

Utveckling av funktionskrav för totalentreprenader

Jan Bröchner
Institutionen för Teknikens ekonomi och
organisation
Chalmers

Johan Silfwerbrand
Institutionen för Bygghälsa
KTH

Juni 2017

Förord

Projektet ”Utveckling av funktionskrav för totalentreprenader” initierades av Trafikverket under våren 2016.

Projektet har letts av Per Leijon, Trafikverket, och utförts av Jan Bröchner, Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation, Chalmers Tekniska Högskola och Johan Silfwerbrand, Institutionen för Bygghälsa, KTH. Det har genomförts i tre etapper under perioden maj 2016 – juni 2017. Grundläggande litteraturstudier gjordes under etapp 1 med fokus på att studera definitionen av funktionskrav, gränsdragningen mellan funktion och detaljkrav samt kartlägga hur man arbetar med funktionskrav i andra branscher och inom motsvarande verksamhet i andra länder. Tyngdpunkten har lagts vid vägentreprenader. I etapp 2 genomfördes dokumentstudier, huvudsakligen av generella trafikverksdokument. I den tredje etappen gjordes fallstudier av sex totalentreprenader med funktionskrav. Projektledare intervjuades och de tekniska beskrivningarna undersöktes. Preliminära resultat redovisades och diskuterades som ett led i en workshop i maj 2017 hos Sveriges Byggindustrier, där representanter för anläggningsentreprenörer och Trafikverket deltog.

Författarna vill rikta ett varmt tack till Trafikverket för ekonomiskt stöd samt Per Leijon för projektledningen. Vi vill även tacka de entreprenörer och beställare som svarat på våra enkätfrågor och ställt upp för intervjuer.

Göteborg och Stockholm i juni 2017

Jan Bröchner

Johan Silfwerbrand

Sammanfattning

Totalentreprenader med väl fungerande funktionskrav uppfattas som en nyckel för att skapa förutsättningar för marknaden. Det finns idag brister när det gäller verifierbara funktionskrav som kan tillämpas för totalentreprenader. I de fall det finns funktionskrav är dessa ofta på en allt för övergripande nivå eller också går de inte eller är svåra att verifiera. Det saknas också verifierbara funktionskrav inom många områden.

Syftet med projektet har varit att ta fram en vetenskaplig och praktiskt användbar definition av funktionskrav samt att utvärdera tillämpade funktionskrav som underlag till utveckling av funktionskrav med de tillhörande verifieringsmetoder som erfordras.

Projektet har genomförts i tre etapper under perioden maj 2016 – juni 2017. Grundläggande litteraturstudier gjordes under etapp 1 med fokus på att studera definitionen av funktionskrav, gränsdragningen mellan funktion och detaljkrav samt kartlägga hur man arbetar med funktionskrav i andra branscher och inom motsvarande verksamhet i andra länder. De internationella jämförelserna gällde övriga Norden, Nederländerna och USA. Tyngdpunkten har lagts vid vägentreprenader. I etapp 2 genomfördes dokumentstudier, huvudsakligen av generella trafikverksdokument: mallen för tekniska beskrivningar för vägtotalentreprenader samt krav och råd för vägar och broar. I den tredje etappen gjordes fallstudier av sex totalentreprenader med funktionskrav. Projektledare intervjuades och de tekniska beskrivningarna undersöktes. Intervjufrågorna omfattade tillämpningsområden för och effekter av funktionskrav, kontraktsbestämmelser om bonus och vite, tolkningsfrågor kring kravuppfyllelse samt frågor om information som tillhandahållits av beställaren. Preliminära resultat redovisades och diskuterades som ett led i en workshop i maj 2017 hos Sveriges Byggindustrier, där representanter för anläggningsentreprenörer och Trafikverket deltog.

Trafikverkets tolkning av väglagens regler för vägplaner begränsar entreprenörernas möjligheter att välja mellan olika tekniska lösningar och att ta fram innovativ teknik. Rigida planer kan ha större betydelse än den handlingsfrihet som skapas genom ökad användning av funktionskrav i de tekniska beskrivningarna.

De funktionskrav som finns har olika detaljeringsgrad. Intervjuerna pekar på konflikter mellan funktionskrav i de tekniska beskrivningarna knappast uppstår. Konfliktfriheten kan dock även tolkas som att de ställda funktionskraven avser alltför detaljerade anläggningsdelar. Däremot förekommer det att kombinationen av flera funktionskrav endast kan uppfyllas av en enda teknisk lösning, oavsett entreprenör. I så fall är det bättre att formulera ett motsvarande utförandekrav.

Det finns välutvecklade funktionskrav för vägyltor, medan det finns stora inslag av detaljerade utförandekrav i fråga om broar. Skillnaden kan delvis förklaras med olika förutsättningar för drift och underhåll av vägar och broar, men man bör kunna tillämpa funktionskrav på både brobyggande och bröunderhåll. Dessa krav bör baseras på analyser av troliga livscykelkostnader.

Rapporten avslutas med några rekommendationer. Här lyfter vi fram tre:

- Begreppet funktionskrav bör reserveras i tekniska beskrivningar för krav där kravuppfyllelsen förutsätter en mätmetod och inte kan avgöras omedelbart med blotta ögat. Sådana krav bör i stället klassificeras som utförandekrav. Estetiska krav är exempel på krav som bör uppfattas som förhållandevis odetaljerade utförandekrav.
- Möjligheterna att i högre grad ställa funktionskrav på broar och i bröunderhåll bör tillvaratas i syfte att effektivisera användning av olika kända tekniska lösningar samt ge utrymme för innovationer.
- En systematisk jämförelse av Trafikverkets nuvarande funktionskrav i tekniska beskrivningar bör göras med de krav som ställs utomlands. Tre länder som framstår som särskilt intressanta är Norge, Nederländerna och USA.

Innehåll

| | |
|---|----|
| Förord..... | 3 |
| Sammanfattning..... | 4 |
| 1 Inledning..... | 7 |
| 1.1 Bakgrund..... | 7 |
| 1.2 Syfte..... | 7 |
| 1.3 Projektets genomförande..... | 7 |
| 2 Allmänt om funktionskrav..... | 9 |
| 2.1 Begreppen funktion och funktionskrav..... | 9 |
| 2.2 Detaljkrav och funktionskrav i myndighetsregler..... | 9 |
| 2.3 Ekonomiska aspekter på kravställande och uppföljning av kontrakt..... | 10 |
| 2.4 Funktionskrav i andra branscher..... | 10 |
| 3 Totalentreprenader och funktionskrav..... | 12 |
| 3.1 Totalentreprenad..... | 12 |
| 3.2 Funktionskrav i totalentreprenader..... | 12 |
| 3.3 Detaljkrav och funktionskrav i totalentreprenader..... | 14 |
| 3.4 Vägplanens krav..... | 16 |
| 3.5 Totalentreprenad med funktionsåtagande..... | 16 |
| 3.6 Tidigare svenska studier av totalentreprenader..... | 17 |
| 3.6.1 Vägbyggnad..... | 17 |
| 3.6.2 Brobyggnad..... | 18 |
| 3.6.3 Drift och underhåll av vägar och järnvägar..... | 18 |
| 3.6.5 Drift och underhåll av broar..... | 20 |
| 4 Utländska erfarenheter..... | 21 |
| 4.1 Övriga Norden..... | 21 |
| 4.1.1 Danmark..... | 21 |
| 4.1.2 Norge..... | 22 |
| 4.1.3 Finland..... | 24 |
| 4.2 Andra utländska erfarenheter..... | 24 |
| 4.2.1 Nederländerna..... | 25 |
| 4.2.2 USA..... | 25 |
| 5 Trafikverkets generella dokument..... | 28 |
| 5.1 Funktionsformuleringar i TB Mall för TE VÄG..... | 28 |
| 5.1.2 Analys..... | 28 |
| 5.2 TDOK – Krav och Råd..... | 30 |
| 5.2.1 TRVK Väg..... | 30 |
| 5.2.2 TRVR Väg..... | 31 |
| 5.2.3 Brobyggande och brounderhåll..... | 32 |
| 6 Fallstudier av totalentreprenader..... | 33 |
| 6.1 Projekturvalet..... | 33 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.2 | Analys av de objektspecifika tekniska beskrivningarna (OTB) | 33 |
| 6.2.1 | Inledning..... | 33 |
| 6.2.2 | Analys..... | 34 |
| 6.2.3 | B. Trafik | 35 |
| 6.2.4 | C. Befintlig mark, miljö och konstruktioner samt tillfälliga anläggningar..... | 35 |
| 6.2.5 | D. Väganläggningar..... | 36 |
| 6.2.6 | Slutsatser | 40 |
| 6.3 | Intervjufrågorna..... | 41 |
| | Tillämpningsområden för funktionskrav | 41 |
| | Effekter av funktionskrav | 41 |
| | Kontraktbestämmelser om bonus och vite | 41 |
| | Tolkningsfrågor kring kravuppfyllelse..... | 41 |
| | Frågor om information som tillhandahållits av beställaren | 41 |
| 6.4 | Resultat från intervjuerna | 41 |
| 6.4.1 | Tillämpningsområden för funktionskrav | 41 |
| 6.4.2 | Effekter av funktionskrav | 42 |
| 6.4.3 | Bonus, avdrag och vite | 43 |
| 6.4.4 | Tolkningsfrågor kring kravuppfyllelse..... | 44 |
| 6.4.5 | Ansvar för geoteknisk information..... | 45 |
| 7 | Diskussion och slutsatser..... | 46 |
| 8 | Rekommendationer | 48 |
| | Referenser..... | 49 |
| | Litteratur..... | 49 |
| | Intervjuade..... | 53 |

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I instruktionen för Trafikverket ingår i uppgiften att det i sin roll som beställare ska ”särskilt verka för att produktivitet, innovation och effektivitet på marknaderna för investeringar, drift och underhåll ökar” (SFS 2010:185 2 § punkt 10). Trafikverkets arbete för ökad produktivitet och innovation bygger främst på slutsatserna i Produktivitetskommitténs betänkande ”Vägar till förbättrad produktivitet och innovationsgrad i anläggningsbranschen” (SOU 2012:39). Slutsatserna i betänkandet var att Trafikverket borde fokusera på att:

- Upphandla med god framförhållning
- Välja affärsformer som främjar produktivitet och innovation
- Öka andelen totalentreprenader
- Föra in och nyttja fördelarna med BIM
- Främja industriellt tänkande och ökad innovation
- Främja en god konkurrens
- Försöka mäta produktivitet och innovationsgrad

Ett omfattande arbete har bedrivits inom Trafikverket för att försöka omsätta slutsatserna i betänkandet till praktisk handling. Totalentreprenader med väl fungerande funktionskrav uppfattas som en nyckel för att skapa förutsättningar för marknaden. Det finns idag brister när det gäller verifierbara funktionskrav som kan tillämpas för totalentreprenader. I de fall det finns funktionskrav är dessa ofta på en allt för övergripande nivå eller också går de inte eller är svåra att verifiera. Det saknas också verifierbara funktionskrav inom många områden.

I regeringens nationella upphandlingsstrategi, lanserad i juni 2016, heter det att ”Genom att ställa krav på funktion i stället för att specifika krav på varor eller tjänster främjas de potentiella leverantörernas kreativitet och innovationsförmåga. Att efterfråga funktioner kan främja konkurrensen i upphandlingen genom att fler företag kan vara med och lämna anbud, något som inte minst gynnar små- och medelstora företag”.

Regeringen bedömde ursprungligen (prop. 2008/09:35 sid 94) att ”anläggningsmarknaden har låg produktivitet utveckling” och att ”konkurrensen och innovationsförmågan är svag”. Här stödde man sig på en rapport från Öhrlings PricewaterhouseCoopers (2008) som analyserat anläggningsmarknaden. I rapporten gjordes även en jämförelse mellan olika entreprenadformer. Totalentreprenadens fördelar uppgavs vara större utrymme för kostnadseffektivitet på utförarsidan, och att den ger utrymme för fördjupad samverkan mellan beställare och totalentreprenör. Regeringen anförde även vidare: ”I rapporten identifieras också ett svagt innovationsskydd som en faktor som bidrar till att produktutveckling bara sker i liten utsträckning hos byggarna och då vid totalentreprenad. Entreprenadföretagen satsar i stället huvuddelen av sina forsknings- och utvecklingsmedel på processutveckling. Skälet till detta är att tekniska lösningar vid en totalentreprenad måste redovisas för beställaren.” Frågor om intellektuell egendom kommer emellertid inte att behandlas i denna delrapport.

1.2 Syfte

Syftet med projektet har varit att ta fram en vetenskaplig och praktiskt användbar definition av funktionskrav samt att utvärdera tillämpade funktionskrav som underlag till utveckling av funktionskrav med de tillhörande verifieringsmetoder som erfordras.

1.3 Projektets genomförande

Projektet har letts av Per Leijon, Trafikverket, och utförts av Jan Bröchner, Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation, Chalmers Tekniska Högskola och Johan Silfwerbrand, Institutionen för

Byggvetenskap, KTH. Genomförandet utgör även ett samarbete inom Sveriges Bygguniversitet mellan temagrupperna Byggkonstruktion samt Byggprocess och förvaltning.

Projektet har genomförts i tre etapper under perioden maj 2016 – juni 2017. Grundläggande litteraturstudier gjordes under etapp 1 med fokus på att studera definitionen av funktionskrav, gränsdragningen mellan funktion och detaljkrav samt kartlägga hur man arbetar med funktionskrav i andra branscher och inom motsvarande verksamhet i andra länder. Tyngdpunkten har lagts vid vägentreprenader. I etapp 2 genomfördes dokumentstudier, huvudsakligen av generella trafikverksdokument. En delrapport lämnades i september 2016. Materialet i delrapporten har uppdaterats och kompletterats i flera avseenden och ingår nu i föreliggande slutrapport. I den tredje etappen gjordes fallstudier av sex totalentreprenader med funktionskrav. Projektledare intervjuades och de tekniska beskrivningarna undersöktes.

Preliminära resultat redovisades och diskuterades som ett led i en workshop 2017-05-03 med Sveriges Byggindustrier (Workshop III Dialog kring Teknisk Beskrivning för Totalentreprenader). Här deltog representanter för anläggningsentreprenörer och Trafikverket.

2 Allmänt om funktionskrav

2.1 Begreppen funktion och funktionskrav

Svenska Akademiens Ordbok anger som betydelse 1 för uppslagsordet funktion: ”förhållande(t) att utöva l. göra sin tjänst l. att fungera l. tjänstgöra (ss. ngt); tjänsteutövning; fungerande; värksamhet, arbete”. Ursprunget till ordet är latinets *functio*, utförande, genomförande; till verbet *fungor*, jag utför, genomför.

En strikt teoretisk analys av hur funktionskrav bör ställas ingår i metodiken för axiomatisk design, som utvecklats av Nam Suh vid MIT och tillämpats på konstruktioner av Albano och Suh (1992). Lagerqvist (1996 s 59ff) har diskuterat hur axiomatisk design skulle kunna tillämpas för husbyggnad. De två viktiga axiomen i axiomatisk design är att funktionskrav ska vara inbördes oberoende och att den fysiska avbildningens (= designens) informationsinnehåll ska minimeras. Utan att gå in ytterligare på metodiken kan redan här konstateras att frågan om inbördes beroende av funktionskrav är betydelsefull i väg- och brosammanhang. Flera försök att tillämpa axiomatisk design på husprojekt har gjorts (Jansson m.fl. 2013), men kraven på ingångsdata är så omfattande att metodiken inte har fått praktiskt genomslag. Endast undantagsvis kan man hitta en vägdragningsstillämpning (Llego-Betasolo m.fl. 2014).

2.2 Detaljkrav och funktionskrav i myndighetsregler

Begreppet prestanda är nära knutet till begreppet funktion. Jfr den europeiska byggproduktförordningen (305/2011) kap 1 art 2: ”byggproduktens prestanda: prestanda med avseende på relevanta väsentliga egenskaper uttryckta i värde eller klass, eller i en beskrivning.” (motsvarar *performance of a construction product*).

I det europeiska upphandlingsdirektivet (2014/24/EU) rekommenderas att tekniska specifikationer utformas som ”funktions- och prestandakrav”. Egenskaper (*characteristics*) som krävs ska anges i specifikationerna (Artikel 42), och en av möjligheterna är att ange dem i ”prestanda- eller funktionskrav” (*performance or functional requirements*). Detta motsvaras av bestämmelsen i 9 kap 3 § LOU (2016:1145). Ett byggnadsverk anses i direktivet definitionsmässigt fullgöra ”en ekonomisk eller teknisk funktion”.

Under lång tid och i många länder har det funnits en ambition hos både forskare och myndigheter att ersätta detaljerade tekniska krav i myndighetsreglerna med krav uttryckta i funktionstermer (Hattis och Becker 2001, Szigeti och Davis 2005). På senare år har dock frågor om konflikter mellan funktionskrav i regelmassan för husbyggande kommit att noteras, i första hand när allt högre krav på energieffektivitet ställs i funktionstermer samtidigt som det även finns andra funktionskrav på byggnader (Meacham 2016). Svårigheter att förutsäga brandförlopp är exempel på något som komplicerar användningen av funktionskrav i reglerna (Meacham 2010).

Modern dimensioneringsfilosofi innebär att man definierar en nivå för sannolikheten att en sällsynt stor last överstiger bärförmågan hos en byggnad eller anläggning någon gång under dess livslängd (Sundquist 2010). Denna sannolikhet brukar sättas till 10^{-4} , 10^{-5} eller 10^{-6} beroende på konsekvenserna vid brott och regleras i våra normer, främst eurokoderna som utgår från byggproduktförordningen. Normalt använder man den s.k. partialkoefficientmetoden där lasten multipliceras med en partialkoefficient > 1 medan hållfastheten divideras med en partialkoefficient > 1 . Storleken på dessa koefficienter bestäms utifrån medelvärden, standardavvikelse och någon statistisk fördelningsfunktion, vanligtvis normalfördelningen. Det tillstånd som förknippas med det osannolika brottet benämns brottgränstillståndet eller *Ultimate Limit State* (ULS). Funktionskrav handlar i stället om de krav man ställer på en byggnads eller anläggnings funktion under dess användning. Detta tillstånd kallas bruksgränstillståndet eller *Serviceability Limit State* (SLS). Konstruktören fokuserar här på deformationer, vibrationer och sprickbildning. Dessa ska vara mindre än vissa gränsvärden.

Även här använder man partialkoefficientmetoden men partialkoefficienterna har lägre värden än för brottgränstillståndet. Utöver dessa krav – som hänför sig till konstruktionens verkningssätt – finns ett antal krav som hänger samman med dess användning.

2.3 Ekonomiska aspekter på kravställande och uppföljning av kontrakt

Principiella ekonomiska analyser av upphandling och avtalsformer utgår ofta från transaktionskostnadsteorier. Ett grundläggande antagande är att det existerar sökkostnader, dvs.. att information inte är gratis. Transaktionskostnader som belastar en beställare bottnar i en rad aktiviteter: utforma specifikationer, utvärdera anbud, förhandla, verifiera funktionsuppfyllelse och lösa konflikter. Motsvarande kostnader för anbudsgivare och entreprenörer är knutna till att ta fram anbud, att själv kontrollera kravuppfyllelse, att medverka i beställarens verifiering och att lösa konflikter (Hughes m.fl. 2006). Det är uppenbart att metodiken för beställarens kravformulering har stora effekter på transaktionskostnaderna. För beställaren är därutöver givetvis produktionskostnader och konkurrens effekter på marknaden av betydelse för totalkostnaden.

Den förenklade bild av optimerad design som ligger i teorin för axiomatisk design (jfr avsnitt 2.1) tar inte hänsyn till några transaktionskostnader. Detta kan vara en tillåtlig approximation när man söker optimal konstruktion av munstycken och andra inte alltför komplexa industriella komponenter, men knappast när det gäller en vägkonstruktion med höga krav på t.ex. geotekniska ingångsdata.

Långtidsgarantier är utsatta för *double moral hazard* beroende på ett tänkbart opportunistiskt beteende hos både köpare och säljare (Cooper och Ross 1985). Säljaren som har utfärdat garantin kan skadas av att köparen belastar produkten på ett oväntat sätt eller avstår från att underhålla produkten efter säljarens föreskrifter. Köparen kan skadas genom leverantörens ursprungliga val eller åtgärder under garantiperioden. Fenomenet motverkas genom insatser av kontroll och uppföljning, men dessa insatser är resurskrävande.

Man kan förutsätta att de anbud som lämnas av entreprenörer innehåller en riskpremie. De flesta anläggningsprojekt innehåller betydande risker som är knutna till åtminstone delvis okända egenskaper hos naturförutsättningar, produktionsprocess, produkt (på både kort och lång sikt), miljö- och användarbelastning i bruksskedet, drift och underhåll samt återanvändningsmöjligheter (Gruneberg m.fl. 2007). Dessutom finns det risker knutna till myndigheters tillståndsbeslut, rättsprocesser och utförarens finansiella stabilitet.

2.4 Funktionskrav i andra branscher

I kontraktssammanhang både inom tillverkningsindustrin och tjänstesektorn har funktionstänkandet tagit sig uttryck i *Performance-Based Contracting* (PBC) med den ungefärliga svenska översättningen ”funktionsförsäljning” (Ritzén och Öhlund 2002). Enkelt uttryckt innebär PBC att åtminstone någon del av ersättningen till leverantören knyts till funktionsuppfyllelse (*performance*) (Selviaridis och Wynstra 2015). Man ser också beteckningen *outcome-based contracts* (Ng m.fl. 2009). Man möter också uttrycket *Integrated Product Service Offerings*, integrerade produkt- och tjänsteerbjudanden, något som studerats av Lingegård (2014) med tillämpning på järnvägsinfrastruktur. Ett ofta använt exempel på funktionskontrakt är Power-by-the-Hour™ som utvecklats av Rolls Royce, som då ersätts för sina levererade underhållstjänster i förhållande till flygtimmar, i stället för att som tidigare debitera underhållsarbetsstimmar och reservdelar. Den traditionella metoden som alltså utgår från underhållsresurser i stället för funktionsuppfyllelse är även känd som T&MC (= *time and material contracts*) (Guajardo m.fl. 2012).

Det typiska för funktionsförsäljning är att det är leverantören som tar fram funktionserbjudandet baserat på den egna förståelsen av potentiella kunders behov. Integrerade lösningar (Windahl 2007) där nya IT-tillämpningar medger processoptimering ingår ofta i funktionsförsäljning. En viktigt teknisk förutsättning är i många fall att det finns sensorer som rapporterar utrustningens status till leverantören. Pionjär på området var Otis som redan under 1980-talet utvecklade Otisline för att direkt

och automatiskt få felindikationer från hissar och kunna diagnostisera problem på distans (Ives och Vitale 1988).

En tydlig parallell till vad Otis införde är i fråga om broar den snabba utvecklingen inom forskningsfältet *Structural Health Monitoring Systems* (SHMS) (Enckel 2011). Det är i synnerhet utvecklingen av olika typer av sensorer och fiberoptik som utnyttjas för att ge underlag för bedömning av broars tillstånd. Med dessa system kan man t.ex. detektera både uppkomst och läge för sprickor. Normalt sett är sprickor i broar odramatiska, de kan leda till att nedbrytningstakten ökar men det tar många år innan nedbrytningen gått så långt att funktionen och bärförmågan reduceras nämnvärt. Detta gör emellertid att jämförelsen med hissar haltar; sensorer i hissen indikerar att den inte fungerar 100-procentigt men indikatorerna handlar aldrig om risk för brott (hisslinornas säkerhet mot brott är betryggande). Man kan tänka sig sensorer som övervakar brons funktion snarare än dess bärförmåga. Vidare skulle man kunna utveckla automatisk mätning av friktion, spårdjup och potthål men sådan mätning ingår inte i SHMS.

Ofta handlar funktionsförsäljning om underhåll och reparationer samt att kunderna går över från köp av produktionsutrustning till hyra eller leasing från leverantören. Ibland är det fråga om att leverantören övertar en del av kundens verksamhet. I vägsammanhang är den närmaste motsvarigheten koncessioner med privatfinansierade projekt.

Funktionsförsäljning kan vara särskilt relevant i fråga om teknik som är under snabb utveckling och där kunder med riskaversion kan förväntas tveka inför innovationer. Det kan då vara mer effektivt för bägge parter att leverantören tar på sig innovationsrisken genom ett funktionskontrakt (Hypko m.fl. 2010).

Det är vanligt med prestationsgarantier som ett led i PBC. Prestationerna är i normalfallet lätta för kunden att fastställa: man noterar snabbt om en flygplansmotor stannar eller om en hiss fastnar mellan två våningsplan. Sambanden mellan åtgärder och effekter är oftast enkla och välkända. Detta förklarar varför det saknas publicerade mera detaljerade analyser av kravutformning och mätmetoder för uppföljning av funktionskontrakt i andra branscher. Långtidsperspektivet och osäkerheter om beständighet hos material och konstruktioner saknar normalt betydelse. Inte desto mindre har man numera identifierat ett antal olika kommersiella och operativa risker som leverantörer i tillverkningsindustrin löper med resultat- eller funktionsbaserade avtal (Hou och Neely 2017).

En fråga som har tagits upp är om funktionstänkandet och ekonomiska incitament förs vidare till underleverantörer, något som sällan är fullt utvecklat enligt en tysk studie av företag inom flygindustrin, försvarsindustrin och kapitalvaruindustrin (Kleemann och Essig 2013).

PBC kan ses som en innovation i sig och kan å andra sidan leda till tekniska innovationer. En nederländsk studie av 106 industriella underhållskontrakt tyder på att ju mindre inslaget av detaljerade tekniska specifikationer är, desto mer radikala innovationer åstadkoms av leverantörerna (Sumo m.fl. 2016). Viktigare är ofta att leverantören kan totaloptimera en process över tiden, exempelvis genom att sätta in förebyggande underhåll eller välja material och utformning så att livscykelkostnaderna sjunker.

När det gäller IT-system är det vanligt att skilja mellan funktionskrav och ickefunktionella krav (*non-functional requirements*) (Glinz 2007). I standarden ISO/IEC/IEEE 24765:2010 (*Systems and software engineering – Vocabulary*) definieras begreppet *functional specification* som ett dokument som specificerar vilka funktioner som ett system eller komponent måste utföra. Ett systems eller dess komponents funktion utgörs av dess input, beteende och output. I det sammanhanget kan ett systems *performance* (som kanske inte räknas till de funktionella kraven) i stället avse restriktioner i fråga om t.ex. tider, kostnader, tillförlitlighet, processhastighet och datavolym. Med andra ord är det fråga om ett annat sätt att se på funktionskrav än vad som är vanligt i byggtillämpningar.

3 Totalentreprenader och funktionskrav

3.1 Totalentreprenad

Frågan om entreprenörers intresse för att utveckla vägbyggnadstekniken ledde för mer än femtio år sedan till förslag att införa totalentreprenader liksom redan hade skett på brobyggnadssidan (Grennberg 1965). Här föreslogs att vägentreprenaderna skulle baseras på funktionskrav, samtidigt som det konstaterades att dåvarande Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen uppnått goda resultat genom att i anbudsinfördran för broar markera att ”härutöver må anbud avgivas på av anbudsgivare upprättat eget förslag till bro”.

Likaså i mitten av 1960-talet tillkom de första hustotalentreprenaderna. Orden totalentreprenad och totalentreprenör används av Hugo Larsson i SvD 1964 när han beskriver Philipshusprojektet i Stockholm. Han framhöll att huset byggdes på rekordtid och att totalentreprenaden var ett sätt att möta de stigande byggkostnaderna. Något senare, också inriktat på husbygget ansåg Industrins byggtredning (1968 s 194) att ”en övergång från upphandling på detaljerade ritningar och beskrivningar till ’funktionsupphandling’ skapar större utrymme för innovationer och ställer beställarens behov och krav i centrum.” Kungl. Maj:t gav 1969 Byggnadsstyrelsen i uppdrag att bedriva försök med totalentreprenad. Fyra motiv för att utnyttja totalentreprenad identifierades: minskning av totala projektkostnader, kortare byggprocess, större sannolikhet för bra projekt och enklare partsförhållande (KBS 1971). Någon djupare analys av funktionskrav gjordes dock inte, men intresset för att utveckla modeller för anbudsvärdering var tydligt.

Med tiden vittnade beställarnas erfarenheter av hanteringen av funktionskrav om flera problem (Eriksson 1994, s 213ff): byggnader är komplexa helheter, och de olika delarna spelar med i många funktionella sammanhang, och det fanns en risk att skapa oöverskådliga textmassor om man översatte bygghandlingarnas beskrivningsdelar till funktionsspråk. Alternativt kunde beställaren hålla precisionen i beskrivningarna låg och i stället utveckla detaljerade värderingssystem för olika egenskaper (Ericson 1971), men ”i praktiken visade det sig svårt att upprätthålla respekten för värderingssystemens abstraktioner och vikter” (Eriksson 1994, s 216).

I Riktlinjer totalentreprenad (SBEF 1971 s 32f) koncentrerades intresset till hur anbudsgivare tänkt förverkliga beställarens funktionskrav genom att föreslå en viss konstruktion samt vilka resultat och värden (exempelvis ”belysningsstyrka 800 lux”) som man kommer att nå med den valda lösningen. Det var alltså i anbudsvärderingsfasen som funktionskraven spelade sin största roll.

Ett första standardavtal för totalentreprenader utgavs 1974 (ABT 74). Det hade formen av ett tillägg till AB72, Allmänna bestämmelser för utförandentreprenader. Nu gällande ABT 06 står för Allmänna bestämmelser för totalentreprenader avseende byggnads-, anläggnings- och installationsarbeten.

Aspekter på totalentreprenadformen har berörts i ett antal studier under åren. Frågan om entreprenadformens effekter på konkurrens och branschstruktur har tagits upp av Nyström m.fl. (2016), där det hävdas att de mindre och medelstora entreprenadföretagen, beroende på deras olika inriktningar, påverkas olika av en ökad andel anläggningsarbeten på totalentreprenad.

3.2 Funktionskrav i totalentreprenader

Grundläggande för svenska totalentreprenadkontrakt är således standardavtalet ABT. ”Funktion: sådan användbarhet eller sådan för användbarhet nödvändig egenskap, som normalt konstateras genom mätning, provning eller nyttjande.” (definition i ABT 06). I en anmärkning till begreppet ”funktion” heter det: ”En funktion beskrivs normalt med angivande av relevanta egenskaper eller prestanda, exempelvis trafikmängd, belysningsstyrka, luftflöde, temperatur, kapacitet, reningseffekt, ljud- och värmeisolering, ljusreflexion och energiförbrukning, dvs.. sådant som normalt inte utläses av redovisade lösningar utan fordrar närmare kontroll genom mätning, provning eller nyttjande av

entreprenaden sedan den utförts. Se även anmärkningen till teknisk lösning.” I sin analys av förhållandet mellan Trafikverkets upphandlingar och produktivitet förklarade emellertid Riksrevisionen (2012) - med hänvisning till oklarheter i praktiken om innebörden av ”funktion” - att de avstod från att analysera om kontrakt med funktionskrav har lett till högre produktivitet (se även i definitionsfrågan Stenbeck 2007a).

”Teknisk lösning” enligt ABT 06 är ”material, vara, konstruktion eller utförande som angetts på ritning, i beskrivning eller på annat sätt”. Anmärkningen förklarar: ”En teknisk lösning utmärks av att den utvisar det avsedda utförandet av del av entreprenaden utan angivande av motiv. Exempelvis är uppgift om bredden på en garageöppning eller en viss mellanväggskonstruktion tekniska lösningar. Uppgift om att fordon med två meters bredd ska kunna passera genom garageöppningen eller att mellanväggen ska uppfylla vissa krav avseende ljudisolering, utgör däremot föreskrifter om funktion.”

Funktionskrav i totalentreprenader för vägar och anläggningar bör i princip härledas från den svenska transportpolitiken. Hur väl ett lands vägsektor fungerar är en fråga med många aspekter, vilket framgår av en OECD-studie från 1990-talet (Talvitie 1999). Det övergripande transportpolitiska målet är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet (prop. 2008/09:93). Därutöver har riksdagen beslutat om ett funktionsmål – tillgänglighet och ett hänsynsmål – säkerhet, miljö och hälsa. Hänsynsmålet lyder numera ”Transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen ska dödas eller skadas allvarligt samt bidra till att det övergripande generationsmålet för miljö och miljö kvalitetsmålen nås samt bidra till ökad hälsa” (jfr riksdagsbehandlingen av prop. 2012/13:1).

I detta sammanhang har riksdagen valt att utnyttja begreppet funktionsmål för enbart tillgänglighet, men naturligtvis skulle uttrycket ha kunnat användas för alla de transportpolitiska målen.

Betydelsen av att härleda funktionskraven i entreprenader från de övergripande målen har understrukits i en VTI-rapport av Nilsson m.fl. (2006). Hur detta kan göras har även diskuterats av Alfredsson m.fl. (2010 s 20ff).

Trafikverkets Underhållsstandard belagd väg (TRV 2012:074) syftar till att vara underlag för behovsanalys nationellt och för att identifiera åtgärdssträckor. Här görs en åtskillnad mellan vägens funktionella och tekniska tillstånd. Distinktionen har inte direkt att göra med hur man kan ställa funktionskrav. I stället avser det funktionella tillståndet krav som är viktiga för väghållningens kunder. ”Dessa krav beror på de effekter tillståndet har för trafikant och omgivning där effekterna beskrivs med modeller som beräknar fordonskostnader och reshastighet med bibehållen komfort. Kraven beror också på den kunskap om trafikanternas uppfattning om vägnas tillstånd som kommit fram genom olika undersökningar.” Det tekniska tillståndet (som i och för sig kan motsvaras av ett antal funktionskrav i en totalentreprenad) ”avser krav som är viktiga för vägnätets beständighet. Gränsvärden för tekniska tillståndsvariabler bör representera långsiktigt lägsta väghållarkostnader för att upprätthålla den funktionella standarden.”

Vägegenskaperna sammanfattas i underhållsstandarden under ett antal rubriker:

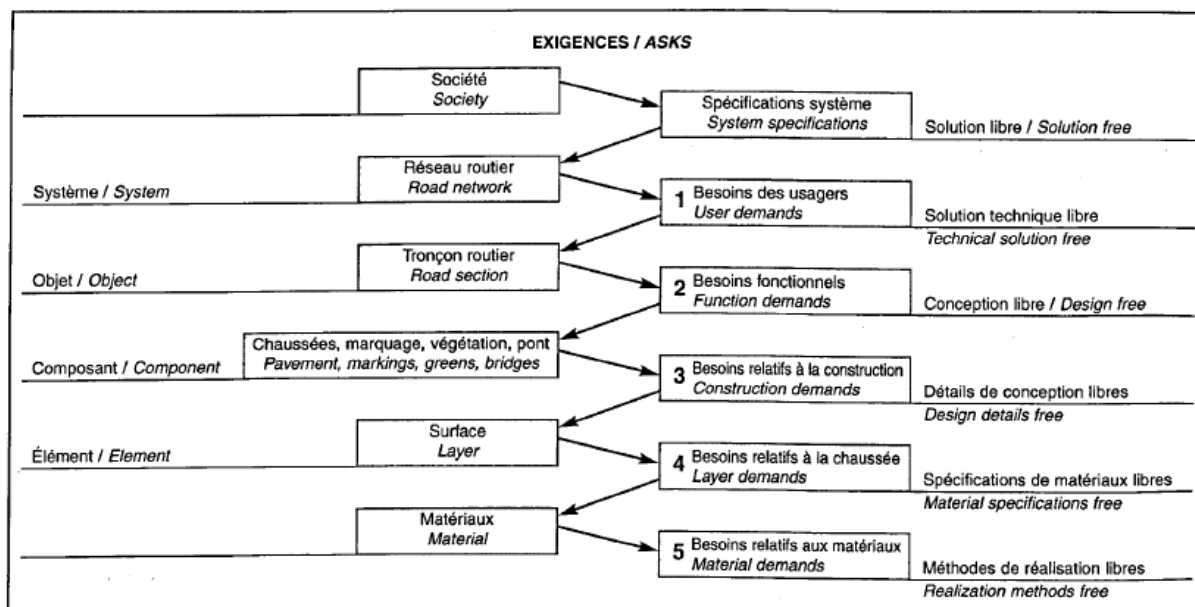
- Ojämnheter längdled: IRI (*International Roughness Index*), Lokala ojämnheter. Nivå på betäckningar.
- Ojämnheter tvärled: Spårdjup, Kantdjup. Tvärfallsvariation, Teoretisk vattenarea, Stödremsa.
- Väggrepp: Friktion, Makrotextur.
- Geometri: Tvärfall, raksträcka, Tvärfall, kurva.
- Ytskador: Megatextur, Sprickor.
- Avvattnings och dränering: Vägdiken, Utloppsdikeyn, Vägtrummor, Sidottrummor, Högstödkant, Dränering innerslänt.
- Bärighet: Spårarea, Ökning av spårdjup, Ökning av IRI.

3.3 Detaljkrav och funktionskrav i totalentreprenader

I vilken utsträckning bör en beställare ange detaljkrav i stället för funktionskrav i totalentreprenader? Redan i publikationen Riktlinjer totalentreprenad (SBEF 1971 s 20) konstaterades från entreprenörhåll att underlaget i vissa fall behöver anges mycket detaljerat, exempelvis för anslutningspunkter för ledningar. ”En svårare fråga är hur kraven och önskemålen skall uttryckas för att medge lämplig frihetsgrad för anbudsgivaren och därigenom de största möjligheterna för beställaren att få den produkt som bäst svarar mot hans önskemål.” Här gavs exempel på inte mindre än fem olika ”abstraktionsnivåer” för en kommun som efterfrågar bostäder, där den femte och mest detaljerade nivån motsvarade vad som är vanligt vid generalentreprenad och delad entreprenad. Sju nivåer identifierades för beställning av avloppsreningsverk. Man noterade även att för beställare med ”stora förvaltningsåtaganden” kunde det ibland vara motiverat med detaljerade krav för att få en enhetlig standard som underlättar service och underhåll.

Med ”kravnivå” avses i de flesta fall ett siffervärde som ingår i formuleringen av ett givet enstaka krav. Det kan därför vara lämpligt att använda uttrycket ”kravställandenivå” när man går från samhällsorganens övergripande krav ända ned till material. Ett välkänt problem vid kravställande är att de övergripande, ofta vagt uttryckta samhällskraven översätts till lägre kravställandenivåer där det är lätt att formulera och mäta kravuppfyllelse. Risker är emellertid den att ett ensidigt beroende av *Key Performance Indicators* (nyckeltal) medför snedvridningar och suboptimeringar. Olsson (1993 s 29) använde uttrycket ”ställföreträdande funktionskrav” om sådana krav som har betydelse och är mätbara, vilket man är beroende av så länge som det saknas ”praktiskt användbara samband mellan drift- och underhållsåtgärder samt vägens direkta funktion för trafikanterna”.

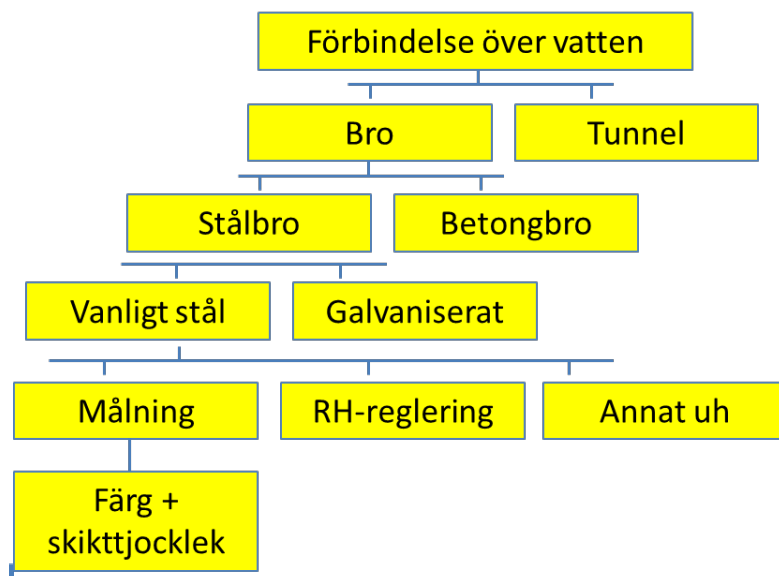
I figur 3.1 visas ett exempel, nederländska Rijkswaterstaats kravpyramid, där detaljeringsgraden ökar successivt när man flyttar sig ned genom kravställandenivåerna (Korteweg 2002, van der Zwan 2003). På den högsta kravställandenivån ställs enbart krav på läge (mellan A och B), framkomlighet (maxlast, hastighet, antal fordon per timme, antal timmar per år under livslängden), säkerhet och miljö.



Figur 3.1 – Kravpyramid enligt van der Zwan (se Korteweg 2002) med fem nivåer

Ett exempel på olika kravställandenivåer som utgår från nivå 1, användarkrav, i kravpyramiden ges i figur 3.2. Även ifall beställaren föreskriver en stålbro finns öppningar för funktionskrav som t.ex. kan handla om beständighet men där entreprenören får välja metod att säkerställa rostskyddet. Idag anger

dock Trafikverket vilken färg man ska använda för rostskyddet och vilken skiktjocklek färgen ska ha¹. Detta är uppenbart inte en specifikation av funktion.



Figur 3.2 – En vägförbindelse över ett vattendrag kan skapas på många sätt. Detaljeringsgraden ökar successivt nedåt i figuren

Jämfört med utförandeentreprenader innebär totalentreprenadformen att entreprenören kommer in i ett tidigare skede av byggprocessen och utför mer eller mindre av projekteringen. Ibland talar man om styrda totalentreprenader (*novated design and build*), där beställaren har drivit projekteringen förhållandevis långt innan entreprenören övertar ansvaret för handlingarna och slutför projekteringen (Hughes m.fl. 2006 s 30). I så fall står beställaren för funktionsansvaret i de delar beställaren själv har tillhandahållit tekniska lösningar. På senare år har intresset ökat för *Early Contractor Involvement (ECI)* där entreprenören kommer in och bistår beställaren i ett tidigt projekteringskede (Wondimu m.fl. 2016).

Vid tillämpning av LOU innebär kravet på transparens att den upphandlande enheten måste säkra att kriterier är så specificerade att alla välunderrättade anbudsgivare kan tolka kriterierna på samma sätt (Kuypers och Gruppen 2008). Detta kan innebära en viss minsta detaljeringsgrad hos funktionskrav.

Tre typer av krav framstår som särskilt problematiska i totalentreprenader om kraven ska uttryckas i funktionstermer: geotekniska, estetiska och miljömässiga. I fråga om estetiska krav är inte långtidsbeteende den stora utmaningen när man ska förutsäga och följa upp kravuppfyllelse, men problematiken kring vad som kan hända på längre sikt är kännbar vad gäller miljömässig hållbarhet (Bröchner m.fl. 1999) och geoteknik. I litteraturen konstateras att det är naturligt att kombinera funktionskrav med mer detaljerade metodbeskrivningar, bland annat därför att tillgängliga metoder för icke-förstörande provning inte täcker alla viktiga funktioner och att beständighet hos vissa material och materialkombinationer kan vara svår att prognostisera (Guo m.fl. 2005).

Allmänt kan konstateras att det finns ett kunskapsbehov om samband mellan tekniska åtgärder och effekter liksom en utveckling av motsvarande beräkningsmodeller. Många komplikationer finns, inte minst andra faktors inverkan på mätning av utfall, dvs. ett identifikationsproblem. Beroendet av trafik och klimatlast och dess variation över tiden skapar problem. Mätprecision kan vara en viktig fråga och stabilitet över tiden hos referensmaterial, om sådant anges av beställaren. Det är inte heller självklart hur stickprovsstrategier för kontroll av funktionsuppfyllelse bör utformas.

¹ Muntlig information från enhetschef Byggnadsverk (2016-08-16).

3.4 Vägplanens krav

Vägprojekt handlar inte endast om själva vägen, utan den går oftast genom ett landskap med markägare, vattenproblematik och andra miljöfrågor. Rättssäkerhet är en av anledningarna till att utrymmet för generösa funktionskrav inskränks av en vägplan (före 2013: arbetsplan) enligt 13 § väglagen (1971:948):

”När en väg byggs ska den ges ett sådant läge och utformas så att ändamålet med vägen uppnås med minsta intrång och olägenhet utan oskälig kostnad. Hänsyn ska tas till stads- och landskapsbilden och till natur- och kulturvärden.”

Graden av precision i en vägplan har uppenbar betydelse för entreprenörens tekniska handlingsfrihet. Det är en vanlig uppfattning i entreprenörledet att vägplanen har större betydelse än kravtyperna i de tekniska beskrivningarna när det gäller att utnyttja innovativ teknik eller göra resurseffektiva val mellan alternativa beprövade tekniska lösningar. ”Alla respondenter verkar delat uppfattningen att upphandlingen består av en blandning av funktions- och detaljkrav men att vägplanen begränsar handlingsutrymmet påtagligt” heter det i en färsk analys av vägprojekt (WSP 2017).

I rapporten Planläggning av vägar och järnvägar (TRV dnr 2012/85426) står det (s 92) att det i normalfallet bör vara

”tillräckligt att redovisa vägens eller järnvägens höjdsättning på plankartan med en decimeters noggrannhet. Höjdläget ska anges var hundra meter eller tätare, beroende på vilken detaljeringsgrad som krävs med hänsyn till omgivningspåverkan. I undantagsfall kan det vara befogat att också upprätta en profilritning som fastställs.”

Vidare är även hanteringen av oväsentliga avvikelser (20 §) från vägplanen under byggandet kringgärdade av snäva bestämmelser.

Man kan hävda att låsningarna i vägplanen tenderar att skapa en lägre grad av samlad miljömässig hållbarhet genom att entreprenörens möjligheter att totaloptimera bland annat massbalanser inskränks. Det är därför lämpligt att utförarkompetens kan komma in redan i detta skede. Under 2016 har Trafikverket upphandlat ett projekt, E20 Vårgårda – Ribbingsberg, där upphandlingen i ett och samma paket omfattat framtagande av samrådsunderlag, val av lokaliseringalternativ, vägplan inkl. miljökonsekvensbeskrivning och fastställelsehandling, bygghandling, produktion, relationshandlingar och överlämnandehandlingar. Denna modell betyder att entreprenören kommer in i ett ännu tidigare skede än vad som normalt anses ingå i *Early Contractor Involvement* (jfr avsnitt 3.3 ovan).

3.5 Totalentreprenad med funktionsåtagande

Vad som då kallades funktionsentreprenader för vägar och gator föreslogs från entreprenörhåll i mitten av 1980-talet (SBEF 1985). Då beskrevs funktionsentreprenaden som en traditionell totalentreprenad med tillägget att även underhållet under garantitiden ingår i entreprenörens åtagande (s 9). Tanken var att garantitiden skulle göras ”så lång att konsekvenser av fel eller brister i utförande eller material med hänsyn till underhåll kan hinna framträda under garantitiden” (s 42).). I SBEF-rapporten (1985 s 59) definierades funktionskrav som ”de funktionella krav på den färdiga produkten, vägen/gatan, som ersätter krav på val av konstruktion, ingående material, etc.” Det är uppenbart att impulsen till funktionsentreprenader delvis kom från utvecklingen av ny mätutrustning och nya mätmetoder knutna till vägtytor, och SBEF-rapporten beskriver VTI:s mätbil Laser RST, friktionsmätvagn BV 11 och transportabla ljusreflexionsmätare.

Idén blev föremål för studier och diskussioner under det följande årtiondet (Olsson 1993, Nilsson 1995). Medan SBEF-rapporten menade att ”funktionsentreprenaden kan ses som i vissa avseenden utvidgad totalentreprenad”, skilde Olsson (1993) mellan funktions- och totalentreprenad och föreslog följande definitioner:

- *Funktionsentreprenad*: Entreprenad där väsentliga egenskaper hos slutprodukten definieras med (mätbara) funktionskrav och ett (flerårigt) kontinuerligt funktionsansvar ingår.

- *Totalentreprenad*: Entreprenad där en enda entreprenör står i direkt avtalsförhållande till beställaren och utför såväl produktionen (tillverkningen) som huvuddelen av projekteringen.

Nilsson (1995) hävdade att ”funktionsentreprenaden är utvecklad från totalentreprenaden men har vissa väsentliga skillnader”. Han identifierade fyra skillnader:

- Produkten är ett trafikutrymme.
- Produktens ska specificeras genom funktionskrav och ej genom tekniska lösningar.
- Entreprenören ska under entreprenadtiden ansvara för funktionen och även för underhållet av anläggningen.
- Underhållstiden (ingående i den förlängda entreprenadtiden) bör vara minst fem och högst tio år.

I Vägverkets handbok för upphandling av väg- och trafikutrymmen med funktionella krav (Vägverket 1995, Bakgrund s 2) hette det att ”funktionsentreprenaden är en entreprenadform där beställaren beskriver produkten trafikutrymme med mätbara funktionsegenskaper och entreprenören väljer teknisk lösning och ansvarar för att utrymmet fungerar under en lång garantitid”.

Ett senare förslag på bredare definition av funktionsentreprenader är ”när entreprenörens funktionsåtagande ökar i förhållande till en totalentreprenad med funktionsansvar enligt ABT” (Olsson 2012). I dag använder Trafikverket normalt uttrycket ”totalentreprenad med funktionsåtagande” för fenomenet. Liksom begreppet ”funktionsentreprenad” är detta uttryck olyckligt, eftersom det kännetecknande för alla totalentreprenader är funktionsansvaret. Det amerikanska uttrycket *Design-Build-Operate-Maintain* (jfr avsnitt 4.2.2) är avsevärt tydligare än hittillsvarande svenska facktermer.

3.6 Tidigare svenska studier av totalentreprenader

I detta avsnitt, som tar upp svenska forskningsinsatser, behandlas först vägbyggnad och brobyggnad, följt av motsvarande studier av funktionskrav i drift- och underhållssammanhang. Här berörs även järnvägsunderhåll.

3.6.1 Vägbyggnad

Under åren 1986-1996 genomförde Vägverket tio uppföljda entreprenader med inslag av funktionsupphandling (Larsson och Sandberg 2003). Särskilt bör nämnas att Lövmars (2000) gjorde en intern uppföljning inom Vägverket av 15 entreprenader med startår 1991-95.

En detaljerad utvärdering av ombyggnaden av Väg 610 norr om Halmstad gjordes av Larsson och Sandberg (2003). Viktiga resultat av utvärderingen var att man pekade på svårigheter i gränsdragningen mellan olika typer av föreskrifter samt tidspressen för entreprenören när projekteringen ska utföras. Författarna ansåg att potentialen för innovativa lösningar i första hand gällde väggropp och beläggning.

Haraldsson (2004) studerade fyra ”funktionsbaserade” entreprenader från perioden efter 2000, där man inte minst kan notera olika bonus/vite-system anknutna till funktionskrav som avser vägytans egenskaper.

Inom projektet Förnyelse i anläggningsbranschen, FIA, (2003-2012) startade 2005 ett särskilt projekt 79 i syfte att formulera funktionskrav med tillhörande metoder för väg- och bananläggningar. I slutrapporten från etapp 2 av detta projekt publicerades en mall för tekniska beskrivningar (FIA u å).

I en SBUF-rapport ger Alfredsson m.fl. (2010) en bred överblick över problematiken med funktionskrav och tar särskilt upp erfarenheter från Väg 265 Norrortsleden (2002-2008). I slutsatserna framhävs att lösningar i plan och profil kunde mildras i områden med ”mindre tunga skäl till miljö”, skulle betydande besparingar kunna göras.

En bilaga till Produktivitetskommitténs betänkande innehåller en sammanställning av intervjuer om 11 vägtotalentreprenader (Prolog 2011). Här konstateras att parterna inte alltid är överens om hur risker för sådant som ligger dolt under markytan (geoteknik, avvattnings, etc.) samt hur ny väg på befintlig vägkonstruktion ska hanteras. I några entreprenader har försök gjorts att reglera vad som inte överensstämde med de geotekniska undersökningar som ingick i förfrågningsunderlaget, medan i andra entreprenader har beställaren hävdade att entreprenören borde ha räknat med ett riskpålägg för diskrepanser. Det anfördes att totalentreprenadformen är en fördel i obruten terräng, där projektet kan få större frihet. Riskerna uppfattades vara svårare i projekt där det är många intressenter, till exempel boende, eller i känslig kulturmiljö. Osäkerheter som entreprenörerna hade upplevt i förfrågningsunderlaget avsåg huvudsakligen geoteknik, befintlig vägkonstruktion och granskningsförfarande.

Samma 11 totalentreprenader följdes sedan upp i en ytterligare studie (Prolog 2014). Här noteras bland annat att fastställda snäva vägplaner hämmar användningen av innovativa produkter och processer. Det heter i studien att det är viktigt att Trafikverkets ”medarbetare utvecklar och lär sig att formulera funktionella krav som säkerställer inte bara funktion utan också trafiksäkerhet, framkomlighet, totalkostnadsfokus och i den grad man så önskar även estetik och gestaltning”. Språkbruket uttrycker en snäv syn på vad funktion innebär.

Nyström m.fl. (2014) har jämfört fem vägentreprenader, två utförandeentreprenader och tre totalentreprenader, med avseende på frihetsgrader för entreprenörerna. En slutsats var att Trafikverkets totalentreprenader ”inte uppvisar mer incitament för innovationer än de jämförda utförandeentreprenaderna”.

3.6.2 Brobyggnad

I sin licentiatuppsats sökte Urban Nilsson (1995) utveckla en modell för upphandling och genomförande av vägbroar på funktionsentreprenad. Han ger rekommendationer för funktionskrav, verifieringsmetoder, förfrågningsunderlag, entreprenadens omfattning och tid, anbudsvärdering samt ekonomisk reglering. Han baserar sina rekommendationer delvis på en genomgång av 19 funktionsentreprenader mellan 1985 och 1995, där E4 Norrköping-Nyköping (1992), E18 Arboga-Köping (1993), E4 Mehedeby-Gävle (1993), E4 Värnamo (1993/94) och väg 73 Fors-Jordbro (1994) var de största (alla över 180 Mkr). Mer uppgifter om dessa finns i kollegan Ulf Olssons doktorsavhandling (Olsson 1993). Erfarenheten från dessa entreprenader ansågs visa att man ”skapar ett långsiktigt tänkande samt ökad kreativitet hos entreprenörerna vilket har gynnat beställarna” (Nilsson 1995). Andelen tilläggs- och ändringskostnader sades vidare vara mindre än 5 %, att jämföra med 20 % vid utförandeentreprenader. Nilsson identifierade fyra intressenter: samhället, användaren, tredje man och ägaren. Han sammanfattade intressenternas krav i en tabell (tabell 4.1).

3.6.3 Drift och underhåll av vägar och järnvägar

Funktionsentreprenader för drift och underhåll av vägar och gator presenterades i Ulf Olssons redan nämnda avhandling (Olsson 1993). Hans huvudfråga var: ”Vilka entreprenadregler bör användas när drift och löpande underhåll av vägar och gator upphandlas med funktionskrav?” och han sökte besvara frågan med hjälp av litteratur- och fallstudier. Olsson menade att ”drift och löpande underhåll bör upphandlas separat från det mer omfattande (periodiska) underhållet”, inte minst för att möjliggöra för lokala och regionala företag att lämna anbud. Det är viktigt att varje funktionskrav relateras till en viss angiven mätmetod. Beställaren kvalitetsstyrning bör bl.a. innefatta stickprovskontroller av funktionsnivån under anbudstiden, kontroll av funktionsnivån vid entreprenadtidens slut, bonus för överkvalitet och avdrag för underkvalitet samt ekonomiska incitament för att hålla trafikstörningarna på en låg nivå.

Olsson gör en distinktion mellan akutnivå och målnivå vad gäller funktionskraven:

- *Akutnivå:* ”Lägsta” tillåtna funktionsnivå som när den inträffar ska åtgärdas inom en viss i kontraktet angiven tid. (Den absolut lägsta tillåtna funktionsnivån är således något lägre än akutnivån.)

- *Målnivå*: Funktionsnivå som ska innehållas i medeltal under funktionsgarantiperioden och vid dess slut.

Tabell 4.1 – Sammanställning av intressenternas krav på en vägbro (Nilsson 1995)

| Intressent | Krav | Förslag till mätmetod | Tidpunkt |
|------------|--------------------------|--------------------------------|---------------|
| Samhället | Författningar ska följas | Lagtolkning | Anbud, ÖB |
| Användaren | Säkerhet | | |
| | Brons bärförmåga | Beräkningar | ÖB, AB |
| | Trafikantens säkerhet | Beräkningar alt. krocktest | ÖB, AB |
| | Friktion | Friktionsmätare | ÖB, FB, AB |
| | Ljusförhållanden | Ljusabsorptionsmätare | ÖB, FB, AB |
| | Framkomlighet | | |
| | Trafikutrymme | Stålmåttband alt. totalstation | ÖB |
| | Broytans jämnhet | Tillståndskontroll | ÖB, FB, AB |
| Tredje man | Utrymme under bron | Stålmåttband alt. totalstation | ÖB |
| | Estetiken | 2-brevsmodellen | Anbud, ÖB |
| | Miljökonsekvenser | Jämförelseanalys | Anbud, ÖB, AB |
| Ägaren | Låg årskostnad | | |
| | Investering | LCC-kalkyl | Anbud, AB |
| | Periodiskt underhåll | LCC-kalkyl | Anbud, AB |
| | Trafikantkostnad | LCC-kalkyl | Anbud, AB |

ÖB = Övertagandebesiktningen, FB = Funktionsbesiktningar, AB = Avlämnandebesiktningen

Vilka mätbara faktorer handlar det om? Olsson skiljer mellan sommar- och vinterförhållanden. Vintertid handlar det om vägytans friktion, snörök, höga snövallar, snödjup på vägytan samt ojämnheter och spårdjup. Övriga årstider listar han spårdjup, friktion, textur, långsgående ojämnheter, sprickfrekvens och lokala skador. I en tabell ger han även exempel på metoder för funktionsmätning. De handlar om mätning av ojämnheter med rätskiva, ojämnheter i längdled med IRI (*International Roughness Index*), friktion med *Portable Friction Tester* samt antal sprickor, potthål, lappningar m m.

En genomgång av erfarenheterna av upphandlingar med funktionskrav i syfte att skapa en mall för kommunala upphandlingar av asfaltbeläggningar resulterade även i informationsskriften *Funktionskrav på beläggning* (Wågberg 2001). En senare fördjupad analys av funktionskrav för kommunala underhållsbeläggningar har gjorts av Ekdahl och Lundström (2007). De skiljer mellan tre modeller: funktionskrav på (1) beläggningsslager och vägyta, (2) på vägyta och objekt samt (3) på hela områden. Rapporten ansluter till FIA-projektet *Anvisningar för upphandling av underhållsbeläggningar med funktionskrav* (2006).

I ett doktorandprojekt vid KTH undersökte Torbjörn Stenbeck (2007b) hur man kan stödja och uppmuntra teknikutvecklingen inom drift och underhåll av bro- och vägunderhåll. Han studerade speciellt funktionskrav, upphandlingsformer och olika incitament. Han pekade på möjligheter som konkurrensutsättning, resultatbaserade kontrakt, mjuka parametrar, sidoanbud, idébrevlådor, teknikutvecklingstävlingar och öronmärkta pengar. Hans slutsats var att samtliga möjligheter har en begränsad sannolikhet för framgång men att kostnaden å andra sidan är låg. Han genomförde även fyra fallstudier kring resultatbaserade kontrakt. Av dem var det enbart ett där ett positivt resultat kunde påvisas. Den fallstudien handlade om Banverket och ett tvåårskontrakt om banunderhåll längs ett antal sträckor. Kontraktet innehöll bonus för uppmätta förbättringar vad gäller såväl tågens förseningsminuter som banans antal tekniska fel. Slutresultatet var att förseningarna minskade med 10 % och felen med 20 %. Ett problem som Stenbeck identifierat är att vissa förändringar kan ha lett

till kostnadsbesparingar, men på bekostnad av kvaliteten. Han anser inte att man då kan tala om teknikutveckling. Detta problem uppträdde även i ett par av de andra fallstudierna.

3.6.5 Drift och underhåll av broar

Traditionellt omfattar brounderhållet dels förebyggande underhåll, dels korrigerande underhåll eller mindre reparationer. I gamla tider sköttes detta av dåvarande Vägverket i egen regi genom en s k bropatrull. Förebyggande brounderhåll har studerats under längre tid vid KTH. Ett tidigt arbete avslutades i rapporten "Aktivt brounderhåll – en förstudie" (Silfwerbrand 2002). Förstudien omfattade litteraturstudier och intervjuer och utmynnade i förslag om fem forskningsprojekt:

1. Nya upphandlingsformer för brounderhåll
2. Impregnering av betongkonstruktioner
3. Tekniskt stöd för förebyggande underhåll
4. LCA för snö- och isbekämpning av broar
5. Metoder för tillståndsbedömning av broisolering

De två första förslagen resulterade så småningom i två doktorsavhandlingar (Mattsson 2008 och Selander 2010). Det femte förslaget har diskuterats vidare men detta har ännu inte lett till ett konkret projekt. Broisoleringen brukar fungera i omkring 25 år, men trots många förslag på icke-förstörande provning finns ännu ingen definitiv lösning. Forskningsbehovet kvarstår.

I Mattssons doktorandprojekt ingick två fallstudier: ett pilotprojekt i Uppsala län och ett i Örebro län. Här hade Vägverket skapat entreprenader som innehållsmässigt påminde om bropatrullens tidigare uppgifter. Hypotesen var att dessa entreprenader skulle ge bättre resultat och/eller lägre kostnader. I Uppsala län ingick 400 broar och entreprenaden handlade om dels det förebyggande brounderhållet på samtliga broar, dels mindre reparationer på 25 utpekade broar. Vinnande anbud hade en anbudssumma på 20 Mkr varav 1,1 Mkr avsåg det förebyggande brounderhållet. Innehållet i det senare reglerades av Vägverket och omfattade t.ex. renspolning, ogräsbekämpning samt återställande av igentäppt dränering och skadade räcken. Tyvärr ingick inga studier av jämförelseobjekt i studien, varför det är svårt att bedöma huruvida pilotprojekten ledde till några förbättringar. Vägverket var emellertid nöjt med resultaten och denna kombination av förebyggande brounderhåll och mindre reparationer (kallad "integrerat brounderhåll") har blivit gängse praxis för nuvarande Trafikverket.

Förebyggande brounderhåll (tredje förslaget ovan) har undersökts i flera studier vid KTH (Silfwerbrand 2007, 2011). Tidigare reglerades underhållet genom ett fyrtiotal krav (t.ex. "rent till minst 95 %") som skulle verifieras med hjälp av ett antal verifieringsmetoder. I studierna har följande kritiska frågor identifierats:

1. Är valet av tekniska krav i Trafikverkets regelverk optimalt? Täcks alla adekvata krav och är alla nuvarande krav nödvändiga?
2. Är kravnivåerna adekvata?
3. När ska kraven vara uppfyllda?
4. Är metoderna för verifiering korrekta och objektiva?
5. Hur behandlas osäkerhet i mätningarna?
6. Vilka incitament har den som ansvarar för brounderhållet för att kraven uppfylls?

Fortsatt arbete om förebyggande brounderhåll har lett till ett nytt doktorandprojekt som påbörjats 2016-09-01 och finansieras brett av Trafikverket, Stockholms stad, SBUF och ett par mindre finansörer. Industridoktoranden Louise Andersson (RISE CBI Betonginstitutet och KTH) har påbörjat arbetet med en enkätundersökning, kartläggning av hur förebyggande brounderhåll genomförs idag samt planering för fältförsök. Syftet med fältförsöken är att klargöra renspolningens (en av de viktigaste åtgärderna i det förebyggande brounderhållet) betydelse för betongkonstruktioners beständighet.

4 Utländska erfarenheter

Detta kapitel inleds med en överblick över vad som har gjorts inom Danmark, Norge och Finland, följt av en bredare beskrivning som koncentreras på Nederländerna och USA.

4.1 Övriga Norden

Här redovisas nyare publikationer om funktionskrav från Danmark, Norge och Finland. Inom det nordiska projektet *GNA – gemensam nordisk anläggningsmarknad* har det vidare funnits ett delprojekt avseende Utveckling av funktionskrav (GNA 2006). Här genomfördes en enkät i Norge och Sverige om erfarenheter av användning av funktionskrav, och svaren har sammanfattats i rapporten enligt:

- Oklara funktionskrav, oklara begrepp, en önskan om en bättre specifikation av begrepp och krav
- Många delkrav att förhålla sig till (uppdelning på ÅDT, vägtyp m m)
- Ersättningsformen fast pris per år är inte lämplig för alla objekt eller aktiviteter, mängdreglering föreslås på fler områden.
- Det uppstår problem med funktionskrav i situationer med stora eftersläpningar i underhåll, inkluderat att själva omfattningen av eftersläpningen kan vara oklar.
- Vid begränsat funktionsansvar (eller funktionskrav för delar av objekt) uppstår oklarheter i ansvarsfördelningen.
- Skev riskfördelning mellan byggherre och entreprenör
- Hänsyn har inte alltid tagits till lokala skillnader
- Entreprenörens omställning från utförandekrav till funktionskrav
- Funktionskrav verkar fungera i kombination med mängder.
- Funktionskrav anses främja entreprenörens utveckling av nya metoder inom drift och underhåll.

Den stora utmaningen ansågs vara att beskriva funktionskraven så att de är mätbara och kalkylerbara.

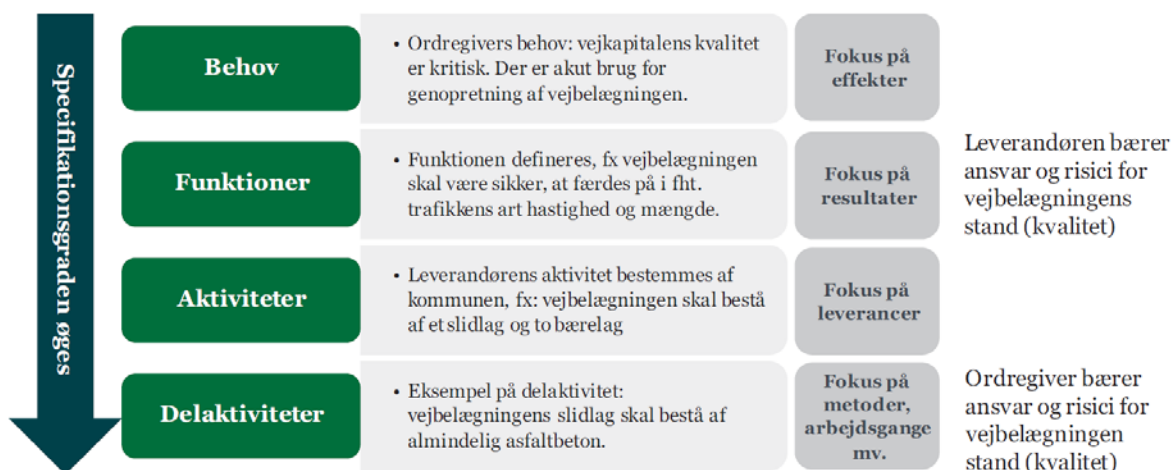
Nordiskt vägforum (NVF) har behandlat frågor om funktionsegenskaper och funktionskrav i flera rapporter. I en statusrapport från utskott 34 (2005-06-13) redovisas bl.a. att

- Användningen av funktionskrav har varit mest omfattande i avtalsmodeller där utföraren haft lång ansvarstid
- En svårare möjlighet för att använda funktionskrav är att förknippa dem med traditionell upphandling med hjälp av livslängds- och andra modeller.

4.1.1 Danmark

En sammanställning över äldre danska erfarenheter inom vägkonstruktionsområdet (läs: asfaltvägar) finns i en NVF-rapport (2002). Man anger där att det kommer att dröja ytterligare tio år tills de första funktionskontrakten kommer att avslutas. Medan de preliminära resultaten från kommuner pekade på att funktionskontrakten ger kostnadsbesparingar på grund av ”mängdrabatt” indikerade resultaten från den regionala beställarnivån (de dåvarande *amterne*) kvalitetsförbättringar men inga kostnadsbesparingar.

År 2012 publicerade *Udbudsrådet* en rapport med titeln *Værktøj til funktionsudbud på vejområdet*. Rapporten är framtagen av konsultbyråen Ernst & Young. I ett inledande kapitel (kapitel 2) beskrivs upphandling med funktionskrav. Det påpekas att risken överförs i riktning från beställare till leverantör (figur 4.1). Riskanalysen utvecklas vidare i kapitel 3. En sammanfattning av denna ges i figur 4.2.



Figur 4.1 – Funktionsbaseret upphandling jämförd med traditionell aktivitetsbaserad upphandling (Udbudsrådet 2012)

Rapporten tar även upp att funktionskraven ska innehålla:

- En överordnad beskrivelse över funktionens syfte
- En beskrivning över funktionskraven
- En beskrivning över hur funktionskraven ska uppfyllas (mätmetoder och mätetal)

För vägbelägningen handlar funktionskraven om fyra egenskaper: friktion, jämnhet, bärförmåga och hållbarhet.

| | UDBUD | KONTRAKT |
|------------|--|---|
| MYNDIGHED | <ul style="list-style-type: none"> • Er kompetencerne til stede til at opstille funktionskrav? • Er man parat til at tilpasse sin bestillerorganisation? • Er der vilje til at se opgaven løst på anden måde end den vante? | <ul style="list-style-type: none"> • Er den rette kapacitet og kompetence til stede til at følge systematisk op på funktionskrav? • Er kommunen klar til at styre via incitamentsstrukturer og bordsbestemmelser? |
| LEVERANDØR | <ul style="list-style-type: none"> • Er leverandørerne teknisk i stand til at afgive tilbud? • Er leverandørerne i stand til at præsentere egne forslag til opgaveløsning? • Er der tilstrækkeligt med konkurrence på markedet? | <ul style="list-style-type: none"> • Kan leverandørerne levere i forhold til funktionskrav? • Har leverandørerne et ønske om at levere i forhold til funktionskrav? • Har leverandørerne et ønske om at tilføre løsningsværdier? |

Figur 4.2 – Dimensioner i riskanalysen (Udbudsrådet 2012)

4.1.2 Norge

Fram till 2002 innehöll det norska regelverket för vägbyggnad enbart detaljerade krav på materialsammansättning och utförande. Men enligt NVF-rapporten (2002) var funktionskrav på väg att formuleras. Dessa skulle omfatta beläggningstjocklek, tvärfall, jämnhet, spårdjup vid garantitidens

slut, överytans struktur, friktion, homogenitet och beständighet. Huruvida krav på tjocklek och homogenitet kan sägas utgöra funktionskrav är naturligtvis diskutabelt.

Intressanta förslag till funktionskrav för vägsystemet finns i en rapport från norska *Opplysningsrådet for Veitrafikken* (2009). Behovet att förbättra det norska vägnätet är stort. Att färdas mellan de fyra största norska städerna innebär medelhastigheter på 68,3 km/h. Siffran ligger väsentligt under både Sverige (88,1) och Finland (78,4). Upphandling med funktionskrav sågs i det perspektivet som en möjlighet. I rapporten identifierades och definierades sex funktionskrav:

1. Tillgänglighet
2. Framkomlighet
3. Pålitlighet
4. Säkerhet
5. Komfort
6. Anpassning till omgivningen

I nedanstående tabell (4.1) beskrivs funktionskraven mer utförligt (tabellen innehåller rapportförfattarnas tolkning av den norska texten).

Tabell 4.1 – Funktionskrav enligt OFV (2009)

| Nr | Rubrik | Omfattning | Förslag på mätbart krav |
|----|------------------------------------|---|---|
| 1 | Tillgänglighet | Universell utformning, dimensionerande fordon och öppethållandetid | 24 timmar per dygn, 365 dagar per år |
| 2 | Framkomlighet | Fartgränser, teknisk standard (t.ex. bredd, kurvradier, sikt) samt trafikmängden och dess sammansättning | Genomsnittshastighet = 80 km/h |
| 3 | Pålitlighet (eller förutsägbarhet) | Speciella förhållanden på högfjället, ras och köbildning | 99 % sannolikhet att komma fram inom beräknad restid + 10 % |
| 4 | Säkerhet | Olycksfrekvens (antal personskadaolyckor per miljon fordonskm) och skadegradstäthet | Olycksfrekvens < 0,10, skadegradstäthet < 1,2 |
| 5 | Komfort | Allt som påverkar körupplevelsen; fysikaliska krafter, buller, stress, otrygghet, monoton, etc. | IRI < 3,5 mm/m |
| 6 | Anpassning till omgivningen | Landskapet, naturmiljö & friluftsliv, biologisk mångfald, kulturmiljö, naturresurser, buller & luftföroreningar | Följa lagar & förordningar, skonsamhet mot miljön |

Två ting behöver kommenteras. För det första har man inte lyckats formulera ett kvantitativt mål vad gäller sista kravet (anpassning till omgivningen). För det andra har körkomforten – som beskrivs mycket brett – kristalliserats i ett måttal för vägytans jämnhet IRI (*International Roughness Index*). Funktionskraven enligt tabell 4.1 är ett steg i rätt riktning men vidareutveckling krävs innan det föreligger en komplett funktionskravsmodell.

Funktionskrav kan som vi har sett definieras på flera olika nivåer och många olika sätt. En annan fråga handlar om konsekvenser ifall kravnivåerna inte nås eller väsentligen överträffas. I ett föredrag på norska *Asfaltdagen 2016* presenterade norska *Statens vegvesen* sina erfarenheter kring egenskapskrav och funktionskrav i beläggningskontrakt. Man menar att mätningar av spårdjup och jämnhet ger en både kontinuerlig och fullständig bild av vägens tillstånd. *Statens vegvesen* arbetar med en modell med både bonus och vite. Överträffas kraven för spårdjup (dvs mätvärdet understiger ett definierat maxvärde) kan entreprenören få en bonus på 3, 6 eller 9 NOK/m² beroende på hur mycket bättre mätvärdet är. Vid undertramp ska vite om 3 NOK/m² betalas.

Norska vägmyndigheten arbetar även med funktionskrav för drift och underhåll av vägar. Drift och underhåll styrs av ett större antal processer. Exempel är drift och rengöring av utrustning i tunnlar, underhåll av dränerings- och avloppsanordningar, renovering av vägrenar, drift av belysningsanläggningar. *Statens vegvesen* har genomfört en enkät kring totalt 38 sådana processer (2005). Totalt deltog 43 byggherrar och 11 entreprenörer i enkäten. De svarande har fått bedöma processen som bra eller dålig. Som helhet finns större andel positiva än negativa svar. Svaret ”dålig” bottnar ofta i oklarheter i processbeskrivningen. Det påminner om de problem som kommer till uttryck i svenska Trafikverkets regelverk kring förebyggande brounderhåll (avsnitt 3.6.5).

4.1.3 Finland

I Finland har man använt funktionskrav för beläggningsarbeten sedan början av 1990-talet enligt NVF-rapporten (2002). Oftast har man ställt krav på maximalt spår djup under garantitiden men ibland har man även ställt krav på jämnhet (IRI), sättningar, tvärfall och skador.

Vid investeringsprojekt har man använt funktionskrav sedan 1998. Man har ställt upp krav på vägens egenskaper, krav som antingen mätts vid färdigställandet eller efter garantitidens (normalt 5 år) slut. Det förekommer också att man beräknar värden på egenskaperna efter 30 år med hjälp av olika matematiska nedbrytningsmodeller med indata från det aktuella projektet. Syftet med beräkningarna är att sänka såväl beställarens som entreprenörens risk.

NVF-rapporten lyfter fram att ett konsortium 1997-2000 byggde vägen Lahtis-Träskända som ett DBFO-projekt (*Design-Build-Finance-Operate*). Entreprenören skulle svara för driften under 15 år och erhåller ersättning som baseras på antalet fordonskilometer. Enligt uppgifter från finska Trafikverket började överlämnandebesiktningar och särskilda underhållsåtgärder tre år före koncessionstidens utgång 2012. Kravet på standard vid överlämnandet var att den skulle motsvara vad som är normalt för en 15 år gammal motorväg. De tekniska erfarenheterna av projektet är goda. Ett av de problem som noterats rör hantering av myndighetskrav och lagstiftning när de ändras under en lång koncessionstid.

Av NVF-rapporten framgår att användningen av funktionskrav lett till kostnadsbesparingar och detta exemplifieras med Lahtisvägen. I andra fall har man blandat funktions- och utförandekrav vilket lett till problem. Avsaknad av goda grundläggingsundersökningar och dokumentation av skador på befintlig beläggning har också lett till problem.

4.2 Andra utländska erfarenheter

Inom vägsektorn skedde genombrottet för totalentreprenader baserade på funktionskrav under 1990-talet i ett antal pionjirländer (Stankevich m.fl. 2009). Dessförinnan hade vägunderhållskontrakt börjat upphandlas med funktionskrav redan 1988 i British Columbia (Sultana m.fl. 2013). I fråga om Kanada har VTI nyligen i en studie av kontraktmodeller för vägunderhåll tagit upp hur delstaten Ontario utvecklat funktionskrav, men därefter till följd av gjorda erfarenheter kompletterat dessa med vissa detaljerade krav på entreprenörerna (Österström & Nilsson 2016, s 32).

Delstater i Australien och Nya Zeeland nämns ofta som föregångare. I Argentina utvecklades CREMA-systemet under 1990-talet för vägreparationer och nybyggnad av vägar (Cabana m.fl. 1999). Entreprenören får i detta system även ett femårigt underhållsansvar. Kontrakt tilldelas baserat på lägsta pris och ett antal tekniska minimikrav, ofta uttryckta i funktionstermer. Efter att ha fått sitt kontrakt ska entreprenören genomföra detaljprojektering och har då möjlighet att föreslå alternativa och mer effektiva tekniska lösningar, och dessa kan med tanke på underhållsansvaret även innebära högre kvalitet än beställarens minimikrav.

Ett amerikanskt team gjorde 2001 en resa till Portugal, Nederländerna, Frankrike, Nederländerna och England för att undersöka och dokumentera alternativa kontraktstypologier som skulle kunna införas i USA (Cox m.fl. 2002). De studerade särskilt funktionsbaserade underhållskontrakt i Nederländerna

och Storbritannien. En internationell enkät 2002 med svar från 23 länder vittnade om att ett det fanns ett utbredd intresse för att använda funktionskrav även i nyproduktion (PIARC 2003).

Frågan om bonus och viten relaterade till faktisk kvalitet hos utförda vägbeläggningar samtidigt som hänsyn tas till färdigställandetid har varit föremål för en italiensk analys (Praticò 2007). Det finns en brittisk sammanställning av erfarenheter från funktionsbaserad upphandling av byggnader och anläggningar som särskilt framhäver riskproblematiken i långtidskontrakt (Hughes & Kabira 2013).

I det följande ges inblickar i hur Nederländerna och USA arbetar med funktionskrav.

4.2.1 **Nederländerna**

Den stora statliga infrastrukturbeställaren i Nederländerna, *Rijkswaterstaat*, beslöt 2000 att omkring en tredjedel av alla anläggnings- och underhållskontrakt skulle komma att innehålla funktionskrav inom några år (Cox m.fl. 2002. Korteweg 2002). Man definierade fem kravställandenivåer som redan har återgivits i figur 3.1, och dessa nivåer kopplades till olika entreprenadformer, *Rijkswaterstaat* har idag ett standardformat i sin mall för att ställa upp funktionskrav i totalentreprenader (*Modeldocumenten, Design & Construct-contracten*) (se figur 4.3).

| <Krav-ID> | <Kravtitel> | | Giltighetsperiod(er): | <G> | <D> |
|---|--|--------------------|--|-----|-----|
| <Ursprungs-ID> | <Kravtext> | | | | |
| Överordnade krav: | <Krav-ID för överordnade krav> | Underordnade krav: | <Krav-ID för underordnade krav> | | |
| Verifierings- och validerings-förfaranden | <Särskilda förfaranden m h t verifiering och validering av detta krav> | | | | |
| Intressent(er): | <Namn eller förkortning för part(er) i bilaga A, som berörs av detta krav> | Källdokument: | <Titel på och version av källdokumentet i Annex XIII "Information" som detta krav har härletts ur> | | |

Figur 4.3 - Enhetligt format för uppställning av ett funktionskrav (*Rijkswaterstaat / Model Vraagspecificatie Eisen D&C / 01-06-2017*)

I figur 4.3 utgör giltighetsperiod G genomförandeskedet och D driftsskedet. Här redovisas på ett överskådligt sätt hur olika funktionskrav är hierarkiskt inordnade.

4.2.2 **USA**

I USA anses det viktigaste skälet för att genomföra vägprojekt som totalentreprenader vara att projekttiden reduceras (Tran och Molenaar 2014). Den reducerade projekttiden kan leda till flera slags identifierade risker för bägge parter, däribland problem med tillstånd från andra myndigheter och företag som berörs av ett vägprojekt samt att geotekniska risker ökar (McLain m.fl. 2014). Möjligheter för entreprenörer att bidra med innovativa lösningar nämns ibland, men uppfattas inte som ett väsentligt skäl för offentliga beställare att välja totalentreprenadformen.

Före 1995 fanns det ett federalt förbud mot kontrakt baserade på beläggningsgarantier, men sedan dess har sådana upplägg fått stor betydelse, även i kombination med totalentreprenader i Minnesota, Missouri och Virginia (Scott m.fl. 2011). I Texas har det även förekommit vägkoncessionsprojekt (typ PPP) med minimikrav uttryckta i funktionstermer. Man skiljer mellan tre typer av garantier:

1. Material och arbetsutförande
2. Funktion på kort sikt (*short-term performance*)
3. Funktion på lång sikt (*long-term performance*).

Det finns exempel på vägprojekt från Missouri, New Mexico och Virginia med garantitider som uppgår till så mycket som 20 och 25 år (Scott m.fl. s 22). En förutsättning för utvecklingen har varit de

grundläggande studier som genomförts för att kunna ställa funktionskrav på vägbeläggningar – ett tidigt exempel gäller betong (Darter m.fl. 1993).

Frågan har också ställts om den optimala andelen av projekteringen som bör utföras av beställaren vid totalentreprenad. Typiskt för federala och delstatliga vägprojekt i USA är att 25 % av projekteringen utförs av beställaren (Xia m.fl. 2013).

Amerikanska erfarenheter av funktionsbaserade specifikationer för motorvägar, i första hand betongvägar men också för asfaltvägar, har diskuterats i en TRB-rapport av Chamberlin (1995). Han definierar flera begrepp, bland dem slutresultat (*end-results*), funktionspecifikationer (*performance specifications*) och funktionsbaserade specifikationer (*performance-based specifications*):

- Slutresultat: Specifikationer som baseras på mätbara resultat eller egenskaper hos den färdiga produkten.
- Funktionsspecifikation: Specifikation som beskriver hur den färdiga produkten ska fungera över tid.
- Funktionsbaserad specifikation: Specifikation som beskriver önskvärd nivå på fundamentala tekniska egenskaper (t.ex. styvhet, krypegenskaper, utmattning) som kan förutsäga funktion och som ingår i beräkningsmodeller för bestämning av funktion.

Chamberlins rapport utgår från en enkät omfattande USAs alla 50 delstater med fokus på hans definition av funktionsbaserade specifikationer. Konkret handlade frågorna t.ex. om huruvida delstatens vägverk (DOT) ställde krav på entreprenörens kvalitetssäkring genom mätning av beläggningstjocklek, jämnhet och friktion. Hur mätte man, vilka krav skulle uppnås och fanns några ekonomiska konsekvenser ifall kravnivåerna inte nåddes resp. överträffades? Emellertid fick enkäten endast 13 användbara svar. Chamberlin menar att detta utfall berodde på enkättagarnas svårigheter att skilja funktionsbaserade specifikationer från sådana specifikationer som utgår från slutresultat.

En redovisning i ett internationellt perspektiv av det fortsatta utvecklingsarbetet lämnades i en artikel av Scott och Konrath (2008). Erfarenheter i USA ligger bakom en senare analys av risker med funktionspecifikationer i vägupphandling (Patil och Molenaar 2011). De lyfter fram ett flertal allmänna risker:

- Brist på gemensamma definitioner av funktionsuppfyllelse (*performance, level of service*)
- Begränsad förmåga att förutsäga framtida funktionsuppfyllelse
- Begränsningar i mätmetoder och urval
- Garantirelaterad risk
- Entreprenörers förmåga och vilja att ta på sig risk
- Gap mellan incitamentskonstruktion och långtidsuppfyllelse av funktionskrav
- Risk i hybridspecifikationer där entreprenörer åtar sig risk utan att kunna påverka utformning
- Bristande organisatoriska kompetenser hos beställare och entreprenör.

Författarna hämtar exempel på dessa risker från beläggningar med asfalt och betong samt broar och andra anläggningar. De uppmärksammar även geotekniska tillämpningar och trafikhantering på arbetsområdet samt dessutom i fråga om information till allmänheten.

Inom USA:s Andra strategiska vägforskningsprogram (*Strategic Highway Research Program, SHRP 2*) har flera publikationer som behandlar funktionskrav tagits fram på senare år. Scott m.fl. (2014a) har gjort en manual för dem som upprättar tekniska beskrivningar, och det finns även en vägledning till införande av funktionskrav med en genomgång av kulturella, organisatoriska och juridiska faktorer som kan spela in (Scott m.fl. 2014b).

Man skiljer här mellan fyra kontraktsarrangemang:

1. *Design-Bid-Build* (utförandeentreprenad)
2. *Design-Build* (totalentreprenad)
3. *Warranties* (garantiåtaganden, kan kombineras med DBB eller DB)
4. *Design-Build-Operate-Maintain* (totalentreprenad med funktionsåtagande)

Enligt Scott m.fl. (2014a s 7) är de huvudsakliga syftena med att använda funktionsbeskrivningar att dessa

- överför funktionsrisk till entreprenören
- motiverar entreprenören att vara mera kvalitetsmedveten
- förbättrar beständigheten på lång sikt
- påskyndar byggandet
- uppmuntrar till innovation
- minskar myndighetens kontrollkostnader under byggandet.

I rapporten (s 8) analyseras även lämpliga förutsättningar för att välja mellan att ange tekniska lösningar (*method specifications*) och att utnyttja funktionskrav (*performance specifications*) (se Tabell 4.2).

Tabell 4.2 – Förutsättningar för att ange tekniska lösningar resp funktionskrav (Scott m.fl. 2014a, Table 1.3)

| Tekniska lösningar | Funktionskrav |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Slutproduktens funktion kan inte definieras med lätthet • Slutproduktens funktion kan inte mätas och verifieras med lätthet eller utan höga kostnader • Begränsat antal lösningar finns som skulle uppfylla myndighetens minimikrav • Myndigheten måste ta funktionsrisk på grund av tillståndskrav, underhållshänsyn, behovet av att ansluta till befintlig eller näraliggande anläggning och liknande frågor • Rivning och ersättande av bristfälligt utförda arbeten skulle vara ogenomförbart • Befintliga omständigheter skulle försvåra överförandet av funktionsrisk till entreprenören | <ul style="list-style-type: none"> • Slutproduktens funktion kan definieras i termer av önskade utfall eller användarbehov • Nyckelparametrar för funktion kan mätas och provas; provningsmetoderna är snabba, pålitliga och föga resurskrävande • Flera olika angreppssätt kan åstadkomma de önskade resultaten • Företagen är villiga att åta sig funktionsrisk • Myndigheten är villig att släppa styrningen av vissa aspekter av projekten |

I rapporten (s 18) räknas även upp vad som bör ingå i en funktionsorienterad mätstrategi:

- Vad som ska mätas (parametrar och funktionsmått)
- Metoden för att bestämma kravuppfyllelse (t. ex. provningar, inspektioner, expertbedömningar)
- Urvalsplan (stickprovstorlek, stickprovsläge, frekvens osv)
- Hur mätresultaten ska användas (t. ex. processtyrning, kvalificering, kostnadsreglering)
- Tillåten avvikelse från funktionsstandarderna
- Följder av att inte uppnå krävd funktionsuppfyllelse.

Det finns också en detaljerad analys (s 28-34) av hur incitament och *pay adjustment factors* kan konstrueras, dvs. i en totalentreprenad med fastpris kan det sägas vara en fråga om bonus och viten. Man kan tänka sig att belöna hög effektivitet och hög kvalitet, samtidigt som trafiken störs så litet som möjligt. Det rekommenderas att ha livscykelkostnadsanalys som utgångspunkt för incitament. Funktionskrav diskuteras i rapporten separat för betongbeläggningar, asfaltbeläggningar, betongbrobanor, markarbeten och trafikhantering inom arbetsområdet. Kravstrukturen under rubriken *Requirements* i specifikationsmallen för asfaltbeläggningar är

- *Design*
 - *Pavement Investigation*
 - *Design Criteria*
 - *Design Documentation*
- *Material Requirements*
- *Construction Requirements*

5 Trafikverkets generella dokument

De generella Trafikverksdokument som analyseras i detta kapitel utgörs av mallen för tekniska beskrivningar för vägtotalentreprenader samt krav och råd för vägar och broar.

5.1 Funktionsformuleringar i TB Mall för TE VÄG

I detta avsnitt analyseras funktionsformuleringar i TB Mall för TE VÄG, version 5 2016-10-03. (Det finns idag en senare version 6 2017-02-15.) Första versionen av en teknisk beskrivningsmall för totalentreprenader kom 2014 som ett led i Trafikverksprojektet Totalentreprenader i praktiken (TEiP), numera kallat Tekniska beskrivningar för totalentreprenader (Trafikanalys 2016).

Trafikverkets TB Mall är en mall med krav- och rådstexter. Den är avsedd som underlag och vägledning för framtagande av en teknisk beskrivning (TB) vid totalentreprenad baserad på ABT 06. Begreppen ”funktion” och ”teknisk lösning” definieras som i ABT 06.

”Kontroll” avser i mallen den kontroll som entreprenören ska utföra under entreprenadtiden. Det är entreprenörens ansvar att utforma och utföra kontroll på ett sådant sätt och i en sådan omfattning att det kan verifieras att kraven i kontraktshandlingarna uppfylls. Kontroll som ska utföras av beställaren inarbetas inte i TB. Beställarens kontroll såsom besiktningar enligt ABT 06 ingår inte i TB. Ordet ”besiktning” används därför inte i TB utan avser i förfrågningsunderlaget (FU) endast det begrepp som definieras i ABT.

5.1.2 Analys

En samlad tolkning av funktionskraven som de är uttryckta i TB Mall för TE VÄG, version 2016-10-03, är att de utgör tillämpningar av en normalform enligt:

[(a) egenskap] [(b) anläggningsdel]

[(c) deontiskt modalverb]²

[(d) yttre förhållande] [(e) period]

[(f) mätmetod] [(g) maximum] [(h) minimum]

Långt de flesta formuleringarna av funktionskrav innehåller inte samtliga element (a) – (h). Exempelen nedan belyser typiska formuleringar som återfinns i mallen:

(a) egenskap

”X:s *kvalitet och användbarhet* ska upprätthållas under hela projekttiden [...]” (s 43)

”Vid övergång mellan terrassmaterial med olika tjällyftningsegenskaper får *tjällyftet* mätt i längdled inte öka med mer än x mm per meter” (s 58)

(b) anläggningsdel

”Vid *bro* är tillåten tvärfallsavvikelse noll i direkt anslutning till bron och tillåts öka linjärt till värdena i tabell [...] inom en övergångssträcka på x m.” (s 65)

”*Sten i samma skikt eller rader* ska sorteras så att skillnaden i bredd mellan största och minsta sten inte överstiger x mm” (s 71)

Kommentar: Vilken anläggningsdel som avses framgår oftast av rubriken i beskrivningen. Begreppet ”Omfattning” i mallen kan avse anläggningsdel. Preciseringar kan göras i kravtexten.

² Deontiska modala hjälpverb betecknar ”vad som borde vara”.

(c) deontiskt modalverb

”Oskyddade trafikanterns behov *ska* beaktas” (s 49)

”Friktionstalet i sidled *får inte* variera mer än z vid något tillfälle” (s 61)

Kommentar: Endast ”ska” och ”får inte” används i kravformuleringarna och något av dessa förekommer i samtliga ställda krav.

(d) yttre förhållande

”X ska när det gäller vägutformning och den konstruktiva dimensioneringen utformas *för förväntade trafikmängder* [Y] år” (s 51)

”X ska *vid barmarksförhållanden* ha ett friktionstal för respektive y m sträcka $\geq z$ ” (s 61)

Kommentar: Det finns olika slags yttre förhållanden som ibland preciseras i kravformuleringarna. De kan alternativt framgå under rubriken ”Omfattning” i mallen.

(e) period

”X får inte påverkas *under entreprenadtiden och efter färdigställandet* med avseende på kvalitet och kvantitet [...]” (s 28)

”Beräkning ska ske enligt [...]. Samtliga registrerade säsonger för vald VViS-station ska beräknas med avseende på tjällyft och tjäldjup. Hänsyn ska tas till dräneringsförhållanden. *Den säsong som ger största tjällyftet* ska vara dimensionerande.” (s 59)

Kommentar: Tidsperiod kan anges i förhållande till kontraktsskeden eller för att precisera yttre förhållanden. Även här kan uppgifterna framgå under rubriken ”Omfattning” i mallen.

(f) mätmetod

”Lokala ojämnheter får inte vara större än x mm *mätt med rätskiva*” (s 66)

”Sprickor får inte vara större än vad som motsvaras av sprickindex 5, *bedömt enligt [...]*” (s 66)

Kommentar: Mätmetoden kan vara uttryckligt beskriven eller framgå av ett dokument som hänvisas till i kravformuleringen. Mättillfällen kan anges. Det är även vanligt att mer uppgifter om mätning lämnas under mallrubriken Kontroll.

(g) maximum

”Vid övergång mellan terrassmaterial med olika tjällyftningsegenskaper får tjällyftet mätt i längdled *inte öka med mer än x mm per meter*” (s 58)

”*Hål får inte förekomma*” (s 61)

”*Största relativa avvikelse* för kantstödslinje mätt på 5 m längd ska vara $\pm x$ mm för ytbearbetad sten och $\pm y$ mm för huggen sten” (s 74 2 ggr)

Kommentar: Högsta tillåtna mätvärde kan anges på flera olika sätt, även som toleransmått.

(h) minimum

”X ska vara utformad och utförd med *dimensionerande tekniska livslängder* enligt tabell [...]” (s 57)

”Stenens längd ska vara *minst x m*” (s 74 2 ggr)

Kommentar: Formuleringarna motsvarar dem som används för högsta tillåtna mätvärden.

Andra typer av kravformuleringar

”X ska *optimeras* vad avser tid, kostnad och miljösynpunkt” (s 17)

”Trafikmiljön ska ha en *förlåtande* utformning” (s 49)

”*Ojämn* tjällyft får inte förekomma” (s 58)

”Sten ska sättas *med x-y mm fogbredd*” (s 71 2 ggr)

”För åtgärder på befintlig väg gäller att *endast tjälskador förtecknade* [...] ska åtgärdas” (s 57)

”Yta mot brunnar, fundament, markutrustning o d ska vara *huggen*” (s 71)

”Angiven materialtyp på terrassmaterialet ska *kontrolleras* i byggskedet” (s 60)

Kommentar: Bland de kravformuleringar som inte utan vidare kan analyseras i förhållande till normalformen finns det å ena sidan krav som saknar eller har oklara mättnöjligheter och å andra sidan sådana som liknar detaljerade utförandekrav för teknisk lösning.

5.2 TDOK – Krav och Råd

Anläggningsstyrning (krav på anläggningen) sker i Trafikverket genom kravdokument med olika status. De är en del i Trafikverkets ledningssystem och används för ”styrning av funktion, egenskap, prestanda och i vissa fall effekter” hos Trafikverkets anläggningar. Anläggningsstyrning avser planering, projektering, utformning, konstruktion, byggande, underhåll och drift.

Anläggningsstyrning sker via:

- Myndighetsföreskrifter som ges ut av Trafikverket, Boverket mfl och gäller för alla väg- och banhållare.
- Övergripande: Krav som Trafikverket ställer vid byggande av egna anläggningar, dessa ska alltid tillämpas. Kraven är oftast ställda på en funktionell nivå för att styra krav på samhällsnytta, livscykelkostnader och standard för systemet (anläggningen).
- Krav: Denna dokumenttyp innehåller krav som används för upphandling av planering, projektering, byggande, underhåll och drift.
- Råd: Hur krav (eller övergripande krav) kan uppfyllas/verifieras eller förslag på hur krav kan ställas. Dokumenttyperna är av olika karaktär, vissa innehåller endast råd andra innehåller texter som kan bli krav när de återopas i övriga kravdokument

Man kan lägga märke till att termen ”funktionell” används på ett sätt som inte utan vidare motsvarar ”funktion” i ”funktionskrav” i kontraktssammanhang. I den följande analysen har utgångspunkten varit att söka på termen ”funktionskrav” i krav- och råddokument.

5.2.1 TRVK Väg

TRVK Väg (TRV 2011:072) är ett Trafikverksdokument som innehåller Trafikverkets tekniska krav vid dimensionering och konstruktiv utformning av vägöverbyggnad och avvattningssystem. Dokumentet ska vid projektering användas tillsammans med TRVR Väg (2011:073) samt TRV Geo (2011:047) som hänvisar till detta dokument.

I TRVK Väg återfinns definitionen ”Funktionell egenskap - Egenskap som beskriver en produkts funktion och har betydelse för trafiksäkerhet, framkomlighet, bekvämlighet, miljö, fordonskostnad eller livslängdskostnad.”

Funktionskrav tas i detta dokument upp i två avsnitt, 7.1.8 Beläggningar med funktionskrav på lager och 7.1.9 Beläggningar med funktionskrav på vägytan.

Kraven i avsnitt 7.1.8 är utformade för varmttillverkade massabeläggningar. Med lager menas färdig beläggning utlagd på väg. ”Entreprenaden utformas som en utförandeentreprenad där funktionskrav på lager ska ställas tillsammans med krav på vägytan.” Här anges provningsmetoder och hänvisas till specifikationer i TRVKB Bitumenbundna lager. ”Provytan ska vara accepterad av beställaren innan objektet påbörjas och den ska användas som referens vid bedömning av utförd beläggning på objektet.” Anmärkningsvärt är att ”före utförande av beläggning ska arbetsrecept överlämnas till beställaren. Arbetsreceptet ska innehålla tillämpliga uppgifter motsvarande beläggningstyp enligt avsnitt 7.1.3 med tillägg av samtliga funktionsresultat från provytan.” Funktionskrav på lager kan

ställas på egenskaper som nötningsresistens, deformationsresistens, (stabilitet), styvhet, utmattningsmotstånd, vattenkänslighet, permeabilitet och lågtemperaturegenskaper.

När funktionskrav ska ställas på vägytan kan 7.1.9 ”användas för utformning av en Funktionsbeskrivning (FB)”. Direkt efter färdigställandet ska vägytan uppfylla ställda funktionskrav. Under funktionstiden gäller funktionskrav över en fastställd tidsperiod. Under funktionstiden förutsätts att funktionskraven uppfylls utan åtgärd. Om skador ändå skulle uppstå får åtgärder endast utföras i samråd med beställaren. Alternativt kan 7.1.9 användas vid utförandeentreprenad där valt funktionskrav på vägyta ställs i kombination med utförandekrav.

Även här gäller att ”före utförande av beläggning ska arbetsrecept överlämnas till beställaren. Arbetsreceptet ska innehålla tillämpliga uppgifter som för motsvarande beläggning enligt TRVKB Bitumenbundna lager. Vid utförande av konstruktion med flera lager ska lageruppbyggnaden redovisas före läggning.” Funktionskrav hos vägytan kan ställas på egenskaper som friktion, homogenitet, jämnhet i tvärled, spår djup, jämnhet i längsled, tvärfall, textur och buller.

I underavsnittet 7.1.9.9 behandlas sedan åtgärder under funktionstiden. ”Ytor som under funktionstiden inte uppfyller ställda krav ska åtgärdas av entreprenören. Åtgärden ska utföras i samråd med beställaren. Åtgärd ska ha en längd av minst 50 m och omfatta minst bredden av aktuellt beläggningsdrag. Minsta tillåtna åtgärd är nytt slitlager av aktuell typ och tjocklek på objektet. Åtgärdad yta ska elimineras från den mätning som utförs vid funktionstidens slut och hanteras för sig. Åtgärdad yta som inte uppfyller kraven vid funktionstidens slut ger värdeminskningssvdrag. Åtgärdad yta som uppfyller funktionskraven ger ingen bonus.”

5.2.2 TRVR Väg

TRVR Väg (TRV 2011:073) är ett Trafikverksdokument som innehåller Trafikverkets tekniska råd vid dimensionering och konstruktiv utformning av vägöverbyggnad och avvattningsystem.

Råd som gäller funktionskrav återfinns även här i avsnitten 7.1.8 (Beläggningar med funktionskrav på lager) och 7.1.9 (motsvarande för vägytan).

Projektstorlekens betydelse tas upp under 7.1.8, och det anges att när funktionskrav ställs på lager bör storleken på aktuellt objekt vara minst 6000 m², eftersom förprovningen med provyta samt verifiering av funktion är förhållandevis omfattande. Vid mindre objekt samt objekt där möjlighet saknas att utföra provyta rekommenderas att funktionskrav utgår och ersätts av standardbeläggning, dvs. att val av ingående material optimeras av beställare/projektör.

”Det bör poängteras att krav på olika egenskaper inte utan vidare kan blandas godtyckligt eftersom konflikter mellan olika krav då kan uppstå. Som exempel kan nämnas att ett lager med god stabilitet kan få sämre lågtemperatur- och utmattningsegenskaper. Det går således inte att maximera alla egenskaper för samma produkt.” I anslutning till detta anger en tabell (s 52) över funktionskrav på lager hur de inbördes är kopplade. Här är tanken att man ska kunna se att en skärpning av ett visst krav kan ge ett bättre resultat även för ett annat krav, alternativt ett sämre resultat.

Krav enligt 7.1.9 ställs enbart på det utlagda lagret i form av ytegenskaper vid utförandet, under funktionstiden samt vid funktionstidens slut. Det sägs att funktionstiden bör vara längre än fem år. ”Vid funktionskrav i utförandeentreprenader likställs funktionstiden med garantitiden.” Beställaren måste för varje entreprenad bestämma nivåer på utveckling av spår, ojämnheter eller tvärfall över tid. Det heter vidare att nivåerna för krav på vägytan och dess utveckling bör bestämmas med ledning av historiska data, objektets tillstånd, trafik under funktionstiden, klimat och funktionstid. ”Kraven på vägytan kan behöva kompletteras med t.ex. krav på permeabilitet för att förhindra migration av vatten.”

5.2.3 Brobyggande och brunderhåll

TDOK 2016:0204 Krav Brobyggande anger krav som ska tillämpas vid utformning och dimensionering av broar och vissa övriga byggnadsverk. "Funktionskrav" anges här endast under "G.8 Övergångskonstruktioner för järnvägsbroar". Dessa funktionskrav är strukturerade enligt Rörelsekapacitet – Bärförmåga – Täthet – Beständighet – Utbytbarhet. Tidigare (i TRVK Bro, TRV 2011:085) angavs funktionskrav även under "G.7 Övergångskonstruktioner för väg- samt gång- och cykelbroar".

TDOK 2016:0203 Råd Brobyggande ger råd till TDOK 2016:0204 Krav Brobyggande. I fråga om funktionskraven under "G.8 Övergångskonstruktioner för järnvägsbroar" anger rådtexten att utformningar enligt Banverkets ritningar nr 517 181-185 uppfyller kraven.

I fråga om brunderhåll finns dokumenten TDOK 2013:0415 Krav Brunderhåll (version 3.0) och TDOK 2013:0416 Råd Brunderhåll (version 3.0). Här skiljer Trafikverket mellan förutbestämt och tillståndsbaserat underhåll. Även om ordet funktion förekommer i vissa kravtexter, dock inte begreppet funktionskrav, är det genomgående tal om att specificera åtgärder: "Rengöringen utförs genom högtrycksspolning med vatten som har arbetstryck 160 - 200 bar. Vattnet ska uppfylla krav enligt SS-EN 1008. Avståndet mellan munstycket och ytan som ska rengöras ska vara 15 - 25 cm." (ur C.2.7.1 Kantbalk/Rengöring).

6 Fallstudier av totalentreprenader

Det är uppenbart att funktionskrav i totalentreprenader utgör ett stort och komplicerat område med många tänkbara frågeställningar. Utifrån studierna av litteratur och generella dokument från Trafikverket har vissa frågor framställt som väsentliga för både analyser av projektdokument och intervjuer med projektmedverkande hos både beställaren och utförande företag:

6.1 Projekturvalet

För valet av vägtotalentreprenader har fyra kriterier tillämpats:

- Totalentreprenad som åtminstone delvis genomförts efter att Vägverket gått upp i Trafikverket
- Projektet ska ha tagits i drift senast under 2015/16
- Spridning på olika entreprenörer
- Både nyanläggning och ombyggnad av väg

Fördelen med att välja något äldre projekt är att det finns erfarenheter som avser flera projektskeden. Nackdelen är att projekterfarenheterna kanske inte alltid speglar den praxis som Trafikverket idag tillämpar. Sex vägprojekt har valts ut (se tabell 6.1).

Tabell 6.1 – Analyserade investeringsprojekt

| Kontraktssumma [MSEK] | Kontraktstid | Entreprenör | Beteckning |
|-----------------------|--------------|-------------|-------------------------------------|
| 66 | 2014-2015/16 | Barslund | Inre Kustvägen Båstad |
| 233 | 2009-2011 | PEAB | Rv 31 förbi Tenhult |
| 230 | 2009-2010 | NCC | Rv 34 St Aby Glahytt |
| 164 | 2011-2013 | Svevia | Rv 27 förbi Gislaved |
| 100 | 2014-2015 | NCC | Väg 288 Hov – Alunda |
| 1900 | 2010-2013 | NCC | Bana väg i Motala, Rv 50 (vägdelen) |

6.2 Analys av de objektspecifika tekniska beskrivningarna (OTB)

6.2.1 Inledning

Denna analys bygger på objektspecifika tekniska beskrivningar (OTB) för fem av de sex projekten. Två vägprojekt – väg 288 Hov-Alunda i Uppsala län från 2013 och inre kustvägen Hemmeslöv-Skummeslöv i Skånes och Hallands län från 2014 – har specialstuderats men övriga tre projekt (Rv 27, Rv 31 och Rv 34) har använts för att bredda bilden. I samtliga fall handlar det om totalentreprenader. Eftersom skillnaderna vad gäller funktionskrav är små mellan de fem projekten har rapportförfattarna antagit att dessa är representativa för de OTB som Trafikverket tagit fram under dessa år.

Vidare har OTB för två projekt specialstuderats vad gäller broarna på liknande sätt som ovan. Det gäller projekten Rv 31 och Rv 34.

En översikt över det rubriksystem som Trafikverket har utnyttjat i beskrivningarna ges i tabell 6.2.

Tabell 6.2 – Trafikverkets rubrikindelning för OTB, objektspecifika tekniska beskrivningar

| Huvudrubrik (nivå 1) | Underrubrik (nivå 2) | Exempel på rubriker på tredje nivån |
|---|--|---|
| B. Trafik | B1. Vägtrafik | Allmänna vägar. Enskilda vägar. Skogsbilvägar. |
| C. Befintlig mark, miljö och konstruktioner samt tillfälliga anläggningar | C1. Befintlig mark och miljö | Geologi. Geohydrologi. Geoteknik. Vegetation, jordmån. Vattenförekomst, övrigt vatten. Enskild vattentäkt. Markavvattningsföretag, diken, dräneringssystem. Landskap och tätort. Naturmiljö. Kulturmiljö. Rekreation och friluftsliv. Vägområde. |
| | C2. Befintliga konstruktioner | Vägkonstruktion. Vägbro. Stängsel. Byggnad. Elnät och teleledningar. Vägbelysning. Räcke. Trumma. VA-nät. Vägmarkering. Vägmarke. Väderskydd. |
| D. Väg- anläggningar | - | Underrubrikerna följer indelningen av trafiken i olika grupper, t.ex. grupp 1 – allmänna vägar, grupp 2 – GC-vägar, grupp 3 – enskilda vägar, grupp 4 – skogsbilvägar. Rubriker för busshållplats, väntficka, vändslinga, kontrollplats, p-ficka. |
| | DB. Vägkonstruktion | Överbyggnad. Vägbanor: bundet slitlager, obundet slitlager. Förstärkningslager. Slänt. Bullerskärm. Vegetation. Dräneringssystem. |
| | DC. Vägbro | Utpekade broar, t.ex. ”Vägbro 3-598-1 Bro över Skebergaån”. Grundkonstruktioner. Komplettering i vägbro. Beläggning. Avvattningssystem. Kon. Erosionsskydd i vattendrag. |
| | DE. Dagvattensystem | Ledning. Brunn. Trumma. Dike. Pumkanläggning. |
| | DF. Vägskyddsanordning | Stängsel. Räcke. Räckeskomplettering. |
| | DG. Trafikledningssystem (eller – anordning) | Vägmarkering. Vägmärken. Kantstolpe. Stolpe. Belysningssystem. |
| | DK. Elsystem och telesystem | Kabelskåp. Apparater i kopplingsutrustning. Kablar. Kanalisation. |

6.2.2 Analys

I avsnitt 4.1.2 har citerats en norsk rapport (OFV 2009). Där har man delat in funktionskraven i sex områden:

1. Tillgänglighet
2. Framkomlighet
3. Pålitlighet
4. Säkerhet
5. Komfort
6. Anpassning till omgivningen

I OTB för projektet Rv 31 förbi Tenhult finns följande lista på funktionskrav under rubriken ”Sammansatta byggdelar – väggkropp”:

- stabilitet, bärförmåga och säkerhet mot uppflytning skall vara tillfredsställande
- jämnhet i längdled skall vara godtagbar
- jämnhet i tvärled skall vara godtagbar
- tvärfall skall vara godtagbart
- tjällyftningar skall vara godtagbara
- deformationer/sättningar i längdled skall vara godtagbara
- omfattning av sprickor skall vara godtagbar
- lokala jämnheter skall vara godtagbara
- hål får inte förekomma

I OTB för projektet Rv 27 förbi Gislaved finns följande uppräknings vad gäller funktion under rubriken ”Vägbro”:

”Vägbro ska vara:

- Framkomlig med avsedd kapacitet
- Beständig
- Stabil med tillräcklig bärförmåga
- Tillgänglig
- Komfortabel

Vägbro ska vara utformad:

- Trafiksäkert
- Estetiskt
- Miljöriktigt

Vägbro ska vara konstruerad och upplåten för den trafikmängd och de trafiklast som framgår av tabell (B1).1.”

Man kan vidare klassificera funktionskraven alltefter kravställandenivå (jfr avsnitt 3.3). Den indelningen görs inte i den norska rapporten och heller inte i Trafikverkets dokument men har likväl bedömts som viktig att analysera. Den norska rapporten ger exempel på funktionskrav inom alla områdena. För säkerhet (område 4) anges t.ex. ”Olycksfrekvens $< 0,10$ ”. Detta mått kan bedömas som ett egentligt funktionskrav. I Trafikverkets objektspecifika tekniska beskrivningar ställs krav på friktion. Högre friktion ger kortare bromssträckor och bidrar därför till högre trafiksäkerhet (vid bibehållen hastighet), men detta krav är ett exempel på ett ställföreträdande krav. I ett kontrakt med högre grad av frihet hade entreprenören kunnat uppfylla säkerhetskravet med andra medel. Bredare väg med fler, separerade körfält vore en möjlighet, ett trafikövervakningssystem som säkerställer att bilförarna håller tillräckliga avstånd till framförvarande fordon vore ett annat.

I flera av nedanstående avsnitt finns tabeller innehållande funktionskrav. De har här analyserats med avseende på område (1-6 enligt ovan) och klassificerats efter kravställandenivå (egentligt eller ställföreträdande funktionskrav, E eller S). När det gäller vägbroar förekommer även rena utförandekrav vilket också markerats i tabellerna.

6.2.3 B. Trafik

Under denna huvudrubrik presenteras ingångsvärden för projektering och dimensionering för vägtrafiken. Vägarna indelas i olika grupper, t.ex. grupp 1 – allmänna vägar, grupp 2 – GC-vägar, grupp 3 – enskilda vägar, grupp 4 – skogsbilvägar. För allmänna vägar anges uppgifter om vägtypen (t.ex. mötesfri landsväg eller landsväg med mötande trafik), referenshastighet (t.ex. 70 km/h), årsdygnstrafik (ÅDT) och vilket år trafikmätningen avser, andelen tung trafik (t.ex. 9 %), årlig trafikförändring för person- resp. lastbilar (t.ex. 1,5 resp. 2,0 %) samt antalet standardaxlar per tungt fordon, den s.k. B-faktorn (ofta 1,3).

I vårt land dimensioneras vägarna på ett tämligen schablonartat sätt. Varje tungt fordon, definierat som ett fordon med en bruttovikt över 3,5 ton, anses motsvaras av B standardaxlar à 100 kN. Detta trots att tillåten axellast = 113 kN. Tio lättare lastbilar med bruttovikten 4 ton ger 13 standardaxlar för $B = 1,3$. Tio nya, tunga långträdare med totalvikten 64 ton fördelade på sju axlar ger också 13 standardaxlar. Detta sätt att redovisa trafiken konserverar dagens praxis för vägdimensionering. Om den förväntade trafiken angavs som ett förväntat lastspektrum i form av ett histogram över axellastfördelningen skulle man öppna upp för en mer nyanserad dimensionering.

6.2.4 C. Befintlig mark, miljö och konstruktioner samt tillfälliga anläggningar

I huvudsak handlar texterna i detta kapitel (C) om att störa omgivningen så litet som möjligt. Här finns formuleringar som: ”Vattenförekomster och övriga vatten får inte påverkas negativt av väganläggningen”, ”Naturmiljön får inte påverkas negativt av väganläggningen”, ”Byggnader och konstruktioner får inte påverkas så att sprickor eller andra skador uppstår” samt ”Där befintliga passager finns tvärs arbetsområdet ska dessa hållas tillgängliga under byggtiden”.

I OTB för projektet Väg 288 Hov-Alunda finns i detta kapitel två texter som anger att beställaren anlitat en sidoentreprenör för vissa arbeten (flytt av stängsel samt stängsling kring en milsten). Eftersom förhållningssättet till befintlig mark ligger utanför den egentliga entreprenaden lämnas detta kapitel utan ytterligare kommentarer.

6.2.5 D. Väganläggningar

Som har framgått av tabell 6.2 innehåller detta kapitel (D) flera underrubriker. Här har rapportförfattarna fokuserat på de två tyngsta; DB. Vägkonstruktion och DV. Vägbro.

I projektet Väg 288 Hov-Alunda hänvisas omedelbart under huvudrubriken ”D. Väganläggning// Grupp 1 och 2” att väganläggningen ska vara utformad och utförd enligt TRVK Vägars och gators utformning (TRV 2012:179). Denna publikation innehåller bl.a. detaljerade geometriska krav för vägbredd, släntlutning och linjeföring för olika vägar, gator, korsningar, trafikplatser, hållplatser, parkeringsplatser m.m. Enligt Trafikverkets kravhierarki gäller krav under överordnad rubrik även krav under underordnad rubrik. Den aktuella publikationen gäller därmed inte bara DB och DC utan också DE, DF och DG (projektet Väg 288 Hov-Alunda innehåller inte något avsnitt DK). Slutsatsen för vägkonstruktioner och vägbroar i projektet Väg 288 Hov-Alunda är att geometrin är låst. På den nivån finns inga öppningar mot funktionskrav. Man kan t.ex. inte välja att göra vägen bredare för att tillåta snävare kurvor med bibehållen trafiksäkerhet och framkomlighet.

I projektet Inre kustvägen Hemmeslöv-Skummeslöv hänvisar OTB till ett antal planritningar. Därmed ökar naturligtvis låsningen ännu mer.

DB. Vägkonstruktion

Tabell 6.3 är baserad på projektet Väg 288 Hov-Alunda. Det kan ses som ett bra exempel på de funktionskrav som ställd på en vägkonstruktion.

DC. Vägbro

Tabell 6.4 har tagits fram från OTB för projektet Inre kustvägen Hemmeslöv-Skummeslöv. Som framgår av tabellen är brobanaplattan den enda bärande byggdel som behandlas och det handlar endast om en faktor (plattan skall utformas utan rörelsefogar).

Tabell 6.5 sammanfattar krav på broar ingående i projektet Rv 31 Jönköping-Nässjö, delar vid Åkarp & Tenhult. Projektet omfattar 14 broar. Av dem skall fyra utföras ”enligt ritning” och ytterligare tre som rörbroar. I det senare fallet kan entreprenören välja material. För övriga sju broar är frihetsgraden i förstene stor och begränsningarna finns enbart i geometrin (bredd, höjd, fri höjd och fri öppning). I praktiken torde dock inte så många alternativ rymmas inom dessa mått. När det gäller betong utgör kostnaden för form en betydande del av totalen. Att formen skall utgöras som brädförm begränsar naturligtvis möjligheterna kraftigt. Att föreskriva vilken form tvärsnittet för en ev. mittpelare skall ha är också mycket långt från att ställa funktionskrav.

Projektet Rv 34 Högsby-Målilla, delen Glahytt-St Aby, omfattar fyra broar. I det här fallet har programskrivarna inte angivit några individuella funktionskrav för broarna. Läsaren hänvisas då till texten i närmas ovanstående rubrik. I detta fall följande: ”Vägbro skall utgöra en beständig, säker, tillgänglig, framkomlig och komfortabel förbindelse över utrymmen för korsande väg, vattendrag eller viltstråk samt ha tillfredsställande bärförmåga och god estetisk utformning.” ”Vägbro skall vara konstruerad och upplåten för den trafikmängd och de trafiklasterna som framgår av förutsättningarna för utformning och konstruktion.” I övrigt hänvisas till gestaltungsprogram och ”Krav för utförande”. Utförandekraven skiljer sig i detta fall från dem som ställts för projektet Rv 31 förbi Tenhult (se tabell 6.5). Här finns ingenting om brädförm eller cirkulära mellanstödsplaner. I ett fall anges att bron ”ska utformas som en rörbro, alternativt annan typ av bro som uppfyller kravet på den våta arean som anges på förslagsskiss”. Författarnas tolkning är att frihetsgraden i projektet Rv 34 St Aby-Glahytt därmed var minst lika stor som i projektet Rv 31 förbi Tenhult.

Tabell 6.3 – Funktionskrav i OBT för väg 288 Hov-Alunda, särskilt för väg 288

| Funktionskrav | Under- rubrik | Specificerat krav | Verifiering | Klassifi- cering* |
|------------------------------------|----------------------------------|---|--|----------------------|
| Livslängd | Bitumen- bundna lager | 20 år | Ej angivet | 1-6, E |
| | Hydrauliskt bundet lager | 40 år | | 1-6, E |
| | Obundet lager | 40 år | | 1-6, E |
| | Undergrund & -byggnad | 40 år | | 1-6, E |
| | Förstärkning av undergrund | 80 år | | 1-6, E |
| Sättning | | Enligt TK Geo | Genom prognos & mätning under bygg- & garantitid | 1 & 4, S |
| Tjällyftning | | Max = 80 mm | Besiktning under garantitiden | 1 & 4, S |
| Bärlighet | | Enligt TRVK Väg | Redovisning av använda metoder & resultat | 1-5, S |
| Frosthalka | | ”Frosthalka som har sin orsak i val av material eller konstruktion får inte förekomma” | Besiktning under garantitiden | 2-4, E |
| Friktion | Barmark | $\geq 0,5$ | Besiktning & provning under garantitiden | 4, S |
| | I sidled | Variation $\leq 0,25$ | | 4, S |
| Stensläpp & bruks- förluster | | ”Stensläpp/bruksförluster får inte förekomma” | Besiktning under garantitiden | 4 & 5, S |
| Jämnhet | I längdled | IRI $\leq 1,5$ på 90 % av sträckorna vid trafiköppning IRI $\leq 2,3$ på 90 % av sträckorna under garantitiden $\Delta IRI \leq 0,08$ mm/år | Mätning med mätbil | 5, S |
| Spårdjup | | Medel för 20 m (400 m) ≤ 5 mm (4,5 mm) för 90 % av sträckorna vid trafiköppning Medel för 20 m (400 m) ≤ 16 mm (15 mm) för 90 % av sträckorna vid garantibesiktning Δ spårdjup $\leq 1,1$ mm/år | Mätning med mätbil | 1 & 5, S |
| Jämnhet | I längdled | En serie villkor vid trafiköppning och under garantitiden (då tillåts 1,5 gånger större värden) | Mätning med rätskiva | 1 & 5, S |
| | I tvärlid | En serie villkor vid trafiköppning och under garantitiden (då tillåts 2,0 gånger större värden) | Mätning med rätskiva | 1 & 5, S |

| | | | |
|-------------------|--|---|----------|
| Tvärfall | Max avvikelse $s \leq 0,35$ | Mätning med mätbil | 1 & 5, S |
| Sprickor | Sprickindex ≤ 5 | Mätning (def. enl. VTI) | 1 & 5, S |
| Lokala ojämnheter | ≤ 6 mm på 3 m rätskiva (gäller ej tjällyft) | Besiktning & mätning under garantitiden | 1 & 5, S |
| Potthål | "Hål får inte förekomma," | Besiktning under garantitiden | 1 & 5, S |

Anm. * Se förklaring under 6.2.2 Analys.

Tabell 6.4 – Funktionskrav i OTB för Inre kustvägen Hemmeslöv-Skummeslöv, särskilt för vägbroar

| Rubrik | Underrubrik | Specificerat krav | Verifiering | Klassificering* |
|------------------------|--------------|--|-------------|----------------------------|
| Brobanepatta | | "Bron brobanepatta utformas utan rörelsefogar." | | Utförandekrav |
| Kantbalk | | "Kantbalk ska vara av typen förhöjd kantbalk minst 100 mm ovan beläggning" | | Utförandekrav |
| Komplettering i vägbro | Ytskydd | "Följande betongytor ska ytbehandlas enligt AMA LFB 311:" (Gäller bl.a. kantbalkar & betongytor i vägmiljö). | | Utförandekrav |
| | Klotterskydd | "Klotterskydd av typ 'offerskydd' ska anbringas på synliga betongytor på underbyggnaden, kantbalkar och vingar." | | Utförandekrav |
| Slitlager | | "Slitlager på bro utförs med samma typ av slitlager som anslutande vägs slitlager och motsvarande krav." (Ang. slitlager anges för detta objekt: "Vägar /.../ ska ha bundet slitlager.") | | Utförandekrav |
| Avvattningssystem | | "Grundavlopp ska utföras av rostfritt stål enligt VV ritning nr 584:65-m. | | (Detaljerat) utförandekrav |
| Slänt | | "Broar /.../ ska försees med ordnad stenfyllning på slänter under brobanan med omfattning enligt förslagsskiss." | | Utförandekrav |
| Kon | | "Bron ska försees med erosionsskydd på koner under bron i erforderlig omfattning." | | Utförandekrav |
| Erosionsskydd | | "Erosionsskydd utförs minst 5 m ut från brostöd." | | Utförandekrav |

Anm. * Se förklaring under 6.2.2 Analys.

Tabell 6.5 – Exempel på krav på formgivning, utförande och funktion för broarna inom projekt Rv 31 Jönköping-Nässjö, delar vid Åkarp & Tenhult

| Nr | Formgivning | Utförandekrav | Funktionskrav |
|--------------|--|--|---|
| BRO 6-1303-1 | ”förlängs med rör ... enligt ritning” | - | - |
| BRO 6-1304-1 | ”enligt ritning” | ”Formsättning utförs enligt ritning” | - |
| BRO 6-1199-1 | ”enligt ritning” | ”med längsgående bräder ... som formmaterial” | - |
| BRO 6-1200-1 | ”med den bredd och höjd som anges på ritningarna” | ”Kantbalk skall utföras enligt Bro 2004” ”Mellanstöd skall utföras som cirkulära pelare” | ”Fria höjden över körbana och vägren ska vara $\geq 4,70$ m” |
| BRO 6-1217-1 | ”med den bredd och höjd som anges på ritningarna” | ”Vid betongutförande ska brädform användas på de synliga ytorna” ”Kantbalk skall utföras enligt Bro 2004” | ”Fri höjd över körbana samt fri öppning enligt ritning” |
| BRO 6-1201-1 | ”med den bredd och höjd som anges på ritningarna” | ”På de synliga ytorna sa brädor användas” ”Mellanstöd skall utföras som cirkulära pelare” | ”Fri höjd över körbana samt total spännvidd enligt ritning” |
| BRO 6-1246-1 | ”Bron ska utföras som en rörbro med den bredd och höjd som anges på ritning” | ”Utförs rörbroen som stålkonstruktion ska den förses med ... korrosionsskydd ... i enlighet med Bro 2004” ”Vid betongutförande ska brädform användas på de synliga ytorna” | ”Fri höjd över gångväg samt bredd enligt ritning” |
| BRO 6-1202-1 | ”med den bredd och höjd som anges på ritning” | ”Vid betongutförande ska brädform användas på de synliga ytorna” ”Kantbalk ska utföras enligt Bro 2004” ”Mellanstöd skall utföras som cirkulära pelare” | ”Fri öppning enligt ritning” |
| BRO 6-1203-1 | ”med den bredd och höjd som anges på ritning” | ”Vid betongutförande ska brädform användas på de synliga ytorna” ”Kantbalk ska utföras enligt Bro 2004” | ”Fri höjd över körbana och vägren samt fri öppning enligt ritning” |
| BRO 6-1204-1 | ”med den bredd och höjd som anges på ritning” | ”Vid betongutförande ska brädform användas på de synliga ytorna” ”Kantbalk ska utföras enligt Bro 2004” ”Eventuella stödkonstruktioner ska utföras svängda enligt ritning” | ”Fri höjd över körbana, vägren och viltpassage samt fri öppning enligt ritning” |
| BRO 6-1247-1 | ”Bron ska utföras som en rörbro med den bredd och höjd som anges på ritning” | ”Utförs rörbroen som stålkonstruktion ska den förses med ... korrosionsskydd ... i enlighet med Bro 2004” ”Vid betongutförande ska brädform användas på de synliga ytorna” | ”Fri höjd över gångväg samt bredd enligt ritning” |
| BRO 6-1205-1 | ”med den bredd och höjd som anges på ritning” | ”Vid betongutförande ska brädform användas på de synliga ytorna” ”Kantbalk ska utföras enligt Bro 2004” ”Dagvatten får inte släpps ut direkt ner i ån” | ”Farbaneplattans underkant läggs lägst på höjden +215 00.” |
| BRO 6-1206-1 | ”enligt ritning” | ”Formsättning utförs enligt ritning” | - |
| BRO 6-1207-1 | ”enligt ritning” | ”Formsättning utförs enligt ritning” | - |

6.2.6 Slutsatser

Av analysen av de utvalda objektspecifika tekniska beskrivningarna framgår att funktionskrav främst förekommer på vägkonstruktioner. Kraven måste dock klassificeras som ställföreträdande funktionskrav. Funktionen trafiksäkerhet uppfylls bl.a. av krav på vägytans friktion medan funktionen komfort uppfylls genom en viss jämnhet kvantifierade genom utpekad mätmetod. Vill man närma sig egentliga funktionskrav borde dessa i stället formulerats som en högsta tillåtna olycksfrekvens och någon form av "nöjd trafikant-index".

För vägbroarna i de studerade projekten varierar kraven mycket. I några fall är frihetsgraden åtminstone skenbart hög, enda begränsningen är geometrin (bredd, höjd, fri höjd och fri öppning). I praktiken torde dock inte så många alternativ rymmas inom dessa mått. Ofta är det gestaltningen som de facto hindrar många alternativ. När det gäller betong utgör kostnaden för form en betydande del av totalen. Krav på brädform för synliga betongytor gör det t.ex. svårt för förtillverkade broar att konkurrera eftersom ett rationellt byggande i elementfabrik innebär att man gjuter mot stålform. Ställ kravet på att ytan ska ha någon form av estetiskt uttryck som godkänns av arkitekt i stället! Brobanep Plattans undersida är förvisso en "synlig yta" men få torde bekymra sig över en slät sådan yta. För vägbroarna i de studerade projekten måste kraven karakteriseras som utförandekrav av olika detaljeringsgrad. I en del fall finns valmöjligheter; entreprenören kan t.ex. välja impregneringsmedel för att utforma ytskyddet, men i andra fall hänvisas t.o.m. till en ritning.

6.3 Intervjufrågorna

För varje projekt intervjuades både Trafikverkets och entreprenörens projektledare (se förteckning över intervjupersoner i slutet av rapporten). Intervjufrågorna sändes ut per mail i förväg till dem som skulle intervjuas. Frågorna indelades i fem huvudgrupper:

Tillämpningsområden för funktionskrav

I vilka avseenden har det ställts funktionskrav respektive detaljkrav?

Vilka är de troliga motiven för valet av kravtyp?

Motsvarar kravtypsvalen entreprenörens potential för innovativa lösningar?

Effekter av funktionskrav

Har funktionskraven lett till innovationer, och i så fall vilka?

Vilka ekonomiska, tidsmässiga, kvalitets- och prestandaförbättringar har innovationerna lett till?

Har funktionskraven lett till besparingar och byggtidsvinster?

Har effekterna på kostnader och tider medfört lägre utförandekvalitet?

Kontraktbestämmelser om bonus och vite

Vilka bestämmelser om bonus och/eller vite finns i kontraktet?

Är bestämmelserna rimliga?

Har bestämmelserna tillämpats?

Har bestämmelserna haft någon effekt?

Om bestämmelserna har saknat effekt, hur borde de ha utformats?

Tolkningsfrågor kring kravuppfyllelse

Problem till följd av inbördes beroenden mellan olika funktionskrav

Problem till följd av oklar gränsdragning mellan funktionskrav och detaljkrav

Problem med användning av eller avsaknad av mätmetod

Problem vid tolkning av mätdata rörande kravuppfyllelse

Problem till följd av svårigheter att identifiera orsaker till bristande kravuppfyllelse

Förhållandet mellan entreprenörens egenkontroll och beställarens kontroll av kravuppfyllelse

Frågor om information som tillhandahållits av beställaren

Omfattning av och ansvar för geoteknisk information

6.4 Resultat från intervjuerna

I detta avsnitt presenteras en tematisk sammanställning av de gjorda projektintervjuerna³. Intervjuerna gjordes per telefon under perioden december 2016 – mars 2017. Samtliga intervjuade har haft möjlighet att kommentera den följande texten i detta avsnitt.

6.4.1 Tillämpningsområden för funktionskrav

Möjligheterna att utnyttja den frihet som funktionskrav ger har ofta begränsats av den fastställda arbetsplanen (numera: vägplanen). Den kan vara gammal. Särskilt styrande är att i fråga om vägprofilen endast små (± 10 cm) avvikelser i höjd accepteras. I två av de äldre projekten lämnade kontraktshandlingarna utrymme för större avvikelser i höjd, vilket gjorde det möjligt för entreprenörerna att få en mer effektiv massbalansering. Från en entreprenör framfördes att det skulle vara önskvärt att avvikelser ± 2 m tilläts för att kunna optimera massorna. Även det vägområde som definieras i vägplanen inskränker möjligheterna till teknikval.

Överhuvudtaget är det ett antal miljöfrågor där lag och föreskrifter innehåller precisa krav som inskränker möjligheterna att styra i funktionstermer.

³ För att fördjupa förståelsen av likheter och skillnader mellan svenska och danska projekt i fråga om funktionskrav har även Carsten Holst Blunck, teknisk och kommersiell direktör hos Barslund A/S, intervjuats.

I en given situation kan vissa funktionskrav komma att i praktiken peka på en enda teknisk lösning, som i så fall hade kunnat föreskrivas. Det kan finnas krav som inte är tillräckligt samspelade. Ett exempel på låsande samspel mellan olika slags krav är vägbelysning när cc-avstånd för stolpar ges tillsammans med krav på belysningsnivå på ytor och dessutom höjd över vägen för att kunna fungera som belysning över hela vägbredden. Hur man ställer krav på släntstabilitet i bergskärningar är ett exempel på svårigheter att välja kravtyp, särskilt om bergets kvalitet inte är tillräckligt noga beskriven.

Det är även viktigt att beställaren tydligt beskriver dikningsförhållanden.

I fråga om själva vägen framstår det som enkelt att specificera ytegenskaper i funktionstermer. Bärförmåga kan uttryckas som krav på elasticitetsmoduler på olika nivåer i överbyggnaden.

Allmänt framstår det som svårare att ställa rätt krav vid ombyggnad av befintliga vägar, då inte minst när TRV ska beskriva rådande vatten- och avloppsförhållanden, där risken för misstag är reell.

Det anses vara viktigt att TRV bestämmer sig för vad som är funktionskrav och vad som är teknisk lösning, eftersom relationerna i ett projekt annars kan präglas redan från början av att entreprenören frestas att spela ut funktionskraven mot de tekniska lösningarna.

Gestaltningsspörsmål är svåra att hantera via funktionskrav, särskilt för broar. Här är det en avvägning mellan förväntad upplevelse av bron i landskapet, där beställaren kan vilja säkra en speciell utformning, och möjligheterna att vinna högre effektivitet hos entreprenören genom förtillverkning och upprepning av tekniska lösningar. Det borde kunna ställas högre krav inne i tätort och känsligare delar av landskapet. Det är inte självklart vilken kravtyp som är bäst i fråga om belysning, färger, träd och planteringar, både i fråga om anläggning och drift på längre sikt.

Vegetationskrav kan vara svåra att formulera eller bli mycket omfattande. Här finns även verifieringsproblem (tidsaxeln).

Funktionskrav urholkas ibland genom hänvisningar till andra TRV-dokument som innehåller utförandekrav, eller som i sin tur hänvisar till andra, ofta äldre, skrifter med utförandekrav.

En entreprenör framhöll att OTB är omfattande, kanske 120 sidor för ett projekt i storleksordningen MSEK 200, och att den kan vara nästa lika omfattande för en cykelväg med väsentligt lägre kontraktssumma, omkring MSEK 10.

Det har hänt att lösningar som angivits i förfrågningsunderlaget inte har accepterats vid beställarens senare granskning.

Uttrycket "eller likvärdigt" är särskilt svårtolkat när det gäller estetiska frågor.

I vissa fall kan det ifrågasättas om TRV skjuter över sådana risker på entreprenören som det hade varit mer effektivt att behålla.

6.4.2 Effekter av funktionskrav

En återkommande iakttagelse är att projekttiden har blivit kortare än vad som krävts i kontraktshandlingarna. Detta kan bero på flera faktorer, bland annat att entreprenören tvingas finna kreativa lösningar på oväntade förhållanden eller lösningar. Vid utförandeentreprenad kan det ta längre tid för beställaren att utreda alternativa lösningar i sådana situationer.

För entreprenörernas del är det inte självklart att totalentreprenader med funktionskrav har lett till lägre kostnader. Detta gäller särskilt de äldsta projekten, då bristande erfarenhet och avsaknad av säkra prognosmodeller för vägegenskaper fick entreprenörerna att arbeta ovanligt omsorgsfullt och troligtvis åstadkomma överkvalitet för att minska risker under garantitiden. Med tiden har entreprenörerna

utvecklat dimensioneringsmodeller för att redan i ett tidigt skede kunna bedöma utfallet av olika metoder och åtgärder. En viktig möjlighet till besparingar för entreprenören är en optimerad massbalansering. Likaså öppnar det för inslag av aktiv design. Som alltid betyder väl genomtänkta projekt besparingar för entreprenören. Å andra sidan kan kostnaderna för att ta fram ett anbud bli högre än vid en motsvarande utförandeentreprenad.

Sett i entreprenörens perspektiv kan man sammanfatta de möjliga effekterna av funktionskrav för en totalentreprenad med lång garantitid i fem kategorier: optimering av livscykelkostnader, frihetsgrader för tekniska lösningar, påverkan i byggskedet, industriellt byggande och transportoptimering. Med industriellt byggande kan avses förtillverkning av komponenter och tillvaratagande av upprepningseffekter, t.ex. genom att olika arbetslag utför olika arbetsmoment i stället för att ett och samma lag gör alla moment för en bro.

Kompetensuppbyggnad i konsultledet, speciellt i fråga om broar, som en följd av närmare samverkan med entreprenörer nämns av flera som en positiv effekt av totalentreprenaderna, och effekten förstärks troligtvis av funktionskraven. Det blir ett ökat kvalitetsmedvetande när man upprättar handlingarna. Även entreprenörerna utvecklas mot att bli renodlade beställare av konsulttjänster och därmed också angelägna om att projektörerna har gjort sina egenkontroller.

Från några projekt, men inte alla, rapporteras tekniska innovationer som möjliggjorts av att det rör sig om totalentreprenader med funktionskrav. I ett tidigt fall hade entreprenören långtgående planer på att föra in en innovativ överbyggnadstyp men avstod efter att ha bedömt risken att inte kunna klara funktionskraven under en tioårig garantitid som alltför hög. Från det projekt där det ingick ett tjugoårigt underhållsåtagande rapporterades flera tekniska innovationer som rörde införande av LED-belysning, optimerad masshantering med särskild programvara (DynaRoad), terrasstabilisering, användning av överlast och standardiserade prefabricerade broar. Inblandning av cement och Merit 5000 (med masugnsslagg som råvara) i ett överbyggnadslager kan även det ses som innovativt. I samma projekt ledde underhållsansvaret till att entreprenören valde bättre stenmaterial, större insatser för att förebygga sättningar, högre materialkrav för att uppnå bättre broisolering samt högre kvalitetskrav på bromålning.

I ett par fall kopplade TRV och entreprenören separata och gemensamma försök med innovativ teknik till det egentliga vägprojektet.

Valet av garantitid är betydelsefullt vid anbudsräkning. Det uppges att entreprenören normalt klara åtta år utan någon beläggningsåtgärd, att det är osäkert med tio års garantitid, och att tolv års garantitid gör det sannolikt att det behövs åtgärder. Riskbedömningen har en uppenbar betydelse för anbudsgivning i projekt med tio års garantitid och kan yttra sig i större spridning i anbudet än för åtta eller tolv år. Endast ett fåtal entreprenörer har förutsättningar att åta sig ett tjugoårigt driftansvar. Det finns också en komplikation för entreprenörer att uppnå stordriftsfördelar i drift och underhåll. En lösning är att entreprenören endast skulle ha ansvar för underhåll och beläggning, inte för driftåtgärder som snöröjning och slätter inom ramen för samma entreprenad.

6.4.3 Bonus, avdrag och vite

I samtliga fall har förseningsviten angivits i kontraktshandlingarna, men tiden för färdigställande har inte överskridits i något enda av de studerade projekten. Vite för överlast har däremot utgått åtminstone i ett projekt. Någon bonus för tidigare färdigställande har inte ingått i kontraktshandlingarna för alla projekt utom ett, även om flera entreprenörer anser att det är rimligt att införa en bonus för färdigställandetid. Undantaget var projektet med 20 års underhållsåtagande, där det fanns bonus uppgående till 0,15 % eller MSEK 2 per vecka för ett tidigt färdigställande (vitet för försenat färdigställande var 0,5 % eller MSEK 6,5 per vecka). Utfallet blev att vägen var färdig tio veckor före tidtabell, trots att det var två tämligen stränga vintrar. I ett annat projekt förhandlades fram en särskild ersättning till entreprenören för att vägen kunde öppnas ett halvår tidigare än vad som angavs i handlingarna.

I projektet med 20 års underhållsåtagande ingår trafiksäkerhet som bonusgrundande. Om olyckorna är färre än 18 på tre år, utgår bonus med MSEK 0,5 (vilket också utföll, eftersom inga allvarliga olyckor hade skett). Med norsk förebild finns det en bonus knuten även till avsaknad av varningar om fel och skador i väganläggningen, och eftersom TRV inte behövt gå ut med sådana varningar har det betalats en årlig bonus om MSEK 0,25 för detta.

Från beställarhåll har framförts att själva idén med totalentreprenad är att man ska få en felfri produkt enligt handlingarna, varken mer eller mindre. Om de ställda kraven först inte uppnås förutsätts därför entreprenören avhjälpa felen. Har beställaren definierat avdrag knutna till bristande uppfyllelse av tekniska kvalitetskrav, kan det vara totalekonomiskt effektivt att entreprenören kan välja mellan avdrag eller att ta kostnaderna för att avhjälpa felet.

En entreprenör ansåg att om man uppnår bättre än krävda värden för spårdjup, utgör detta en samhällsnytta som borde ge en bonus. Det har också påpekats att en totalentreprenör som gör något som är bättre än föreskrivet, t.ex. i fråga om avvattning, måste i princip kunna visa att det ger lägre kostnader för drift och underhåll.

6.4.4 Tolkningsfrågor kring kravuppfyllelse

Inte i något fall har de intervjuade tagit upp problem med att tolka funktionskravuppfyllelse när det gäller vägytan. På beställarsidan noteras i något fall en oro över hur väggroppen kommer att fungera efter garantitidens utgång. Tolkningsfrågor har i stället handlat om avvattning, inklusive svårigheter att formulera lämpliga funktionskrav som avser en lång (tioårig) garantitid. Det förekommer snarare att entreprenörer ifrågasätter om en viss föreskriven teknisk lösning är lämplig.

Miljökrav som rör vatten och vattendrag är en speciell utmaning. Ett funktionskrav av typen att det inte får finnas "vandringshinder för vattenlevande djur" kan vara svårt att verifiera innan det är för sent.

Flera entreprenörer tvivlar på att TRV fullt ut förstår skillnaden mellan teknisk lösning och funktionskrav. Det är olyckligt för samverkan inom ett projekt om entreprenören redan från början frestas att spela ut funktionskrav mot anvisade tekniska lösningar. Det har ifrågasatts från entreprenörhåll om Trafikverkets engagemang i kravtolkningen under detaljprojekteringen är förenlig med totalentreprenadformen. Som entreprenör kan man i och för sig uppskatta att få tips av beställarens specialister. Vad som däremot kan sägas strida mot funktionstänkandet är när TRV utgående från sin granskning av entreprenörens beläggningsrecept sedan hävdar att denne har avvikit från det redovisade receptet, vilket egentligen är irrelevant när det har ställts funktionskrav på beläggningen. Det underliggande problemet är troligen knutet till att garantitiden är lång och att företaget kanske upphör att verka under perioden, vilket ökar beställarens tekniska risker. I ett fall upptäcktes först efter godkänd slutbesiktning bristande funktion i fråga om sikt i en korsning, men då gick det för entreprenören och TRV att finna en gemensam lösning på problemet.

Det är möjligt att de årsvisa uppföljningarna av funktionskrav under garantitiden kan komma att leda till komplicerade diskussioner om felavhjälpande åtgärder. Under garantitiden kan det vara av betydelse för entreprenören att mäta trafikmängder, och det har hänt att entreprenörer har lagt ut egna mätare vid broar. Det kan vara en nackdel för erfarenhetsåterföringen att uppföljningen inom Trafikverket växlar över till Underhåll under garantitiden. Långa garantitider kan också innebära att trafikförutsättningarna hinner ändras, t.ex. genom nya regler för fordons högsta tillåtna bruttovikt.

Förhållandet mellan entreprenörens uppföljning av den egna kravuppfyllelsen och beställarens har tagits upp i flera intervjuer. I början av perioden förekom det gemensamma kontroller med entreprenörerna, sedan de själva hade gjort sin egenkontroll. Efterhand har TRV övergått till att ta stickprov på egenkontrollen utöver egna stickprov. Det har förekommit att entreprenörens egenkontrolldokument inte varit tillförlitliga. De som tidigare hade rollen som Vägverkets

kontrollanter anses ibland ha svårt att släppa den gamla funktionen. Man arbetar numera också med kvalitetsmöten löpande under projekttiden.

I olika projekt ha det ställts olika krav på entreprenörens dokumentation av t.ex. antalet överfarer med vält. Det har hänt att en entreprenör själv har mätt tvärfall med mätbil på ett annat sätt än vad handlingarna har föreskrivit.

6.4.5 *Ansvar för geoteknisk information*

En vanlig orsak till förhandlingar mellan beställare och entreprenör i de studerade projekten är avvikelser mellan verkliga geotekniska förhållanden och de uppgifter som beställaren ursprungligen har lämnat. Situationen kan uppfattas vara något annorlunda i totalentreprenader än i utförande-entreprenader, men har inte direkt att göra med ställda funktionskrav. I fråga om markmodeller och bergmodeller kan det uppstå diskussioner om tolkning av mätdata, men inte heller detta har egentligen med funktionstänkande att göra. I flera av de studerade projekten har geoteknikansvaret inte skapat problem.

7 Diskussion och slutsatser

Under den workshop som hölls hos Sveriges Byggindustrier i maj 2017 fick deltagarna rangordna teman efter deras vikt. Utfallet blev det följande:

1. Vägplanens betydelse
2. När bör teknisk lösning anges
3. Verifiering av kravuppfyllelse
4. Detaljnivå för funktionskrav
5. Hur definiera ”funktionskrav”
6. Hur skriva funktionskrav
7. Bonus för högre kvalitet
8. Hur beslutar beställaren

Det är en utbredd uppfattning att Trafikverkets tolkning av väglagens regler för vägplaner begränsar entreprenörernas möjligheter att välja mellan olika tekniska lösningar och att ta fram innovativ teknik. Rigida vägplaner kan här ha större betydelse än den handlingsfrihet som kan skapas genom ökad användning av funktionskrav i de tekniska beskrivningarna.

Det är troligt att funktionskravens dominerande positiva effekt på produktiviteten i väg- och broprojekt beror på att de skapar större möjligheter för entreprenören att välja sådana beprövade tekniska lösningar som man har erfarenhet av. Liksom tidigare studier av totalentreprenader har visat är det sällan fråga om tekniska innovationer i projekten.

De funktionskrav som finns har olika detaljeringsgrad. Intervjuerna pekar på att det knappast förekommer konflikter mellan olika funktionskrav som ingår i de tekniska beskrivningarna. I och för sig är detta tillfredsställande, men konfliktfriheten kan även tolkas som att de ställda funktionskraven avser alltför detaljerade anläggningsdelar. Däremot förekommer det att kombinationen av flera funktionskrav endast kan uppfyllas av en enda teknisk lösning, oavsett entreprenör. I så fall är det bättre att formulera ett motsvarande utförandekrav.

Intressant är att ingen av de intervjuade ville hävda att det förekom problem med att mäta uppfyllelsen av funktionskrav eller att det kunde föreligga olika tolkningar av mätresultat. Detta strider mot erfarenheten från en tidigare studie om förebyggande brounderhåll (Mattsson 2008). Mattsson beskriver att en representant för beställaren och en representant för entreprenören besiktigade ett och samma brobestånd i syfte att identifiera brister som omfattas i det förebyggande brounderhållet. Här fann beställarens representant 283 brister medan entreprenörens enbart fann 186. Men så har också verifieringsmetoderna identifierats som ett problemområde för just det förebyggande brounderhållet, se avsnitt 3.6.5.

Det finns välutvecklade funktionskrav för vägytor, medan det finns stora inslag av detaljerade utförandekrav i fråga om broar. Skillnaden kan delvis förklaras med olika förutsättningar för drift och underhåll av vägar och broar, men det bör finnas möjligheter att i större utsträckning tillämpa funktionskrav på både brobyggande och brounderhåll. Dessa krav bör baseras på analyser av troliga livscykelkostnader. Vad gäller kraven på förebyggande brounderhåll skulle Trafikverket kunna välja större inslag av funktionskrav och inte som har skett på senare år fjärma sig från dem. Då skulle man kunna upphandla det förebyggande underhållet för ett antal broar tillsammans med en avstämning av statusen (tillståndsbedömning) på det aktuella brobeståndet före och efter entreprenadperiodens början resp. slut. Sedan skulle slutbetalningen till entreprenören justeras med hjälp av en ekonomisk värdering av tillståndsförändringen. Statusförsämringar utöver den förväntade skulle leda till en lägre ersättning medan statusförändringar som vore mindre än den förväntade skulle leda till bonus. Idén har presenterats i en debattartikel i Byggindustrin (Silfwerbrand 2008).

Kunskaperna har successivt ökat inom entreprenörledet när det gäller att prognostisera hur en vägs tillstånd kommer att utvecklas under en längre följd av år. Detta förefaller att motsvaras av att

Trafikverket ställer mindre av detaljerade tekniska krav när garantiperioderna är långa och det ingår åtaganden för drift och underhåll.

Med tanke på entreprenörernas riskbedömningar bör garantiperioden för vägprojekt väljas så att den antingen motsvarar att det är låg sannolikhet för att en ny beläggning måste utföras under perioden – eller att den är så lång att det är troligt att beläggningsåtgärder kommer att behövas. För att betong – med längre livslängd och högre initialkostnad – ska kunna konkurrera med asfalt krävs dock väsentligt längre garanti- eller drifttider än vad som hittills varit gängse i vårt land. I Polen har man byggt över 410 km betongmotorväg under de senaste åren, men då har drifttiden sträckt sig över flera decennier (Deja & Kijowski 2010). Här har det handlat om totalentreprenader och entreprenören har uppenbarligen valt betong utifrån dess lägre livscykelkostnad.

Frågan om bonus för högre kvalitet än vad ett funktionskrav föreskriver verkar ha förlorat mycket av sin betydelse när entreprenörer successivt har ökat sin kompetens för att bedöma vilka resultat som olika teknikval och produktionsmetoder leder till på kort och lång sikt.

Inom andra branscher som arbetar med kontrakt baserade på funktionskrav är det i allmänhet väsentligt lättare att konstatera kravuppfyllelse, särskilt som det långa tidsperspektivet i princip saknas och svårförutsägbara yttre belastningar sällan förekommer. Möjligheterna att i väg- och brosammanhang dra nytta av erfarenheter från funktionsförsäljning i andra branscher är därför begränsade.

Dagens funktionskrav utgår från dagens teknik för att producera, driva och underhålla vägar och broar – liksom från dagens fordonsteknik. Långsiktiga funktionskrav bör vara robusta i den meningen att de tar hänsyn till nya teknikmöjligheter i fråga om vägdrift och fordon. För att ta ett exempel utgör kontinuerlig statusrapportering baserad på sensorer en redan känd teknik, men det finns frågetecken för sensorers långtidsegenskaper.

8 Rekommendationer

Ett syfte med projektet var att ta fram en ”en vetenskaplig och praktiskt användbar definition av funktionskrav”. Författarna föreslår följande:

Funktionskrav = Krav som i mätbara termer föreskriver egenskaper hos en byggnad, anläggning eller del därav vid en given tidpunkt eller egenskapernas förändring över tid.

En analys, som även bör omfatta regelverk och praxis i övriga nordiska länder, bör läggas till grund för en genomarbetning av Trafikverkets regler och rutiner för vägplaner. Det bör skapas generella regler för hur entreprenörers teknikkompetens kan komma in och utnyttjas i planskedet. Syftet bör vara att möjliggöra en totaloptimering av resursanvändningen och då inte minst en bättre balans mellan olika miljökrav. (Jfr avsnitt 3.4).

Begreppet funktionskrav bör reserveras i tekniska beskrivningar för krav där kravuppfyllelsen förutsätter en mätmetod och inte kan avgöras omedelbart med blotta ögat. Sådana krav bör i stället klassificeras som utförandekrav. Estetiska krav är exempel på krav som bör uppfattas som förhållandevis odetaljerade utförandekrav. (Jfr avsnitt 5.1.2).

En tydligare modell för att ställa upp varje funktionskrav i mallar för tekniska beskrivningar med uppgifter om överordnade och underordnade krav samt mätmetod bör övervägas. Systematiken bör anpassas till det pågående arbetet med digitalisering av processer. (Jfr avsnitt 4.2.1).

Möjligheterna att i högre grad ställa funktionskrav på broar och i brunderhåll bör tillvaratas i syfte att effektivisera användning av olika kända tekniska lösningar samt ge utrymme för innovationer. (Jfr kapitel 7).

För att säkra att tekniska beskrivningar som avser mindre entreprenader inte blir alltför omfattande är det lämpligt att skapa en rutin för att kontrollera att överflödiga malltexter inte används slentrianmässigt. (Jfr avsnitt 6.4.1).

Det är angeläget att satsa på teknikforskning som bidrar till högre kompetens vad gäller att förutsäga den långsiktiga hållbarheten hos innovativa tekniska lösningar för vägar och broar. Detta bör ses i ett livscykelkostnadsperspektiv. (Jfr kapitel 7).

En systematisk jämförelse av Trafikverkets nuvarande funktionskrav i tekniska beskrivningar bör göras med de krav som ställs utomlands. Tre länder som framstår som särskilt intressanta är Norge, Nederländerna och USA. (Jfr kapitel 4).

Referenser

Litteratur

- Albano, L D & Suh, N P (1992). Axiomatic approach to structural design. *Research in Engineering Design*, 4(3), 171-183.
- Alfredsson, M, Karlsson, R, Sjögren, L, Hintze, S, Johansson, B, Lundström, R & Winnerholt, T (2010). Funktionskriterier för vägkonstruktioner: Förstudie. SBUF projekt 12283. Oktober.
- Bröchner, J, Ang, G K & Fredriksson, G (1999). Sustainability and the performance concept: encouraging innovative environmental technology in construction. *Building Research & Information*, 27(6), 367-372.
- Cabana, G, Liautaud, G & Faiz, A (1999). Areawide performance-based rehabilitation and maintenance contracts for low-volume roads. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1652), 128-137.
- Chamberlin, W P (1995). *Performance-related Specifications for Highway Construction and Rehabilitation*. Synthesis of Highway Practice, 212. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Cooper, R & Ross, T W (1985). Product warranties and double moral hazard. *The RAND Journal of Economics*, 16(1), 103-113.
- Cox, D O et al. (2002). Contract Administration: Technology and Practice in Europe. FHWA-PL-02-0xx, Federal Highway Administration, US Department of Transportation. Oktober.
- Darter, M I, Abdelrahman, M, Okamoto, P A & Smith, K D (1993). Performance-Related Specifications for Concrete Pavements. Vol. I: Development of a Prototype Performance-Related Specification. FHWA-RD-93-042, Federal Highway Administration, US Department of Transportation. November.
- Deja, J & Kijowski, P (2010). Experience in local concrete road construction in Poland. Proceedings, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, Oct. 13-15, 2010.
- Ekdahl, P & Lundström, R (2007). Funktionskrav för kommunala underhållsbeläggningar. Sveriges Kommuner och Landsting, SBUF, NCC, Ramböll. 2007-03-29.
- Enckel, M (2011). *Lessons Learned in Structural Health Monitoring of Bridges Using Advanced Sensor Technology*. Doctoral Thesis. Chair of Structural Design & Bridges, School of Architecture and Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
- Ericson, G (1971). Matematik i Erikslund. *Byggmästaren* nr 3.
- Eriksson, O (1994). *Byggbeställare i brytningstid: bostadssektorn och statligt byggande under miljonprogramperioden*. T20:1994. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.
- FIA (u å). FIA Funktionskrav generellt – Etapp 2. Slutrapport projekt 79. Förnyelse i anläggningsbranschen.
- FIA (2006). Anvisningar för upphandling av underhållsbeläggningar med funktionskrav. Etapp 2. Förnyelse i anläggningsbranschen. 2006-11-08.
- Glinz, M (2007). On non-functional requirements. In *Proc. 15th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2007), New Delhi, October 15-19, 2007*, pp. 21-26.
- GNA (2006). Förslag till gemensamma funktionskrav för drift- och underhåll av vägar. Gemensam Nordisk Anläggningsmarknad. Juni.
- GNA (2008). GNA-projektet Fase 3: Delprojekt Felles funksjonskrav – videreføring 2007-2008. Gemensam nordisk anläggningsmarknad. Rapportering pr 15052008.
- Grennberg, T (1965). Hur kan vägbyggnadstekniken utvecklas? *Väg- och Vattenbyggaren* nr 6, s 206-208.
- Gruneberg, S, Hughes, W & Ancell, D (2007). Risk under performance-based contracting in the UK construction sector. *Construction Management and Economics*, 25(7), 691-699.
- Guajardo, J A, Cohen, M A, Kim, S H & Netessine, S (2012). Impact of performance-based contracting on product reliability: An empirical analysis. *Management Science*, 58(5), 961-979.
- Guo, K, Minchin, E & Ferragut, T (2005). The shift to warranties and performance specifications: what of method specifications? *Construction Management and Economics*, 23(9), 953-963.
- Haraldsson, M (2004). Funktionsentreprenaden: Om styrning av vägprojekt på entreprenad. SBUF-projekt 11380, 11463.

- Hattis, D B & Becker, R (2001). Comparison of the systems approach and the Nordic model and their melded application in the development of performance-based building codes and standards. *Journal of Testing and Evaluation*, 29(4), 413-422.
- Hou, J & Neely, A (2017). Investigating risks of outcome-based service contracts from a provider's perspective. Cambridge Service Alliance. February.
- Hughes, W, Hillebrandt, P M, Greenwood, D & Kwawu, W (2006). *Procurement in the Construction Industry: The impact and cost of alternative market and supply processes*. London: Taylor & Francis.
- Hughes, W & Kabiri, S (2013). Performance-based contracting in the construction sector. A report for Transport for London. School of Construction Management and Engineering, University of Reading. February.
- Hypko, P, Tilebein, M & Gleich, R (2010). Benefits and uncertainties of performance-based contracting in manufacturing industries: An agency theory perspective. *Journal of Service Management*, 21(4), 460-489.
- Industrins byggtredning (1968). *Ny byggmarknad: produktansvar, konkurrens, kontinuitet: ett program*. Stockholm: Byggförlaget.
- Ives, B & Vitale, M R (1988). After the sale: leveraging maintenance with information technology. *MIS Quarterly*, 12(1), 7-21.
- Jansson, G, Schade, J & Olofsson, T (2013). Requirements management for the design of energy efficient buildings. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 18, 321-337.
- KBS (1971). Totalentreprenad 1. Förfrågningshandlingar. Byggnadsstyrelsen, KBS-rapport 59.
- KFST (2014). Vejledning om brug af funktionskrav. Konkurrence- og Forbrugerstyrelsen. Marts.
- Kleemann, F C & Essig, M (2013). A providers' perspective on supplier relationships in performance-based contracting. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(3), 185-198.
- Korteweg, A-L (2002). Functional specifications in contracting. *Roads*, No 315, pp. 24-34.
- Kuypers, P H L M & Gruppen, M J (2008). A technical specification: how precise? In *Proc. 3rd International Public Procurement Conference, Amsterdam, 28-30 August 2008*, pp. 149-157.
- Lagerqvist, O (1996). Funktionsentreprenad: en modell för upphandling av husbyggnader. Forskningsrapport TULEA 1996:26. Avd f Stålbyggnad, Luleå Tekniska Högskola.
- Larsson, B & Sandberg, S (2003). Funktionskrav i vägentreprenader: utvärdering av ett demonstrationsprojekt. Göteborg: Institutionen för byggnadsekonomi, Chalmers tekniska högskola.
- Larsson, H (1964). Kan vi bygga billigare och mera? *Svenska Dagbladet* 20/4 s 5.
- Lingegård, S (2014). *Integrated product service offerings for rail and road infrastructure: reviewing applicability in Sweden*. Ak avh. Linköping: Department of Management and Engineering, Linköping University.
- Lingegård, S, Lindahl, M & Svensson, N (2012). Funktionsupphandling av järnvägsinfrastruktur. Linköpings universitet. Juni.
- Llego-Betasolo, M. D, Hallu, J G & Kubul, J (2014). An axiomatic design based approach on analysis of alternative route(s) to the congested Mendana Highway of Solomon Islands. *Proc. ICAD2014 The Eighth International Conference on Axiomatic Design, Campus de Caparica, Portugal, September 24-26, 2014*.
- Lövmar, P-O (2000). Uppföljning av funktionsentreprenader: rapport över erfarenheter av funktionsentreprenader inom nybyggnad av väg samt vid utförande av underhållsbeläggningar. KTH.
- Mattsson, H-Å (2008). *Integrated Bridge Maintenance – Evaluation of a Pilot Project and Future Perspectives*. Doctoral Thesis. Chair of Structural Design & Bridges, School of Architecture and Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
- McLain, K, Gransberg, D & Loulakis, M (2014). Managing geotechnical risk on US design-build transport projects. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 14(1), 1-19.
- Meacham, B. J (2010). Accommodating innovation in building regulation: lessons and challenges. *Building Research & Information*, 38(6), 686-698.
- Meacham, B J (2016). Sustainability and resiliency objectives in performance building regulations. *Building Research & Information*, 44(5-6), 474-489.

- Ng, I C, Maull, R & Yip, N (2009). Outcome-based contracts as a driver for systems thinking and service-dominant logic in service science: Evidence from the defence industry. *European Management Journal*, 27(6), 377-387.
- Nilsson, J-E, Ihs, A, Sjögren, L, Wiman, L G & Wågberg, L-G (2006). Funktionsupphandling: Sammanfattning av kunskapsläge och rekommendationer för fortsatt forskning. VTI rapport 560.
- Nilsson, U (1995). Funktionsentreprenader för vägbroar: upphandlingsmodell. Lic.upps. 1995:33L. Luleå: Tekniska högskolan i Luleå.
- NVF (2002). Sammanställning av funktionsegenskaper inom vägkonstruktionsområdet i Norden. Rapport från NVF 34. Nordiska Vägtekniska Förbundet, Finska avdelningen. Augusti.
- Nyström, J, Lind, H & Nilsson, J-E (2014). Degrees of freedom in road construction, CTS Working Paper 2014:20. Centre for Transport Studies, VTI/KTH.
- Nyström, J, Mandell, S & Bröchner, J (2016). Fler totalentreprenader på anläggningsmarknaden – följer för små och medelstora företag. En forskningsrapport från Sveriges Byggindustrier.
- OFV (2009). Forslag til funksjonskrav for vegsystemet. Rapport. Opplysningsrådet for Veitrafikken. Januar.
- Olsson, U (1993). *Funktionsentreprenad för drift och underhåll av vägar och gator*. Ak. avh. 1993:135D. Luleå: Tekniska högskolan i Luleå.
- Olsson, U K G (2012). Rapport – Funktionsentreprenad: Upphandling och genomförande av bygg- och anläggningsentreprenader som drivs som funktionsentreprenader. Byggherrarna Sverige AB. 2012-11-19.
- Patil, S S & Molenaar, K R (2011). Risks Associated with Performance Specifications in Highway Infrastructure Procurement, *Journal of Public Procurement*, 11(4), 482-508.
- PIARC (2003). *A Fact Finding Review of Performance Specifications in 2002*. 78.01.B. World Road Association, Paris.
- Praticò, F G (2007). Quality and timeliness in highway construction contracts: a new acceptance model based on both mechanical and surface performance of flexible pavements. *Construction Management and Economics*, 25(3), 305-313.
- Prolog (2011). Uppföljning av Trafikverkets totalentreprenader – uppföljning av 11 vägprojekt. *Vägar till förbättrad produktivitet och innovationsgrad i anläggningsbranschen*, del 5, bilaga 7. SOU 2012:39.
- Prolog (2014). Uppföljning av Trafikverkets totalentreprenader – studie av 11 vägprojekt.
- Riksrevisionen (2012). *Trafikverkets upphandling av vägar och järnvägar – leder den till hög produktivitet?* RIR 2012:14. Stockholm: Riksrevisionen.
- Ritzén, S och Ölundh, G (2002). *Funktionsförsäljning och produkters miljöaspekter – en studie i tre svenska tillverkningsföretag*. Rapport 5234. Stockholm: Naturvårdsverket.
- SBEF (1971). Riktlinjer totalentreprenad. 2:a uppl. Svenska Byggnadsentreprenörföreningen.
- SBEF (1985). Funktionsentreprenad vägar och gator. Rapport 36. Svenska Byggnadsentreprenörföreningen.
- Scott, S, Ferragut, T, Synchron, M & Anderson, S (2011). Guidelines for the Use of Pavement Warranties on Highway Construction Projects. NCHRP Report 699. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Scott, S & Konrath, L (2008). Performance-based contracting: a viable contract option? I *U.S. and International Approaches to Performance Measurement for Transportation Systems*, Conf. Irvine, CA, September 9-12, 2007, 133-144.
- Scott, S, Konrath, L & Ferragut, T (2014a). *Framework for Performance Specifications: Guide for Specification Writers*. SHRP 2 Report S2-R07-RR-3. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Scott, S, Konrath, L, Ferragut, T & Loulakis, M C (2014b). *Strategies for Implementing Performance Specifications: Guide for Executives and Project Managers*. SHRP 2 Report S2-R07-RR-2. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Selander, A (2010). *Hydrophobic Impregnation of Concrete Structures: Effects on Concrete Properties*. Doctoral Thesis. Chair of Structural Design & Bridges, School of Architecture and Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
- Selvaridis, K & Wynstra, F (2015). Performance-based contracting: a literature review and future research directions. *International Journal of Production Research*, 53(12), 3505-3540.

- Silfwerbrand, J (2002). Aktivt brounderhåll – en förstudie. Rapport 65. KTH Brobyggnad.
- Silfwerbrand, J (2007). Technical Demands for Preventive Bridge Maintenance – A Critical Review. *Proceedings, fib Symposium “Concrete Structures – Stimulators of Development”, Dubrovnik, Croatia, May 20-23, 2007*, pp. 871-880.
- Silfwerbrand, J (2008). Satsa på funktionsentreprenad för brounderhåll. *Byggindustrin* nr 7 s 14.
- Silfwerbrand, J (2011). Improving Preventive Maintenance. ACI Special Publication No. SP-277CD (Recent Advances in Maintenance and Repair of Concrete Bridges), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, pp. 67-78.
- SOU 2012:39 *Vägar till förbättrad produktivitet och innovationsgrad i anläggningsbranschen*. Betänkande av Produktivitetskommittén.
- Stankevich, N, Qureshi, N & Queiroz, C (2009). Performance-based Contracting for Preservation and Improvement of Road Assets. Transport Note No. TN-27. The World Bank, Washington, DC.
- Statens vegvesen (2005). Drift og vedlikehold av veger: Erfaringer med bruk av funksjonskrav i Norge. Veg- og trafikkfaglig senter, Statens vegvesen. 2005-08-29.
- Statens vegvesen (2016). Foreløpig erfaringer med egenskapskrav/funksjonskrav i asfaltkontrakter. Statens vegvesen. Asfaltdagen 2016.
- Stenbeck, T (2007a). Definitioner på funktionsentreprenad. *Juridisk tidskrift*, 3 (2006/07), s 818-831.
- Stenbeck, T (2007b). *Promoting Innovation in Transportation Infrastructure Maintenance*. Doctoral Thesis. Chair of Structural Design & Bridges, School of Architecture and Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
- Sultana, M, Rahman, A & Chowdhury, S (2013). A review of performance based maintenance of road infrastructure by contracting. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(3), 276-292.
- Sumo, R, van der Valk, W, van Weele, A & Bode, C (2016). Fostering incremental and radical innovation through performance-based contracting in buyer-supplier relationships. *International Journal of Operations and Production Management*, 36(11), 1482-1503.
- Sundquist, H (2010). Safety, Loads and Load Distribution on Structures, TRITA-BKN, Report 108, 3rd edn. Chair of Structural Design & Bridges, School of Architecture and Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
- Szigeti, F & Davis, G (2005). *Performance Based Building: Conceptual Framework*. Rotterdam: CIB.
- Talvitie, A (1999). Performance indicators for the road sector. *Transportation*, 26(1), 5-30.
- Trafikanalys (2016). Trafikverkets arbete för ökad produktivitet och innovation i anläggningsbranschen – rapport 2016. Rapport 2016:5.
- Tran, D Q & Molenaar, K R (2014). Impact of risk on design-build selection for highway design and construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 30(2), 153-162.
- Udbudsrådet (2012). Værktøj til funktionsudbud på vejområdet. Udbudsrådet. Juni.
- van der Zwan, J T (2003). Functional specifications for road pavements: A question of risk assessment. I *Proc. XXIIInd PIARC Congress, Durban, SA, October 19-25, 2003*.
- Vägverket (1995). Byggande och skötsel på funktionsentreprenad. Publ 1995:49. Vägverket Division Väg & Trafik.
- Windahl, C (2007). *Integrated solutions in the capital goods sector: Exploring innovation, service and network perspectives*. PhD Diss. Linköping: Linköping University.
- Wondimu, P A, Hailemichael, E, Hosseini, A, Lohne, J, Torp, O & Lædre, O (2016). Success factors for Early Contractor Involvement (ECI) in public infrastructure projects. *Energy Procedia*, 96, 845-854.
- WSP (2017). Trafikverkets produktivetsarbete i praktiken – underlagsrapport. Trafikanalys/WSP Analys och Strategi. Mars.
- Wågberg, L-G (2001). *Funktionskrav på beläggning – ett nytt sätt att upphandla gatubeläggning*. Svenska Kommunförbundet. Stockholm.
- Xia, B, Molenaar, K, Chan, A, Skitmore, M & Zuo, J (2013). Determining optimal proportion of design in design-build request for proposals. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(6), 620-627.
- Öhrlings PricewaterhouseCoopers (2008). Analys av anläggningsmarknaden. Rapport till Näringsdepartementet.
- Österström, J & Nilsson, J-E (2016). Effektiva kontraktmodeller för vägunderhåll. VTI rapport 894.

Intervjuade

| | | |
|----------------------|--------------|------------|
| Håkan Bertilsson | Trafikverket | 2016-12-05 |
| Jan Nyman | Trafikverket | 2016-12-16 |
| Thomas Lidberg | NCC | 2016-12-22 |
| Anders K Sørensen | Barslund | 2017-01-05 |
| Rikard Norstedt | NCC | 2017-01-12 |
| Mikael Hårrskog | Trafikverket | 2017-02-01 |
| Tomas Frödå | NCC | 2017-02-09 |
| John Landin | Peab | 2017-02-15 |
| Andreas Hult | Trafikverket | 2017-02-22 |
| Claes Wennerqvist | Trafikverket | 2017-02-27 |
| Agne Gunnarsson | Trafikverket | 2017-03-01 |
| Carsten Holst Blunck | Barslund | 2017-06-02 |