vårgårda				3.0		2.5			
43	34	Ervasteby - Borensberg				3.0		2.5			

GF: grovt fel

Bilaga 3. Kravnivåer för största tillåtna ojämnhet i längsled (IRI) i undersökta totalentreprenader i samband med trafiköppning (slutbesiktning).

Nr	Väg	Objekt	Krav för längsgående jämnhet (IRI) vid trafiköppning [mm/m]						
			20 meters			400 meters			
			90%	95%	Max	A	B	S	
1	265	Täby kyrkby - Rosenkälla							
2	55	Katrineholm - Valla							
3	34	Glahytt - Stora Aby		1.5		1.2	0.4	0.5	
4	15	Markaryd - Osby			1.5	1.2	0.4	0.5	
5	31	förbi Tenhult	1.2			1.0	0.4	0.3	
6	E4	Enånger-Hudiksvall			1.5	1.2	0.4	0.4	
7	E22	Hurva - Rolsberga		1.2		1.1	0.4	0.4	
8	E22	Hörby - Linderöd		1.2		1.1	0.4	0.4	
9	50	Motala - Mjölby		1.2		1.0	0.4	0.3	
10	E22	Rolsberga-Fogdarp		1.2		1.1	0.4	0.4	
11	61	Kallewiken - Gate	2.4			1.6	0.4	0.6	
12	E4	Njurunda - Skönsberg		1.4		1.2	0.4	0.4	
13	E18	Västerås - Sagån, västgående	1.1			1.0	0.4	0.3	
		Västerås - Sagån, östgående	1.4			1.1	0.4	0.4	
14	55	Yxtatorpet - Malmköping			1.5	1.2	0.4	0.5	
15	76	Förbi Norrtälje	1.8		2.6 (GF)				
16	E18	Norrtälje - Kapellskär	2.5/3.0			1.2	0.4	0.5	
17	27	Viared - Kråkered		1.50		1.2	0.4	0.5	
18	56	Heby - Tärsjö	1.5			1.2	0.4	0.5	
19	288	Hov - Alunda	1.5			1.2	0.4	0.5	
20	61	Åmotfors - Norra By	1.5			1.2	0.4	0.5	
21	190	Angered - Gunnilseås		1.7		1.4	0.4	0.5	
22	68	Förbi Fors	1.5			1.2	0.4	0.5	
23	19	Förbi Stora-Herrestad	1.5			1.2	0.4	0.5	
24	E22	Förbi Linderöd			1.4	1.1	0.4	0.4	
25	822	Kilvo - Gällivare			2.5				
26	E22	förbi Rinkabyholm			1.4	1.1	0.4	0.4	
27	288	Alunda - Gimo	1.5		2.1 (GF)	1.2	0.4	0.5	
28	E18	Björkås - Skutberget	1.2			1.1	0.4	0.4	
29	E45	Högvalta - Bonäs	1.5			1.2	0.4	0.5	
30	63	Karlstad - Edsgatan	1.2		1.5	1.1	0.4	0.4	
31	562	Dingersjö	2.2/2.4			1.8	0.4	0.7	
32	50	Axbergshammar - Lilla Mon			1.4	1.1	0.4	0.4	
33	E16	Dala Järna - Vansbro			1.4	1.1	0.4	0.4	
34	63	Edsgatan - Vallargärdet	1.2		1.5	1.1	0.4	0.4	
35	E20	Förbi Hova	1.4			1.1	0.4	0.4	
36	E6.02	Flädie - Lund	1.4			1.1	0.4	0.4	
37	32	Sunnerånga - Marbäck			1.5	1.2	0.4	0.5	
38	70	Rommeholen - Gyllehemsvägen	1.5			1.2	0.4	0.5	
39	44	Förbifart Lidköping	1.5			1.2	0.4	0.5	
40	26/47	Månseverd - Mullsjö			1.5	1.2	0.4	0.5	
41	51	Svennevad - Kvarntorpskorset			1.5	1.2	0.4	0.5	
42	E20	Alingsås - Vårgårda			1.2	1.1	0.4	0.4	
43	34	Ervasteby - Borensberg			1.4	1.1	0.4	0.4	

GF: grovt fel

Bilaga 4. Kravnivåer för största tillåtna ojämnhet i tvärlid (spårdjup) i totalentreprenader under garantitid (även vid garantitidens utgång).

Nr	Väg	Objekt	Krav för tvärgående jämnhet (spårdjup) under garantitid [mm]											
			20 meters					400 meters						
			Medel	80%	90%	95%	Max	Medel	80%	90%	95%	Max		
1	265	Täby kyrkby - Rosenkälla				15	18							
2	55	Katrineholm - Valla			15									
3	34	Glahytt - Stora Aby			10.0		15			9.0				
4	15	Markaryd - Osby			13.0		15			12.0				
5	31	förbi Tenhult			11.0		15			10.0				
6	E4	Enånger-Hudiksvall												
7	E22	Hurva - Rolsberga			13.0		15			12.0				
8	E22	Hörby - Linderöd			11.0		15			10.0				
9	50	Motala - Mjölby			11.0		15			10.0				
10	E22	Rolsberga-Fogdarp			12.0		15			11.0				
11	61	Kallewiken - Gate			13.0		15			12.0				
12	E4	Njurunda - Skönsberg			10.0		15			9.0				
13	E18	Västerås - Sagån, västgående					15			12.0				
		Västerås - Sagån, östgående		15.0			15		14.0					
14	55	Yxtatorpet - Malmköping			13.0		15			12.0				
15	76	Förbi Norrtälje			13.0		15/20.0 (GF)			12.0				
16	E18	Norrtälje - Kapellskär			13.0/16.0		16.0/19.0							
17	27	Viared - Kråkered			15.0		15			12.0				
18	56	Heby - Tärnsjö			13.0		15			12.0				
19	288	Hov - Alunda			16.0		18			15.0				
20	61	Åmotfors - Norra By			13.0		15.0			12.0				
21	190	Angered - Gunnilseås			12.0/14.0		16			11.0/13.0				
22	68	Förbi Fors			13.0		15			12.0				
23	19	Förbi Stora-Herrestad			12.0		15							
24	E22	Förbi Linderöd			12.0					12.0				
25	822	Kilvo - Gällivare	11.0				15							
26	E22	förbi Rinkabyholm					13.0							12.0
27	288	Alunda - Gimo			13.0/16.0		18			12.0/9.0				
28	E18	Björkås - Skutberget			13.0		15.0			12.0				
29	E45	Högvalta - Bonäs			13.0		15.0			12.0				
30	63	Karlstad - Edsgatan	10.0						10.0					
31	562	Dingersjö			12.0					11.0				
32	50	Axbergshammar - Lilla Mon					15.0							17.0
33	E16	Dala Järna - Vansbro					13.0		12.0					
34	63	Edsgatan - Vallargärdet	12.0						10.0					
35	E20	Förbi Hova			13.0		15.0			12.0				
36	E6.02	Flädie - Lund			13.0					12.0				
37	32	Sunnerånga - Marbäck					13.0/15.0							12.0
38	70	Rommeholen - Gyllehemsvägen			13.0					12.0				
39	44	Förbifart Lidköping			13.0		15.0			12.0				
40	26/47	Månseryd - Mullsjö					13.0		12.0					15.0
41	51	Svennevad - Kvarntorpskorset					13.0		17.0					
42	E20	Alingsås - Vårgårda					14.0		12.5					
43	34	Ervasteby - Borensberg					13.0		12.0					

GF: grovt fel

Bilaga 5. Kravnivåer för största tillåtna ojämnhet i längsled (IRI) i totalentreprenader under garantitid (även vid garantitidens utgång).

Nr	Väg	Objekt	Krav för längsgående jämnhet (IRI) under garantitid [mm/m]					
			20 meters			400 meters		
			90%	95%	Max	A	B	S
			$\bar{X} \leq A - B \cdot S$					
1	265	Täby kyrkby - Rosenkälla	2.5					
2	55	Katrineholm - Valla						
3	34	Glahytt - Stora Aby			2.3	1.8	0.4	0.6
4	15	Markaryd - Osby			2.4	1.6	0.4	0.6
5	31	förbi Tenhult	2.1			1.5	0.4	0.3
6	E4	Enånger-Hudiksvall			2.1	1.6	0.4	0.5
7	E22	Hurva - Rolsberga	2.0			1.5	0.4	0.4
8	E22	Hörby - Linderöd	2.0			1.5	0.4	0.4
9	50	Motala - Mjölby	2.1			1.5	0.4	0.3
10	E22	Rolsberga-Fogdarp	2.0		2.5	1.4	0.4	0.4
11	61	Kallewiken - Gate	2.4			1.6	0.4	0.6
12	E4	Njurunda - Skönsberg	2.1		2.9	2.2	0.4	0.7
13	E18	Västerås - Sagån, västgående	1.8			1.4	0.4	0.4
		Västerås - Sagån, östgående	2.3			1.4	0.4	0.4
14	55	Yxtatorpet - Malmköping	2.4			1.6	0.4	0.6
15	76	Förbi Norrtälje	2.9		4.3 (GF)			
16	E18	Norrtälje - Kapellskär	3.5			1.6	0.4	0.6
17	27	Viared - Kråkered	2.30			1.8	0.4	0.6
18	56	Heby - Tärnköping	2.3			1.8	0.4	0.6
19	288	Hov - Alunda	2.3			1.8	0.4	0.6
20	61	Åmotfors - Norra By	2.3			1.8	0.4	0.6
21	190	Angered - Gunnilseås	2.4		4.0	1.8	0.4	0.5
22	68	Förbi Fors	2.4			1.6	0.4	0.6
23	19	Förbi Stora-Herrestad	2.3		2.8			
24	E22	Förbi Linderöd			2.0	1.6	0.4	0.5
25	822	Kilvo - Gällivare			4.5			
26	E22	förbi Rinkabyholm			2.1 (100m)	1.6	0.4	0.6
27	288	Alunda - Gimo	2.3		2.8	1.8	0.4	0.6
28	E18	Björkås - Skutberget	2.0			1.5	0.4	0.4
29	E45	Högvalta - Bonäs	2.4			1.6	0.4	0.6
30	63	Karlstad - Edsgatan	2.0		2.6	1.5	0.4	0.4
31	562	Dingersjö	3.0		2.7	2.3/3.0	0.4	0.7
32	50	Axbergshammar - Lilla Mon			2.1	1.6	0.4	0.5
33	E16	Dala Järna - Vansbro			2.1	1.6	0.4	0.6
34	63	Edsgatan - Vallargärdet	2.0		2.6	1.5	0.4	0.4
35	E20	Förbi Hova	2.1			1.6	0.4	0.5
36	E6.02	Flädie - Lund	2.1			1.6	0.4	0.6
37	32	Sunnerånga - Marbäck			2.4	1.6	0.4	0.6
38	70	Rommeholen - Gyllehemsvägen	2.4			1.6	0.4	0.6
39	44	Förbifart Lidköping	2.4			1.6	0.4	0.6
40	26/47	Månsevad - Mullsjö			2.4	1.6	0.4	0.6
41	51	Svennevad - Kvarntorpskorset			2.3	1.8	0.4	0.6
42	E20	Alingsås - Vårgårda			2.0	1.5	0.4	0.4
43	34	Ervasteby - Borensberg			2.1	1.6	0.4	0.5

GF: grovt fel