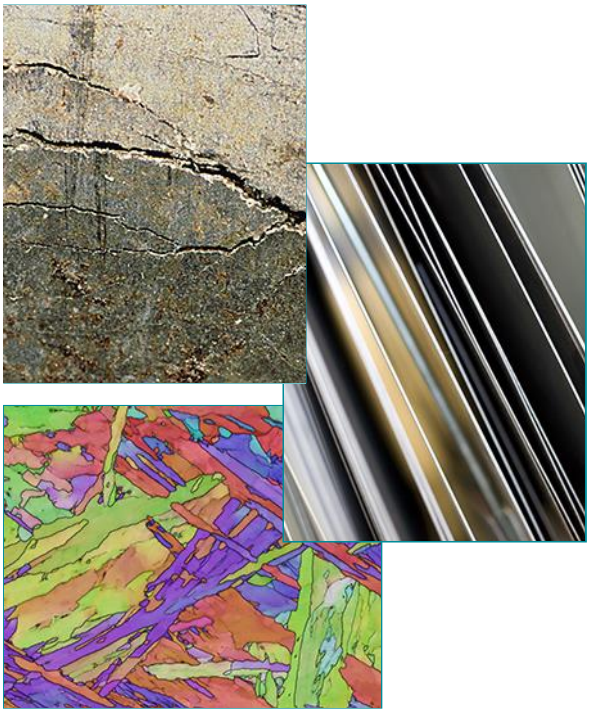

Forskningsrapport
Öppen

Funktionsbaserad kravställning för rostskyddsmålning inom infrastrukturen

Del 1-Förstudie

Utredare: Björn Tidbeck

Rapportnummer: KIMAB 2016-176

Titel	Funktionsbaserad kravställning för rostskyddsmålning inom infrastrukturen Del 1-Förstudie
Författare	Utredare: Björn Tidbeck
Publiceringsdatum	2016-06-23
Rapportnummer	KIMAB 2016-176
Status	Öppen
Projektnummer	12558
Avdelning	Corrosion Protection, Surface Technology & Monitoring
Forskningsområde	Korrosion i Infrastrukturen
Finansiering	BBT
Distribution	Trafikverket
Godkänd av	2019-03-13 X Signerat av: Johan Tidblad

Förord

Trafikverkets övergripande strategiska mål är att vara en renodlad beställarorganisation. För en sådan organisation är kravställning och upphandlingsstrategier en central del av arbetet med att uppnå hög produktivitet och effektivitet. För att lyckas måste Trafikverkets entreprenörer ta ett stort ansvar och vara drivande i utvecklingen av nya smartare processer och användandet av nya förbättrade produkter. Funktionsupphandling är en modell som ger ekonomiska incitament och som tros skapa engagemang för en ökad samverkan mellan beställare, entreprenörer och produktleverantörer, vilket i sin tur är nyckeln till att möta Trafikverkets effektivitetsmål och mål om minskad miljöpåverkan. För att systemet ska fungera i praktiken måste vissa delar av den nuvarande tekniska kravställningen omformuleras för att ge entreprenörerna större frihet att driva utvecklingen.

Studien har finansierats av Trafikverket och har följts av en referensgrupp bestående av:

Hans Pétursson	Trafikverket
Malena Bengtsson	Trafikverket
Robert Hällmark	Trafikverket

Arbetsgruppen har bestått av:

Bertil Sandberg	Swerea KIMAB
Svante Nordänger	Swerea KIMAB
Märit Forssander	TerraCorrosion AB
Björn Tidbeck	Swerea KIMAB

Arbetsgruppen tackar referensgruppen för värdefulla kommentarer och synpunkter under projektgenomförandet.

Ett speciellt tack till alla personer som ställt upp i intervjudelen av projektet: Ove Malmberg, Sylva Arnell, Lars Igetoft, Markku Virulainen, Markus Glaas, Kurt Fredriksson, Lennart Björk, Johan Hansson, Michael Aamodt, Charlotte Persson, Torbjörn Stenbeck, Arne Finman, Patrik Reuterswärd, Mårten Juslin och Charles Edquist.

Swerea KIMAB 23 juni 2016

Björn Tidbeck

Funktionsbaserad kravställning för rostskyddsmålning inom infrastrukturen

Del 1-Förstudie

Björn Tidbeck

Rapportnummer: KIMAB 2016-176

Sammanfattning

Trafikverket har som mål att öka andelen totalentreprenad som kontraktsform till 50 % av all verksamhet fram till år 2018. Totalentreprenad är en övergripande strategisk satsning som syftar till att öka produktiviteten, främja innovationer och minska miljöpåverkan i anläggningsbranschen. Den är också ett steg i riktningen mot Trafikverkets nya roll som en renodlad beställarorganisation, mot ökad samverkan mellan beställare och entreprenörer och i förlängningen mot utvecklade innovationssystem och renodlad funktionsupphandling. Totalentreprenad är endast en kontraktsform och den egentliga drivkraften som ska införliva många av de tänkta fördelarna med totalentreprenad är funktionsbaserad upphandling. Genom att upphandla en funktion istället för en produkt ges entreprenörer och leverantörer friheter att tillämpa och utveckla mer effektiva produktionsmetoder och produkter. Trafikverkets nuvarande kravställning inom rostskyddsmålning innehåller utförandekrav som minimerar entreprenörens möjligheter till egna initiativ. Den nuvarande kravställningen riskerar därmed att försvåra utvecklingen av Trafikverkets övergripande strategier och begränsa potentialen hos totalentreprenad. En förändring av kravställningen är därför nödvändig för att totalentreprenader ska kunna ge de fördelar som man förväntar sig.

Denna rapport är första delen av en utredning som syftar till att formulera en alternativ funktionsbaserad kravställning som harmoniserar bättre med totalentreprenad som kontraktsform. Rapportens syfte är att belysa konsekvenser, fördelar och nackdelar med funktionskrav inom området rostskydd. Rapporten utgör en förstudie som ska ligga till grund för ett konkret förslag till en funktionsbaserad kravställning vid upphandling av rostskydd. Rapporten belyser relevanta aspekter i gällande standarder, Trafikverkets nuvarande kravställning, alternativa produkter på marknaden idag samt en begränsad omvärdsanalys av trender i branschen och kravställning hos andra beställarorganisationer. Förstudien är i grunden en litteraturstudie men innefattar även intervjuer med specialister i branschen, både inom rostskyddsmålning och alternativa upphandlingsformer. Representanter från beställare, produktleverantörer och entreprenörer finns också med bland intervjuobjekten.

Rostskyddsmålning är en känslig process som är beroende av ett antal kritiska moment under förbehandling och applicering. Ett lyckat resultat ger ett korrosionsskydd med lång livslängd, ca 25år. Vidare är det mycket svårt att bestämma korrosionsskyddets förväntade livslängd genom att enbart utföra kontroll av den färdiga produkten. Dessa förutsättningar innebär att rostskyddsmålning inte är ett område som är idealiskt lämpat för funktionsupphandling. Funktionskrav är förenat med ekonomiska risker och utförandekrav riskerar att ge en för långsam produkttillämpning av nya alternativa produkter och metoder. En strategi för att utnyttja fördelarna med båda dessa kravtyper är att utföra funktionsbaserad upphandling för en delmängd av den offentliga upphandlingen. Den lärdom och de erfarenheter som uppkommer i samband med funktionsupphandling kan sedan överföras till utförandekrav för huvuddelen av den offentliga upphandlingen. På detta sätt kan ekonomiska risker minimeras och nya produkter kan provas och utvärderas på verkliga objekt inom ramen för offentlig upphandling.

Innehållsförteckning

1 Bakgrund 1

2 Syfte och mål 1

3 Projektinnehåll 1

3.1 State-of-the-art 1
3.2 Utredning av nuvarande kravställning 2
3.3 Utarbetande av förslag på nya funktionskrav 2
3.4 Analys av miljöpåverkan och kostnader 3
3.5 Projektets avgränsning 3

4 Funktionskrav 4

4.1 Trafikverkets beställarroll 5
4.2 Trafikverkets tidigare erfarenheter av funktionskrav 6

5 Produkttillämpning inom infrastruktur 8

5.1 Strategi för kvalitet och teknisk utveckling 11

6 Typprovning av nya produkter 13

6.1 Accelererade provningar 13
6.1.1 ISO 9227 och ASTM B117 - saltspraytest 14
6.1.2 ASTM D5894 14
6.1.3 ISO 20340 NORSOK-501 14
6.1.4 Provutformning 15

7 Upphandling av rostskyddsmålning 16

7.1 Trafikverkets upphandling av rostskyddsmålning 16

8 Garantitid 17

9 Gällande kravställning 18

9.1 Lagar och förordningar 18
9.2 Standarder och funktionskrav 19
9.3 Standarder och handböcker 19
9.3.1 ISO - Internationella standarder 20
9.3.2 Nationella standarder 20
9.3.3 Branschspecifika standarder 21
9.3.3.1 SSG – Standard Solution Group 21
9.3.3.2 MAV – Målningsanvisning för Vattenkraftstationer 21
9.3.3.3 TBY – Tekniska Bestämmelser för Ytskydd 21
9.3.3.4 NORSOK M-501 – Norsk offshorestandard 22
9.3.3.5 Handbok i rostskyddsmålning 22

10 Internationell målningsstandard ISO 12944 23

10.1 ISO 12944-3 23

10.2 ISO 12944-4 24
10.3 ISO 12944-5 25
10.4 ISO 12944-6 25
10.5 ISO 12944-7 25
10.6 Pågående standardiseringsarbete 27
10.6.1 TS 44 27
10.6.2 Nyutgåva av SS EN- ISO12944 28

11 Trafikverkets krav 29

11.1 Färgtyper 29
11.2 Typprovning 32
11.3 Utformning 34
11.4 Förbehandling 34
11.5 Applicering 34
11.6 Estetik 36
11.7 Kontroll av rostskyddsmålning 36

12 Kravställning i övriga Norden 38

12.1.1 Norge 38
12.1.2 Island 39
12.1.3 Finland 39
12.1.4 Danmark 39

13 Miljö 40

13.1 Incitament för miljöarbete 40
13.2 Spridning till miljön 41
13.3 Miljöriskanalys av sprutning i fält 42
13.4 Verkstadsmålning eller fältmålning? 44
13.5 Pigmentens miljöpåverkan 45

14 Alternativa färgsystem och metoder 47

14.1 Friheter inom nuvarande kravställning 47
14.2 Produkter med hög torrhalt 49
14.3 Vattenburna färger 50
14.4 Polysiloxan 50
14.5 Rapid Recoat 51
14.6 Eon-Coat 51
14.7 Fluorpolymerer 52
14.8 Termiskt sprutad zink och aluminium 52
14.9 Blästring 53
14.10 Laser-ablation 54
14.11 Nya kontrollmetoder 54

15 Intervjuer 55

15.1 Intervjulista- standardiserade frågor 55
15.2 Intervjulista – övriga frågeställningar 56

16 Diskussion 56

17 Slutsatser 61

18 Förslag till fortsatt arbete 63

19 Referenser 64

APPENDIX- Intervjureferat 67

Arne Finman 67
Lars Igetoft, Sylva Arnell 73
Patrik Reuterswärd 77
Torbjörn Stenbeck 82
Charlotte Persson 88
Markku Virolainen och Mårten Juslin 92
Kurt Fredriksson, Lennart Björk, Johan Hansson och Michael Aamodt97
Ove Malmberg Trafikverket 102

1 Bakgrund

Trafikverkets nuvarande tekniska regelverk harmoniserar inte alltid med de styrande miljö-dokumenten. Rostskyddsmålning är ett exempel där det tekniska regelverket i detalj kravställer exakt vilka färgtyper och skikttjocklekar som ska användas för de olika skikten, tillåtna nyansskillnader mellan olika partier etc. Detta kan leda till att leverantörer av färg- och rostskyddssystem inte har möjlighet att välja modernare produkter än de som Trafikverket föreskriver, inte heller modernare processtekniker. Således saknas incitament för produktutveckling mot både tekniskt och miljömässigt förbättrade produkter och tekniker. På så sätt kan utvecklingen av mer kostnadseffektiva tekniska lösningar hindras och tillämpningen av produktvalsprincipen hämmas.

2 Syfte och mål

Projektets mål är att skapa ett underlag för en förändring av Trafikverkets nuvarande kravställning inom området rostskyddsmålning av stålkonstruktioner. Syftet med förändringar i kravställningen är att öka möjligheterna för leverantörer av färg- och rostskyddssystem att använda modernare och miljövänligare system och appliceringstekniker, eventuellt även system med lägre totalkostnad, utan att försämra kvaliteten på rostskyddet.

3 Projektinnehåll

Projektet är uppdelat i fyra delar. Den första delen avser att samla in erfarenheter från andra aktörer och myndigheter, kartlägga relevanta standarder och reda ut vilka rostskyddssystem som uppfyller Trafikverkets nuvarande tekniska krav. Den andra delen är en utredning om Trafikverkets kravställning och hur denna påverkar teknik, miljö, estetik och upphandling. Del tre handlar om att utarbeta förslag på nya funktionskrav, så att livslängden säkerställs och att produktvalsprincipen tillämpas. Den fjärde delen avser analys av miljöpåverkan med livscykelanalys och livscykelkostnader (LCA respektive LCC) enligt de föreslagna kraven i del tre. Den totala utredningen skall sammanfattas i två skriftliga rapporter som levereras till Trafikverket. Trafikverket har beviljat finansiella medel för projektets två första delar ovan. Denna rapport inkluderar resultaten från dessa delar.

3.1 State-of-the-art

Arbetet omfattar insamling av erfarenheter från omvärlden, dels genom litteraturstudier dels genom kontakter med andra aktörer och myndigheter men även med färgleverantörer, både i Sverige och i andra länder i Europa. I arbetet ingår att belysa väsentligheter från relevanta standarder som finns idag, såväl inom SIS och ISO som inom de mer branschspecifika standarderna SSG (Standard Solutions Group, processindustrin), MAV (Målningsanvisningar Vattenkraft), TBY(Tekniska Bestämmelser för Ytskydd, kärnkraft) m fl. Aktiviteten innefattar även att göra en kartläggning av vilka krav som ställs på rostskyddsmålning av andra aktörer i Sverige och i Europa och deras erfarenheter utifrån detta. Dessutom att sammanställa vilka alternativa rostskyddssystem som finns på marknaden idag som skulle kunna uppfylla Trafikverkets tekniska krav och vilka egenskaper de har utifrån miljöaspekter.

3.2 Utredning av nuvarande kravställning

Arbetet omfattar genomgång av de krav som anges i Trafikverkets styrande dokument och vilken effekt dessa har på teknik, miljö, estetik och upphandling. När det gäller de tekniska kraven avses att tydliggöra vilka effekter nuvarande krav har på bland annat livslängd, kontroller och underhåll. Beträffande miljöaspekterna är det framförallt att identifiera vilken effekt nuvarande krav har på tillämpning av produktvalsprincipen och i vilken omfattning man idag har spridning av kemikalier vid målning på plats. När det gäller de estetiska aspekterna så är det framförallt att bedöma vilken inverkan nuvarande krav har på val av kulör och kulöravvikelser i samband med olika typer av rostskyddsbehandling (målning).

3.3 Utarbetande av förslag på nya funktionskrav

I denna del ingår att utifrån resultaten från aktiviteterna som beskrivs i kapitel 3.1 och 3.2 utarbeta ett förslag på nya krav beträffande rostskydd av stålkonstruktioner. Kraven ska i första hand formuleras som funktionskrav. Formulering till förslag av nya funktionskrav ligger utanför ramen för denna rapport och kommer att behandlas i fortsättningen av detta projekt.

Följande frågeställningar kommer att beaktas i förslaget:

a) Teknik:

- Hur säkerställs livslängden på korrosionsskyddet?
- Vilka parametrar måste kravställas/specificeras i en upphandling?
- Vilka redan befintliga standarder/tekniska-specifikationer kan vi utgå från
- Krävs det kompletterande kontrollkrav jämfört med nuvarande regelverk?
- Hur säkerställs det att de aktuella rostskyddssystemen går att underhålla på ett rimligt sätt?
- Hur kan kraven utformas så att de även omfattar icke-traditionella rostskyddssystem? (keramiska beläggningar etc.)

b) Miljö:

- Hur säkerställer vi att produktvalsprincipen följs så att leverantörerna väljer det mest miljövänliga alternativet, utan att försämra korrosionsskyddet?
- Hur minimerar vi spridningen av kemikalier vid målning på plats?
    - Är t ex rollermålning av det sista färgskiktet ett tänkbart alternativ till sprutmålning, för att minska den diffusa spridningen av miljöfarliga ämnen
    - Är inklädning av bro ett rimligt alternativ även vid nykonstruktioner (inför slutmålning på plats).

c) Estetik/Miljö:

- Hur påverkas estetiken om samtliga färgskikt målas i verkstadsmiljö och endast målning av svetsskarvar/skruvförband samt bättringsmålning utförs på plats?

- Går det att säkerställa att kulöravvikelsen mellan täckskikt målade i olika miljöer är så liten att detta inte påverkar estetiken? Är vissa kulörer/färger mer lämpade för detta utförande än andra?
- Borde normalfallet vara att TRV kravställer att samtliga färgskikt, om möjligt, skall utföras i en målningsstation? Samt att endast broar med särskilda estetiska krav utförs med ett heltäckande sista täckfärgsskikt?

d) Upphandling:

- Hur ska våra nationella krav hanteras på ett rimligt sätt så att en utländsk entreprenör kan presentera en ”likvärdig kvalitetskontroll”, vid t.ex. krav på fältexponering eller andra liknande krav.

3.4 Analys av miljöpåverkan och kostnader

Förenklade analyser (LCA och LCC) beträffande miljöpåverkan och kostnader utförs på rostskyddssystem enligt nuvarande krav och något korrosionsskydd enligt de nya föreslagna kraven. I analyserna beaktas olika alternativa appliceringsmetoder, exempelvis sprutmålning, penselmålning och inklädning av bro, olika färg-/ytbehandlingssystem med olika underhållsintervaller/krav mm. Genomgång av LCA och LCC ligger utanför ramen för denna rapport och kommer att behandlas i fortsättningen av detta projekt.

3.5 Projektets avgränsning

Projektet avgränsas till att endast behandla målning av nyproducerade objekt i kolstål samt komplett ommålning av befintliga objekt i kolstål där byte av målningssystem är möjligt. Val av tillverkningsstål ingår inte.

4 Funktionskrav

Krav som berör rostskyddsmålning finns i lagar, förordningar, standarder och branschgemensamma bestämmelser. Ytterligare krav kan ställas i beställarens kvalitetssystem och av slutanvändare. Kraven har många olika syften, det kan vara säkerhetskrav, skydd för att förhindra skador på människor eller miljö, att undvika korrosionsskador och haverier, att minimera den långsiktiga samhälleliga kostnaden osv. Traditionellt sett har Trafikverket hanterat dessa krav genom detaljerade specifikationer som beskriver exakt hur korrosionsskyddet ska utformas. Vilka produkter som ska användas, hur de ska vara applicerade och vilken förbehandling som krävs. Dessa väl specificerade krav brukar kallas för utförandekrav.

Trafikverket har höga mål att öka effektiviteten, produktiviteten och innovationsgraden i anläggningsbranschen och arbetar intensivt med att utveckla strategier för att uppnå dessa mål. [1]. Exempel på strategiska satsningar är; upphandlingsformer som ska ge ökad konkurrens, entreprenadformer som ska ge verktyg för ansvarsfördelning, ersättningsformer som ska skapa effektiv drivkraft genom ekonomiska incitament, samt utökad samverkan mellan entreprenörer, beställare och konsulter. [2] Gemensamt för alla dessa satsningar är att det är Trafikverkets anlitade entreprenörer och konsulter som ska driva utvecklingen framåt. Detta stämmer väl överens med trafikverkets strategi att utveckla en renodlad beställarroll. Utförandekraven inom rostskyddsmålning riskerar därmed att stå i vägen för Trafikverkets övergripande strategier och visioner. En kravstrategi som ligger mer i linje med Trafikverkets strategier är att utforma krav i termer av funktion. Med renodlade funktionskrav specificerar man vilken funktion det färdiga korrosionsskyddet ska ha men specificerar inte hur funktionen uppnås. I en rapport för konkurrensverket [3] tar Charles Edquist, professor i innovationsforskning vid Lunds Universitet, upp funktionsupphandlingens potential:

Om tio procent av den reguljära offentliga upphandlingen kan omvandlas till upphandling som leder till innovationer, så innebär det att ungefär 70 miljarder kronor per år skulle användas till att befordra innovationsprocesser. I sammanhanget kan nämnas att den totala svenska offentliga forskningsbudgeten är ungefär 35 miljarder kronor per år...

Så mycket som möjligt av den reguljära upphandlingen bör bedrivas i former som är ”innovationsvänliga”. Det bästa sättet att göra reguljär upphandling innovationsvänlig är att genomföra den i form av funktionsupphandling. [3]

Syftet med funktionskrav är alltså att stimulera teknikutvecklingen genom att öka användandet av nya tekniker och produkter samt att ge entreprenörer större frihet att använda nya och smartare produktionsmetoder. Charles påpekar att strategin innebär vissa risker men att det är risker som bedöms som nödvändiga för att driva utvecklingen framåt.

Jag vill betona att relativt höga risker alltid är förbundna med innovationsprocesser och därmed med innovationsrelaterad upphandling. Riskaversion hos beslutsfattare och upphandlande myndigheter minskar benägenheten att göra innovationsrelaterade upphandlingar. En hög riskaversion kan därför leda till brist på förnyelse och utveckling. [3]

Mot denna bakgrund är det tydligt att syftet med funktionskrav inte är att lätta på dagens kvalitetskrav. Syftet ska istället ses som en politisk strategi för att gynna utvecklingen mot mer hållbar teknik och resursutnyttjande. Strategin bygger på övertygelsen om att det är färgutvecklare, målare och entreprenörer som har bäst kunskap och störst möjlighet att bedöma vilka produkter och produktionsprocesser som har potential att bli innovativa. Därmed anser man också att dessa aktörer har en ledande roll inför uppgiften att säkra ett fullgott korrosionsskydd, idag och i framtiden.

Eftersom funktionskrav på sikt är tänkt att innebära en ökning av kvaliteten, är det viktigt att poängtera att kravställningen inom rostskyddsmålning även fortsättningsvis bör innehålla krav på använda material, resultat, kontroll och dokumentation. Finns inte krav vid en beställning så kan heller inte en leverantör eller en målningsfirma hållas ansvarig för den slutliga produkten.

Trafikverkets övergripande strategier är väl förankrade inom regeringen och trafikutskottet som anser att Trafikverket bör överväga alternativa kontraktsformer för att driva utvecklingen och öka produktiviteten. Som exempel har regeringens produktivitetskommitté i sitt betänkande [4] föreslagit att Trafikverket ska öka antalet totalentreprenader till 50 % fram till år 2018. Betänkandet lyfter dock inte bara fram totalentreprenad och funktionskrav. Man påpekar också förhållanden då utförandeentreprenad kan vara att föredra:

Projekt med stora inslag av kvalitetsegenskaper som inte kan observeras lämpar sig bättre för utförandeentreprenad. Skälet är att beställaren då kan tvinga utföraren att använda ett förfarande som denne bestämt och att man på så sätt begränsar risken för obehagliga framtida överraskningar. Utförandeentreprenader tvingar fram en acceptabel kvalité genom att beställaren detaljreglerar hur uppdraget ska genomföras. [4]

Intervjudelen i denna studie visar att målningsbranschen såväl som Trafikverket är uppdelad i två läger, de som är för utförandekrav och de som är för funktionskrav. Grunden till denna uppdelning är dels driven av egenintresse hos de olika aktörerna men är också till viss del ideologisk och beror på olika uppfattningar om hur man mest effektivt driver den tekniska utvecklingen. Utförandekrav är ett verktyg för att nå hög leveranssäkerhet och långvarig beständighet genom att endast specificera målningssystem som man vet fungerar, ett något konservativt förhållningssätt. Funktionskrav är ett verktyg för att stimulera utveckling och säkerställa möjligheten att tillämpa nya typer av korrosionsskydd, som potentiellt kan utveckla den tekniska höjden i branschen. Det är med andra ord två olika verktyg för att nå två separata mål. I förlängningen syftar dock båda dessa mål mot samma gemensamma slutmål, att säkerställa bästa möjliga ytskydd till acceptabel kostnad. Man bör därför inte ta för givet att utförandekrav och funktionskrav är motsatser och inkompatibla.

4.1 Trafikverkets beställarroll

Inom Trafikverket finns en uttalad strategi att gå mot en mer renodlad beställarroll. En konsekvens av det är att ett större antal av Trafikverkets projekt har utförts som totalentreprenader där val av utformning och materialval till stor del har legat på utsedd huvudentreprenör. Totalentreprenad är en upphandlingsstrategi som man tror ska ge ökad

produktivitet, minskade kostnader, bidra till ett mer effektivt resursutnyttjande samt ökad innovationsgrad och konkurrens. [5] Ägandeskapet för utvecklingsarbetet inom såväl teknik som underhåll och miljöfrågor skjuts i totalentreprenader delvis över på de anlitade entreprenörerna.

Enligt Riksrevisionens utredning från 2012 [5] menar man dock att det är högst tveksamt om totalentreprenad verkligen ger den ökade produktivitet som man eftersöker. Inom ramen för Riksrevisionens utredning har man utfört produktionsmätningar vid olika entreprenadsformer för ett antal slumpvis valda väg och järnvägsprojekt. Indikationerna är att Totalentreprenader inte har gett ökad produktivitet.

En förutsättning för att Totalentreprenader ska kunna ge de tänkta fördelarna är dock att huvudentreprenören ges rimliga möjligheter att påverka design och utformning redan vid projektering och planering av nya vägar och brobyggen. Man bör även ges större möjligheter att välja vilka material och tillverkningsprocesser som ska användas. Trafikverkets utförandekrav inom rostskyddsmålning lever alltjämt kvar och utgör ett hinder för att de eventuella fördelarna med totalentreprenader ska kunna realiseras fullt ut. Utvecklingsarbetet inom korrosionsskydd och rostskyddsmålning riskerar därmed att falla mellan stolarna.

För att öka förutsättningarna för teknikutveckling vid totalentreprenader bör Trafikverkets nuvarande kravställning avseende rostskyddsmålning ses över. Funktionskrav och funktionsbaserad upphandling är verktyg som kan användas ihop med totalentreprenad i syfte att ge huvudentreprenören mandat att driva utvecklingen. Alternativet är att utvecklingsarbetet både inom teknik och inom miljö även i fortsättningen drivs av Trafikverket. Man kan konstatera att Trafikverket står inför ett paradigmskifte där man tydligt bör specificera en strategi och ägandeskap för hur det fortsatta utvecklingsarbetet ska bedrivas.

4.2 Trafikverkets tidigare erfarenheter av funktionskrav

Inom Trafikverket har man tillämpat olika typer av kravställning inom andra områden än rostskyddsmålning. Torbjörn Stenbeck har doktorerat inom området innovation-upphandling och hur Trafikverket kan öka sin effektivitet genom förändrade upphandlingsstrategier. I sin doktorsavhandling [6] tar han upp ett exempel där vägunderhåll och aktiviteter som snöröjning och dikesröjning blev konkurrensutsatta genom offentlig upphandling i början av 1990-talet. Kostnaderna för vägunderhållet beräknades ha minskat kraftigt som ett resultat av konkurrensutsättningen. Men enligt Trafikverkets mätningar av kundnöjdhet minskade kvaliteten på vägunderhållet. Vidare beskriver avhandlingen tre intressanta fall där man har kunnat jämföra resultatet mellan utförandeentreprenader och entreprenader med någon form av funktionsbaserad kravställning.

Fall 1

Det första fallet behandlar projektering och nybyggnad av en vägsträcka där kontraktet var en totalentreprenad med tillhörande underhållsperiod. Som underlag för anbud levererade beställaren en möjlig lösning för projektets utförande. Av de inkomna anbuden var det endast en entreprenör som frångick beställarens föreslagna utformning. Avvikandet innebar en förenkling där man rationaliserade bort behovet av kalkstenspelare som skulle motverka

sättningar i vägbanan. Resultatet av förenklingen var ett anbud som var 15 % billigare och resulterade i att vägsträckan byggdes utan kalkstenspelare. På grund av frånvaron av pelarna visade sig sedan vägsträckan inte klara av de uppställda funktionskraven gällande maximalt tillåtna sättningar i vägbanan. Fallet är ett exempel där priskonkurrens och funktionskrav medfört billigare tekniker som visat sig ge sämre kvalitet.

Fall 2

I det andra fallet jämförs en totalentreprenad och en utförandeentreprenad av två likvärdiga, dock olika stora trafikplatser. Här jämförs de olika entreprenadformerna och deras kostnadsutfall jämfört med budgeterad kostnad. Totalentreprenaden överskred budget med 50 % och utförandeentreprenaden överskred budget med 20 %. Man drar därför slutsatsen att totalentreprenaden (efter normering) blivit mellan 20-50 % dyrare än utförandeentreprenaden. Här bör också nämnas att en av fördelarna med totalentreprenad tros vara att de har bättre träffbild när man jämför budgeterad kostnad och verkligt utfall.

Fall 3

Ett tredje fall från avhandlingen behandlar en alternativ kontraktsform för underhåll av järnväg i banverkets regi. Underhållet upphandlades till fastpris med bonus. Bonusen skulle falla ut då vissa funktionella mål kunde upprätthållas eller förbättras. De funktionella målen var beskrivna som förseningsminuter och antal tekniska fel. Vid utvärdering av kontraktet kunde man konstatera att förseningsminuterna minskat med 10 % och att antalet tekniska fel minskat med 20 %. Denna strategi skulle kunna vara ett alternativt sätt att skapa kreativitet och incitament att förbättra kvalitet på den levererade varan eller tjänsten. Torbjörn nämner dock att denna typ av incitament kan medföra att kvaliteten och priset blir orimligt högt.

Sammanfattningsvis ställer sig avhandlingen något tveksam till funktionskravens bidrag till ökad produktivitet och effektivitet. Torbjörn påpekar också att införandet av funktionskrav förmodligen ökar behovet av kontroll och uppföljning av de levererade produkterna, detta på grund av att det annars finns *”naturliga ekonomiska incitament att spara på allt”*, vilket ökar risken att kvaliteten på de levererade lösningarna minskar.

Att applicera fallstudien och resultaten från avhandlingen på rostskyddsmålning inom Trafikverket är troligen relevant. Fallen belyser några av de problem som kan tänkas uppkomma vid övergång till funktionsbaserad kravställning av rostskyddsmålning. En stor skillnad mellan rostskyddsmålning och de beskrivna fallen är dock möjligheten till utvärdering av kvaliteten på den erhållna produkten. Det är i praktiken mycket svårt att i efterhand kontrollera kvaliteten av rostskyddsmålning med avseende på förväntad livslängd. För att förvissa sig om ett gott resultat finns istället en mängd variabler under appliceringsprocessen som är avgörande för det slutgiltiga resultatet och livslängden på det erhållna korrosionsskyddet. Exempel på dessa variabler är stålkonstruktionens utformning. Grad av förbehandling och ytråhet, ytans renhet med avseende på olja, rost, salter, partiklar, fukt, gammal färg mm. Dessutom är förhållandena vid applicering viktiga. Med ett riktigt produktval och hänsyn till alla dessa parametrar kan man förvänta sig ett korrosionsskydd som håller mycket länge, 25-30 år. [7] Om dessa parametrar inte beaktas är risken däremot stor att man får ett rostskydd med kort livslängd, 1-5 år.

5 Produkttillämpning inom infrastruktur

Tillämpning av nya produkter innebär alltid ett visst risktagande, en del av arbetet med att införa nya produkter handlar därför om riskhantering. Värt att poängtera är att den kunskap som inhämtas från utvärderingar i liten skala med låg risk, ofta har lika stort tillämpningsvärde och ger lika mycket information avseende produktens lämplighet som om den skulle utförts i ett större projekt. Vid provmålningar är det därför sunt att sätta riskerna i proportion till den forskningsmässiga nyttan. För att maximera nyttan med provapplicering är det viktigt att försök genomförs kontrollerat och på rätt sätt. I målningsanvisning för vattenkraften trycker man på vikten av detta:

För att kunna dra slutsatser av provmålningar på befintliga anläggningar är det viktigt att de sker på planerat och genomtänkt sätt. Korrosionsskydd med målning ska betraktas som en kedja där varje länk består av delmoment. Underarbete och färgkvalitet har störst betydelse. Ska man jämföra livslängden av fler system är det därför viktigt att målningsentreprenaden utförs på rätt och samma sätt för alla ingående färgsystem. [7]

Shift to Rail är ett stort pågående europaprojekt där underhåll av järnvägsnätet är föremål för utvärdering och effektivisering. Ett mål i projektet är att öka möjligheten att utföra snabba punktinsatser på järnvägsbroar och därmed minska avställningstider för underhållsarbete. Mot bakgrund av dessa utmaningar har Trafikverket påbörjat en utvärdering av ett alternativt korrosionsskydd på en järnvägsbro i Varberg. [8] Korrosionsskyddet beskrivs mer i detalj under kapitel 14.6. I projektet har beställare och projektledare inom Trafikverket gått utanför gällande kravställning för att utvärdera en för Trafikverket ny produkt. Provappliceringen har skett i fält på samma sätt som vid traditionellt brounderhåll, med skillnaden att produkten endast kräver en applikation och är mindre känslig för ytrost. [9] Bron är förhållandevis liten, ca 10 m, och har begränsade krav på livslängd, 15 år. Denna typ av utvärderingsprojekt ger erfarenheter av nya produkter med begränsat risktagande.

I Finland har man valt att göra utvärderingar och provappliceringar av nya färgsystem i stor skala på broar. Drivkraften för denna utprovning var att hitta nya system som var förenliga med EU:s direktiv om VOC. Men även att försöka sålla fram system som är ekonomiskt mer fördelaktiga. [10] De provmålade systemen var innovativa i den meningen att färre färgskikt skulle ge lika bra skydd som det traditionella brosystem med 5 skikt, som vägmyndigheten i Finland normalt specificerar. För att utvärdera färgernas hållbarhet utförde man typprovning i två år med modifierad fältprovning (Scab-test ISO 11997-2). Inom projektet har man även tagit fram och utvärderat en modifierad metod för accelererad korrosionsprovning. Utprovade alternativa system var bland annat:

- zinkrik epoxi/epoxi mastic/polysiloxan, 240µm
- epoxi med zinkfosfat/epoxi/polysiloxan, 350µm

Resultat från utvärderingen [10] visar att det finns lågemitterande 3-skikts system (VOC < 150 g/m^2) som ger lika bra livslängd som det traditionella 5-skiktsssystemet som används i Finland. På grund av färre skikt i systemuppbyggnaden räknar man med att kostnadsbesparingar på upp till 27 % blir möjliga.

Efter typprovning bestämdes att godkända system fick användas fritt i verksamheten under en utvärderingsperiod på 5 år. Detta är ett exempel där kostnaden riskerar att inte stå i proportion till nyttan. Sannolikt är det mer effektivt ur ekonomisk synpunkt att begränsa antalet fullskaliga testprojekt och istället genomföra mer forskningsinriktade utvecklingsinsatser med god kontroll och uppföljning.

I ett annat projekt har den Finska vägmyndigheten provmålat fyra broar med vattenburna färger. Inom ramen för detta projekt ska korrosionsskyddet utvärderas efter 10 år i fält. Än så länge har man inspekterat två av de fyra broarna. En av broarna hade klarat sig mycket bra, men den andra hade klarat sig relativt dåligt. [11] De resterande två broarna ska inspekteras under våren 2016.

U.S. Federal Highway administration har också drivit ett liknande utvärderingsprojekt fast i mer begränsad omfattning. [12] Projektet syftade till att öka kunskapen om nya målningssystem som beskrivs som innovativa samt att belysa beständighet och kostnadsbesparingar för dessa alternativ relativt ett referenssystem. Inom ramen för projektet utvärderades två olika tvåskiktsystem och jämfördes med det standardsystem som normalt specificeras av U.S. Federal Highway Administration. En och samma bro målades med de två alternativa systemen och ett referenssystem. Utförandet kontrollerades noggrant under hela entreprenaden. Förbehandlingen och appliceringen besiktades noggrant och hållbarheten för de tre olika färgsystemen besiktades och utvärderades med avseende på nedbrytning av färgskiktet och rostgrad efter 4,5 år. Resultaten från provmålningen sammanfattas nedan:

Referens:	Zinkrik organisk grundfärg, epoxi med polyamid härdare som mellanskikt och en alifatisk polyuretan som täckfärg.
Alternativ1:	Två skikt polyakrylatbaserad elastomer.
Alternativ 2:	Zinkrik fukthärdande polyuretan som grundfärg, polyasparginsyrabaserad polyuretan som täckfärg

Av de utvärderade systemen var standardsystemet det i särklass bästa. Alternativ 1, polyakrylatbaserad elastomer i två lager, gav nedbrytning av färgskiktet genom blåsbildning, korrosion och avflagning på 20 % av ytorna. Alternativ 2, zinkrik fukthärdande polyuretan och polyasparginsyrabaserad polyuretan som täckfärg, gav rost, avflagning och dålig vidhäftning mellan primer och täckfärg på ca 10 % av ytorna. Värt att notera är att alternativ 2 påminner mycket om det system som används inom ”Rapid Recoat”, ett alternativt färgsystem som behandlas närmare i kapitel 14.5.

I ett projekt för beläggning av slitbanor på bilfärjor har Skanska tillämpat en alternativ produkt som jämfört med traditionella metoder väntas ha väsentligt mycket längre livslängd och förenklat underhåll. I planeringsfasen av projektet genomförde Skanska typprovningar av produkten för att säkerställa att den var lämpad för ändamålet. Det var nu 2 år sedan produkten togs i bruk och än så länge har ytskyddet fungerat utmärkt, enligt Skanska. När man sedan föreslog att tillämpa samma produkt i ett projekt mot Trafikverket blev produkten bortsållad eftersom den inte var i linje med Trafikverkets kravställning. Istället användes de traditionella metoderna vilket resulterade i ökade kostnader för oplanerat underhåll. [13] [14]

Bygget av Sundsvallsbron är ett exempel på en totalentreprenad som lett till användandet av alternativa produkter och nya designlösningar. Utformningen av bron skedde med ny design och metodik för grundläggningen. Ommålning av stålkonstruktionen på bron kommer att utföras under sommaren 2016 med för Trafikverket alternativa produkter. Zinkhalten i grundfärgen är endast 80 % vilket är mindre än Trafikverkets normala krav, men i enlighet med ISO 12944. Exemplet visar på att det inom Trafikverket finns möjlighet att gå utanför gällande kravställning. För att använda sig av produkter som inte specificeras i kravställningen kan projektledare ansöka om dispens internt inom Trafikverket. [15]

Krav mot bakgrund av arbetsmiljön ledde till att polyuretanfärger och färger innehållande isocyanater förbjöds inom den norska offshoreindustrin. Ett önskemål från industrin var också att ta fram färgsystem som gick fortare att applicera. Resultatet var ett tvåskikts polysiloxanbaserat system. Dessa system togs i bruk relativt fort och färgen applicerades i tjocka lager. Produkten blev snabbt väldigt populär och användes flitigt. Efterhand uppdagades dock problem med produkten som gjorde att den försvann från marknaden. Problemen med produkten kom som en överraskning för industrin, eftersom produkterna hade klarat alla testkrav inom NORSOK M-501 innan de började användas. En kommitté bestående av oljebolag färgtillverkare och kontrollanter inom NORSOK bildade en arbetsgrupp för att gå till botten med problemen och fastställa vad som gjort att produkten blivit misslyckad.

Bidragande orsaker till den misslyckade marknadsintroduktionen av polysiloxanbaserade färger var att man inte anpassade sig till produktens begränsningar vid appliceringen; färgen applicerades i alltför tjocka lager. Färgproducenterna var inte tillräckligt tydliga med produktens begränsningar, man specificerade inte tillräckliga marginaler i appliceringsanvisningarna. [16]

Problem med färgen har varit dålig kompatibilitet med underliggande zinkrika färger, där bildandet av zinksalter har påverkat kohesionen mellan zinkrik grundfärg och den polysiloxanbaserade täckfärgen. Fukt som trängde in i färgen över tid fortsatte att reagera i substitutionsreaktion med kvarvarande monomerer (metoxysiloxan) därigenom fortsatte produkten att härda ytterligare vilket ledde till för hårda färgskikt. En annan orsak till problemen kan vara att den aminbaserade härdaren från underliggande epoxigrundfärg frigjordes genom så kallad aminsvettning. Aminer kan fungera på liknande sätt som vattnet och kan bidra till försprödning av färgskiktet. I utredningen uppskattas att kostnaderna för reklamationer och reparationer mellan 2000 och 2006 kostade minst 100 miljoner NOK. Denna siffra väntades stiga även efter 2006, på grund av större behov av underhåll och totalreparationer av dessa system.

Sammanfattningsvis kan man mot bakgrunden av föregående exempel konstatera att produkttillämpning av nya produkter och förändrade krav bör ske med viss försiktighet. En strategi att driva produkttillämpningen framåt skulle kunna vara att ett antal utvalda entreprenader delfinansieras med forskningsmedel och utförs med funktionsupphandling. Syftet skulle då kunna vara att utvärdera ny teknik inom ramen för offentlig upphandling. Men även att utvärdera konceptet funktionsupphandling i sig. På så sätt skulle nya upphandlingsstrategier och nya produkter kunna appliceras på objekt med begränsad risk för ekonomiska konsekvenser. Denna strategi skulle kunna följa idéer och några av de

implementeringsstrategier som belysts i projektet Förnyelse i Anläggningsbranschen (FIA). [2]

5.1 Strategi för kvalitet och teknisk utveckling

Konceptet funktionsupphandling har funnits relativt länge. I forskningsrapporten ”Elforsk rapport 94:2b” från 1994 behandlas konceptet och dess lämplighet inom rostskyddsmålning. I rapporten drar man bland annat följande slutsatser:

Det är mycket angeläget att intensifiera ett aktivt, centralt arbete med korrosionsskyddsfrågor för att möta nuvarande och framtida krav på ett optimerat val av korrosionsskydd. För att minska framtida underhållskostnader vad det gäller korrosion krävs en ingående kunskap avseende gamla likaväl som nya färgsystems funktion. Detta kräver ett kontinuerligt långsiktigt arbete vad det gäller uppföljning av äldre färgsystem likaväl som utprovning av nya. [17]

Rapporten slår även fast att den färg (på marknaden 1994) som effektivt skyddar mot korrosion också ger miljöpåverkan. Samt att korrosionsskydd genom målning är beroende av noggrann förbehandling och kontroll vid appliceringen vilket medför stora kostnader. I slutändan leder det till att kostnad, miljö och kvalitet inte går att förena. Det handlar istället om att kompromissa mellan dessa tre. Denna kompromiss är inte helt självklar och det kan därför vara fördelaktigt med en samordning och en gemensam tydlig kravställning. En samlad resurs kan kostnadseffektivt bevaka och aktivt påverka utveckling av nya produkter, ny lagstiftning och nya standarder.

Ett aktivt centralt arbete med att utforma en gemensam kravställning kan vara aktuellt både med utförandekrav och med funktionskrav. Enligt intervjudelen i detta projekt kan funktionskrav förväntas ge en mer komplex utvärdering av anbud, särskilt om mjukare parametrar som miljö och innovationshöjd ska utgöra en grund för anbudsutvärderingen. Ett centralt arbete med utvärdering av anbud kan därför komma att bli ännu viktigare om man inför funktionskrav. En expertkommitté skulle kunna utgöra ett viktigt stöd för utvärdering av anbud med funktionskrav.

Nackdelen med samordning är att mycket kunskap kan samlas hos en person vilket innebär att projektet blir sårbart. Risken finns också att det blir för stort avstånd mellan den centrala resursen och de inköpare och projektledare den är till for att hjälpa. [17]

En artikel i tidsskriften Journal of Protective Coatings and Linings [18] beskriver en strategi för att lyckas med ”klientdrivna” målningsentreprenader inom vattenreningsverk i USA. Vattenreningsverk i USA är ofta privatägda och drivs av personer som inte har ytskydd som spetskompetens. I artikeln menar man därför att en klientdriven specifikation kan vara ett sätt att uppnå det mest optimala ytskyddet. Mot den bakgrunden finns likheter mellan funktionsupphandling inom Trafikverket och upphandling av ytskydd för vattenreningsverk i USA. Man föreslår i artikeln att ett bra sätt att nå framgångsrika målningsentreprenader som svarar mot den förväntade livslängden är ” en triangel av tillit”. Denna triangel utgörs av beställare-färgtillverkare-entreprenör. Författarna trycker på vikten av en gemensamt planerad entreprenad och anser att en målningsexpert bör anlitas som medlare för att underlätta

kommunikationen mellan de inblandade aktörerna. Nedan redogörs för olika viktiga aspekter som enligt artikeln bör belysas i upphandlingen och utförandet av klientdrivna målningsentreprenader.

Beställare

Många ingenjörer som designar korrosionsskydd och beställer målningsarbete för avloppsreningsverk i USA har inte den kunskap och erfarenhet som krävs för att bäst kunna välja vilken produkt som bör användas. Det kan vara speciellt svårt att avgöra vad som är mest ekonomiskt ur ett längre perspektiv där man tar hänsyn till reparationskostnader, ofta fattas beslut som är ekonomiskt kortsiktiga. Beställarna har ofta en viss insikt i den generella kravställningen men har svårt att skriva kvalificerade kravspecifikationer för applikationer med särskilda krav. Slutligen har många beställare svårt att kontrollera och bedöma att appliceringen är korrekt utförd.

Färgtillverkaren

Färgtillverkaren bör hjälpa beställaren att identifiera rätt färgval i planeringsfasen av projektet. Det är viktigt att färgtillverkaren hjälper till med att utvärdera livscykelkostnader och reparationer som kan vara olika för olika typer av produkter. Färgleverantören bör också vara med vid uppföljning av arbetet så att det utförs på rätt sätt. En kontrollåtgärd som säkerställer att produkten ges optimala förutsättningar att motsvara beställarens förväntade livslängd. Vid introduktion av nya produkter är det därför viktigt att färgleverantören informerar entreprenören om den aktuella produkttypen. Med information kring kritiska moment vid applicering, förbehandlingskrav mm kan kostsamma misstag undvikas.

Entreprenören

Ofta är ytskyddsentreprenören anlitad av huvudentreprenören för ett större projekt, vari målning ingår. Vanligtvis är målning inte heller huvudentreprenörens kärnverksamhet och målningsentreprenaden läggs därför ofta ut för budgivning. Vid sådana tillfällen är det lätt att lägsta priset avgör vilken entreprenör som blir anlitad. Därför är det enligt artikeln oerhört viktigt att kräva en lägsta accepterad nivå på de målningsentreprenörer som ska utföra målningsarbetet. Kravställning om behörighet hos målare bör finnas med i det generella kontraktet med huvudentreprenören. Det är med andra ord viktigt att huvudentreprenören ser till att alla målare är väl utbildade och har relevant erfarenhet av liknande målningsentreprenader. Dessutom är det essentiellt att alla målare är väl införstådda med den dokumentation som beskriver hur färgen ska appliceras. Entreprenören måste hela tiden ha tillsyn av en kontrollant med tillräcklig kunskap.

Slutligen, för att resultatet ska bli bra krävs det att kompetenta representanter från färgleverantörerna, beställarorganisationen och entreprenörerna träffas och tillsammans planerar målningsentreprenaden med särskild hänsyn till objektspecifika problem och speciella behov. Det är med andra ord viktigt med en öppen dialog mellan färgleverantör, entreprenör och beställare. Denna dialog har också återkommit under intervjudelen av detta projekt som en metod för att nå framgång. Ytskyddsakademien är en svensk aktör som verkar för att utgöra en mer allmän plattform för denna dialog. Tanken med Ytskyddsakademien är att skapa ett forum där entreprenörer, beställare och färgleverantörer kan träffas och diskutera fördelar och nackdelar med olika produkter och metoder i en dialog som inte är direkt knuten till ett aktuellt kontrakt.

I viss utsträckning kan man även hävda att en styrka med funktionskrav är att lyfta fram och betona denna dialog. Ett gemensamt ägande av problemställningen föder engagemang och initiativ för utveckling. Det är dock viktigt att poängtera att möjligheten att tillämpa nya metoder och produkter som kommer fram under en objektspecifik dialog är en förutsättning för att skapa detta engagemang och nya kreativa utformningar.

6 Typprovning av nya produkter

Utprovning av nya system med hjälp av accelererad korrosionsprovning är ett ämne för livlig debatt inom målningsbranschen. Problematiseringen grundar sig i det faktum att dagens rostskyddssystem fungerar väldigt bra. Generellt tar det mer än fyra år av fältexponering i C4/C5 miljö för att man ska kunna mäta signifikanta skillnader mellan de bäst presterande färgformuleringarna. Av den orsaken är man tvungen att förlita sig på accelererade korrosionsprovningar vid utveckling av nya produkter. Till hjälp för detta ändamål finns en uppsjö olika accelererade provningar att välja på. Problemet med de accelererade korrosionsprovningarna är att de ofta har dålig korrelation med fältexponeringar. Det medför viss risk för suboptimering vid utveckling av nya färger och val av produkt för specifika objekt. Patrik Reuterswärd, f.d. färgutvecklare och forskare på Swerea KIMAB har uttryckt problemet på följande sätt:

Genom specifik provning kan man jämföra och kontrollera målning. Denna typ av provning är ofta formell i sin natur, dvs. provningen omfattar inte alla krav och egenskaper som är nödvändiga. Därför är resultatet bara en vägledning och sällan tillräckliga för att garantera god funktion under lång tid. Generellt gäller att ju längre hållbarhet som eftersträvas, desto svårare blir det att genom formell provning påvisa detta. På samma sätt gäller att ju längre tid provningen tar och ju lägre acceleration desto bättre blir korrelation med verkligheten. Provprepareringen för provning är viktig och bör ske på verkligt substrat så att man eftersträvar den verkliga appliceringen. I provningsmetoder föreskrivs ofta enbart släta ytor där färgskikten applicerats under laboratorieförhållanden och med perfekt skikttjocklek. [19]

Enligt Trafikverkets kravställning gäller följande: Endast rostskyddssystem som är typprovade vid ackrediterat provningslaboratorium och dokumenterade av respektive färgtillverkare eller leverantör får användas. Dokumentationen ska finnas tillgänglig i ett provningsintyg. Utprovning för godkännande av nya system ska ske i enlighet med bulletiner från Korrosions Institutet, KI Rapport 1993:8, och 1999:2. Utprovningen innebär exponering i fält på Bohus-Malmön i fyra år, alternativt på likvärdig plats. Temporär kvalificering av nya produkter kan godkännas genom Scab-test. Denna provningsmetod är en modifierad fältprovning där korrosiviteten ökas med hjälp av intermittent besprutning av proverna med saltlösning.

6.1 Accelererade provningar

I en studie för att jämföra två populära accelererade korrosionsprovningar har Patrik Reuterswärd Swerea KIMAB utfört en korrelationsstudie som publicerats i Journal of Protective Coatings and Linings. [20] I studien exponerades en serie system med olika förväntad livslängd i accelererade tester enligt ISO 16701 och ISO 20340. Den förstnämnda är utvecklad för att göra minimal skillnad på målningssystem som är applicerade på stål och

på varmförzinkade provplåtar. Den andra provningsmetoden är den som tillämpas i standarden för den norska offshoreindustrin, NORSOK 501. Provplåtar exponerades på Bohus-Malmön i ca 9 år.

Slutsatsen från studien var att det är mycket svårt att dra slutsatser om färgsystemens verkliga livslängd (på Bohus-Malmön) utifrån accelererade korrosionsprovningar i klimatskåp. Vidare var en slutsats att den bästa korrelationen mot nio års exponering var två års exponering i samma miljö. I artikeln drar man slutsatsen att inget av de accelererade provningarna är lämpliga för att ranka system som ska sitta i marin miljö motsvarande den på Bohus-Malmön. Det system som klarade sig bäst var ett system med zinksilikat som grund och polysiloxan som täckfärg. I studien ingick både system med zinkrika grundfärger samt färger belagda som så kallade duplex system, d v s varmförzinkade provplåtar som belagts med färgsystem. Korrelationen mellan systemrankingen i de olika accelererade testerna och den verkliga exponeringen var 0,73 för ISO 16701 samt 0,71 för ISO 20340 (ju närmre 1 desto bättre). Rankingen för två års exponering på Bohus-Malmön gav en korrelationsfaktor på 0,86, d v s betydligt bättre korrelation än för de accelererade testerna.

6.1.1 ISO 9227 och ASTM B117 - saltspraytest

Dessa provningsmetoder har länge pekats ut som ett accelererat test som ofta ger dålig korrelation till exponering i fält. Särskilt dåliga resultat är vanliga för färgsystem uppbyggda med zinkfosfatgrund eller med metalliskt zink i grundfärgen. Även system med varmförzinkad grund, duplexsystem, ger dåligt korrosionsskydd. Detta trots att varmförzinkning och zinkinnehållande färger ofta är överlägsna i fälttester. Testet simulerar sällan miljön i det tänkta applikationen särskilt väl, trots det används resultat från saltspraytestet ofta som metod för att inbördes ranka en serie färgsystem. [21] ISO 9227 är den standard som rekommenderas i ISO 12944-6 för utprovning av nya system. Eftersom Trafikverkets målningssystem bör innehålla pigment som ger katodisk skyddsverkan är denna metod inte lämpad att användas för typprovning av alternativa system för Trafikverket.

6.1.2 ASTM D5894

Denna test bygger på temperaturcykling med saltdimma, (NH_4SO_4, 0,35 % + NaCl 0,05 %), vid 23 ^{o}C och torkning vid 35 ^{o}C. Begränsningar i denna metod är att den precis som saltspraytestet kan ge för snabb korrosion av zinkhaltiga färger. Denna metod bör därför inte användas för att jämföra zinkrika färger med icke zinkrika färger. Anledningen till detta sägs vara att hög vätning ihop med sulfater bildas lösliga zinksulfater och hydroxider. Samtidigt uteblir bildning av olösliga zinkoxider och zinkkarbonater. [22] Denna metod är därför inte heller lämplig för typprovning av alternativa system för Trafikverket.

6.1.3 ISO 20340 NORSOK-501

Detta test är utvecklat i Norge och riktat specifikt mot utvärdering av färger för offshoreindustrin, framförallt i Nordsjön. NORSOK liknar ASTM D 5894 med skillnad att här ingår även bestrålning med UV ljus, nedfrysning till -20◦C samt mycket längre perioder av saltspray och av torka. Denna accelererade provning kan förväntas ge bättre korrelation till den exponering som färgsystem på svenska broar förväntas klara. Denna metod är därför bättre lämpad för Trafikverkets typprovning jämfört med saltspraytestet.

6.1.4 Provutformning

Förutom den accelererade provningsmetodens tillämpbarhet har också tillverkningen av provplåtarna stor betydelse för det slutgiltiga resultatet. I NORSOK har man infört ett så kallat Coating Procedure Test (CPT). Det är ett test där entreprenören får i uppdrag att provmåla en del av det aktuella objektet eller en provplåt som är minst 1x1 meter. Provmålningen ska ske under uppsyn av beställare eller av beställaren utsedd kontrollant. Arbetet ska innefatta förbehandling och applicering av ett komplett målningssystem. Provplåten ska vara försedd med minst en rör-ände, två rör, en vinkel och en fyrkantsstav. För ett godkänt CPT krävs att färgsystemet på provplåten uppfyller vissa minimikrav som anges i standarden. Efter godkännande används provplåten som referensyta vid utvärdering av det slutliga målningsarbetet på den aktuella konstruktionen.

National Aeronautics and Space Administration, (NASA) har i en utvärdering [23] använt sig av tre olika typer av provpaneler för att ge mer information om hur produkterna klarar sig på verkliga objekt. Provplåtarna är utformade med svetsar, vinklar och ofördelaktig design för att bättre simulera korrosionsskyddet i områden där appliceringen är svår, se **bild 1** nedan. Denna strategi kan vara av intresse för att öka informationen från fältprovning.

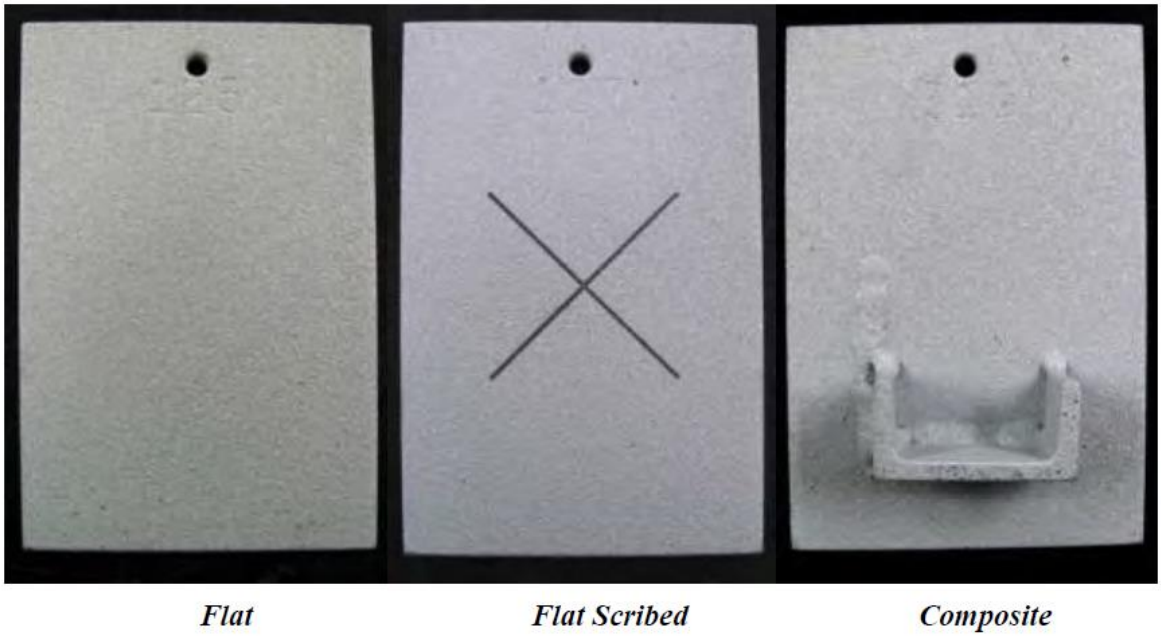

Bild 1. *Olika utformning av provplåtar för korrosionsprovning av rostskyddsbeläggningar. Dessa utformningar används av NASA.*

7 Upphandling av rostskyddsmålning

Den tekniska specifikationen vid upphandling och beställning av rostskyddsmålning anpassas till aktuell tillämpning och skrivs av beställaren. Ibland anlitar beställaren en konsult för de tekniska delarna av dokumentationen. Vid beställning bör man ange krav och referenser till lagar förordningar och standarder. Viktigt är att ge tillräcklig teknisk information och att ange förväntad livslängd både på objektet och på korrosionsskyddet samt att ange vilken miljö som är aktuell. Miljön beskrivs och anges numera i korrosivitetsklasser (SS-EN ISO 12944-2).

Vid sidan av de tekniska kraven kan estetiska krav vara nödvändiga, exempelvis kulör och glanskrav, avvisning av smuts och ringa påväxt. Beroende på applikation kan speciella funktionskrav på den målade ytan krävas, t ex hög eller låg friktion, mekanisk styrka för slag och nötning, tvättbarhet, resistens mot UV-strålning, elektrisk ledningsförmåga, antistatiska egenskaper mm.

Beställare bör alltid ha en egen aktiv kontroll under arbetet och vid leverans av rostskyddsmålning. Beställningen bör även inkludera hur denna kontroll ska ske och om vissa kritiska moment ska inspekteras gemensamt med beställare och utförare. [19]

7.1 Trafikverkets upphandling av rostskyddsmålning

Vid totalentreprenader som har blivit alltmer vanliga inom Trafikverket anlitas ofta en huvudentreprenör som i sin tur anlitar en målningsentreprenör. Ibland har även dessa egna underleverantörer för de olika delprocesserna; ställningsbyggnad, förbehandling, kontroll och applicering. Specifika behörighetskrav på entreprenörer eller underleverantörer finns inte inom Trafikverkets kravställning. I AMA Anläggning står endast att entreprenörer ska ha erforderlig kunskap.

Trafikverkets målningssystem för broar har utformats för att ge maximal beständighet och livslängd, det brosystem som specificeras kan anses vara ett av de absolut bästa på marknaden [24]. Vidare är utförandekraven ett resultat av mångårig utveckling och selektion baserad på egna erfarenheter. Att specificera en produkttyp och förbehandling man vet fungerar ger en viss försäkran om förväntad kvalitetsnivå.

Utförandekraven inom rostskyddsmålning kan ha varit en faktor som skapat goda förutsättningar för konkurrensutsättning av Trafikverkets verksamhet i mitten på 90-talet och tillämpningen av lagen om offentlig upphandling (LOU), som trädde i kraft 2008. Genom att utförandekraven garanterar användning av välbeprövade målningssystem kan kostsamma missöden ha undgåtts. Totalentreprenader i kombination med en övergång till funktionskrav skulle medföra att val av ytskydd hamnar utanför Trafikverkets direkta inflytande. Trafikverket riskerar då vara helt utlämnat till konkurrenskrafter och entreprenörens incitament att klara garantiåtaganden och skapa goodwill. För att funktionskrav ska fungera krävs tydliga krav och en anpassning av dagens kravställning.

Funktionsupphandling i kombination med LOU kan öka risken för användning av billiga målningssystem och förbehandlingsmetoder som i slutändan ger sämre kvalitet. Fenomenet då

ekonomiska incitament får alltför stor betydelse har ibland kallats för ”race to the bottom”. Med detta uttryck menas att man på grund av prispress tvingas tumma på kvaliteten för att kunna vara med och konkurrera på marknaden. Den stora frågan vid övergång till funktionskrav är hur man kan säkerställa kvaliteten och förhindra fenomenet ”race to the bottom”. Till skillnad från privata bolag kan inte Trafikverket välja ut en generalleverantör av färg som man sedan samarbetar med för att ta fram de bästa lösningarna. Enligt LOU måste man välja den billigaste likvärdiga produkten. Detta innebär att priset riskerar att få större betydelse än kvaliteten. Men även att minska incitamenten för entreprenörer och färgleverantörer att överprestera för att bygga långvariga samarbeten och skapa goodwill. EU publicerade 2014 ett nytt direktiv som kallas för innovationspartnerskap och som ska vara implementerat i svensk lagstiftning i april 2016. Direktivet är tänkt att öka möjligheterna till innovationsproduktiva samarbeten inom ramen för LOU. [25]

Tillämpningen av miljölagar och produktvalsprincipen ligger redan med dagens kravställning delvis på anlitad entreprenör. Likaså kontrollansvaret för att miljölagen följs, d v s att:

- inga förbjudna ämnen ingår i de använda produkterna
- farligt avfall hanteras på rätt sätt
- risker vid utförande av arbeten minimeras osv

När det gäller miljöarbete och tillämpande av nya processer och miljöriktiga produkter är det ofta inte tillräckligt med att enbart ställa krav. Eftersom miljöarbete ofta är eller uppfattas som en kostnad måste man ofta införa ekonomiska incitament för att driva utvecklingen framåt. Det kan vara påtryckningar från konsumenter, viten, skattelättnader, mm. I praktiken innebär det att man bör kravsätta användandet av miljöriktig teknik redan vid upphandling. Men även att vara beredd att tillsätta extra resurser och kontroller för att säkerställa utvecklingen.

För att funktionsupphandling ska ge utökad användning av mer miljöriktig teknik bör man undersöka om miljöfrågor ska viktas ekonomiskt vid utvärdering av anbud i ett upphandlingsförfarande. Intervjudelen i detta projekt pekar på att man med funktionskrav kan förvänta sig att utvärderingen av anbud kommer att få större betydelse. Om man inför krav om miljöhänsyn kan man också förvänta sig att utvärderingen av anbud också blir mer komplex än vad den är idag.

8 Garantitid

Auktorisationsnämnden för rostskyddsmålning har arbetat fram en normgaranti [26]. Den är 2 år men kan förlängas till 5 år. Det finns särskilda regler runt utförandet för att den ska vara giltig. Garantin gäller till exempel bara för släta fria ytor som entreprenören har haft full kontroll på. Normgarantin gäller bara om inget annat har sagts, dvs om man inte förhandlat eller specificerat en längre garantitid under upphandlingen får man endast 2 år, vilket får anses vara en låg garantinivå för en produkt som förväntas hålla i 25 år.

Inom Trafikverket brukar man förhandla en förlängd garantitid om 5 år. Det finns dock exempel inom Trafikverket där man har fått längre garantitider. Svinesundsbron är ett exempel där garantitiden för rostskyddsmålningen förlängdes från det normala 5 år till 10 år. Bakgrunden till denna förlängning var att man vid kontroll av målningsentreprenaden noterat att förbehandlingen inte var utförd enligt specificerade standarder. Rengjort stål hade inte erforderlig renhet. Konflikten löstes genom att garantitiden förlängdes. Garantibesiktning efter 10 år var aktuellt under våren 2015. Rostskyddet uppfyllde då inte garantin och ärendet är öppet för förhandling/reglering. [27]

En fråga som är intressant i samband med funktionsupphandling är om det är effektivt att förlänga garantitiden i syfte att dela upp risktagandet mellan de inblandade parterna. Under intervjudelen har det framkommit att inte någon av de tillfrågade tror på denna strategi. Detta gäller även representanter från Trafikverket. Inom Trafikverket anser man att förlängd garantitid inte ger ökad kvalitet på det erhållna ytskyddet. En förlängd garantitid tenderar istället att bara öka priset genom att entreprenören tar ut överpris, för att försäkra sig mot det ökade betalningsansvaret som en längre garantitid innebär. [28] Garantier gäller heller inte i händelse av att utförande aktiebolag har gått i konkurs.

Normgarantin med en garantitid på 5 år fyller dock ett viktigt syfte, att skydda mot extrakostnader för målningsarbeten som har felat katastrofalt. Det kan handla om otillräcklig förbehandling, dålig utformning av stålkonstruktionen, dålig applicering eller att fel färg har använts. Skador uppkomna på grund av dessa misstag brukar visa sig relativt fort. Den enade uppfattningen som framkom under intervjudelen var att 5 års garantitid bör räcka för att upptäcka denna typ av fel. [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35]

9 Gällande kravställning

9.1 Lagar och förordningar

Ett flertal lagar och förordningar berör hur rostskyddsmålning utförs. Ett urval av dessa som kan vara aktuella är; Miljöbalken, Arbetsmiljölagen, Avfallsförordningen, Förordning om kemiska produkter och biotekniska organismer, Förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, Förordning om verksamhetsutövarens egenkontroll, Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggnader, Naturvårdverkets allmänna råd om egenkontroll, arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om bly m.fl. För Trafikverkets räkning har även lagen om offentlig upphandling stor inverkan vid val av strategi för kravställning av rostskyddsmålning.

Icke dispositiva lagar gäller alltid. Dispositiva lagar gäller om man inte genom avtal överenskommer om annat. I lagarna finns krav att man känner till och att man skaffar sig kunskap. I många fall finns även krav på att man kan visa att man följer lagarna. Fastighetsägare och ägare av infrastruktur ansvarar för att Plan och Bygglagen SFS 1987:10 (PBL) uppfylls, Byggnadsvårdslagen (BVL) och Boverkets konstruktionsregler (EKS) anger endast mycket generella regler angående ansvar, säkerhet och beständighet. Myndigheter och fastighetsägare m.fl. är skyldiga att försäkra sig om att resultatet av rostskyddsmålningen uppfyller alla lagkrav. För transporter på väg, tåg, fartyg och flygplan finns säkerhetsregler och klassnings regler. I vissa fall är brandegenskaperna av betydelse. Hantering, transport och klassning av avfall är särskilt reglerat. Med andra ord är det viktigt att man vid upphandling

försäkrar sig om att man uppfyller alla dessa lagar och förordningar. Det gäller att i beställning eller offert åberopa standarder, andra dokument eller speciella krav.

9.2 Standarder och funktionskrav

Genom design och utformning av stålstrukturen ges nödvändiga förutsättningar för minimalt underhåll och ett korrosionsskydd med lång livslängd. För att erhålla ett långsiktigt korrosionsskydd är det därför viktigt att man redan på planerings och konstruktionsstadiet har korrosionsskyddet i åtanke. [36]Det är även fördelaktigt om inblandade parter som arkitekter och konstruktörer har kunskap om korrosion och rostskyddsmålning. Underhåll kan innebära mycket stora sidokostnader som ställningsbygge, driftstopp eller ersättande av funktionen på annat sätt under tiden för underhållet. Med andra ord är det viktigt att man även väger in framtida underhållskostnader redan i planeringsfasen av ett nybygge. Ur ett LCC perspektiv kan ökade investeringskostnader för rostskyddsmålning ofta motiveras med att underhållsåtgärder begränsas eller kan skjutas upp under längre tid.

Tillämpning av generella och gemensamma standarder, krav och anvisningar kan innebära förenklingar och effektiviseringar för branschen. [19] Rätt användning av standard och krav leder till att man vid varje upphandling kan begränsa dokumentationen genom att hänvisa till standarder och andra dokument som ofta används i detta sammanhang. På så sätt blir kraven och villkoren välkända och man erhåller mer jämförbara offerter. Mer omfattande entreprenader löper smidigare genom att kraven finns tydligt så att alla parter redan från början vet villkoren. Standarder bör alltså ses som ett hjälpmedel och en vägledning vid projektering, upphandling och utförande. Standarder har därför en viktig roll att fylla även vid övergång till funktionsbaserad kravställning.

Standarder är dokument som måste åberopas av för att de ska gälla. Det är därför viktigt att hänvisa till standarder vid upphandling, inköp och beställning av rostskyddsmålning. Standarder är också i många fall en kompromiss och utgör endast en vägledning för att nå en viss lägstanivå av kvalitet. Rostskyddsmålning är behäftat med vissa kritiska moment som har stor inverkan på beständighet och livslängd. Vissa krav kring dessa moment bör därför specificeras vid upphandling. Ibland kan det även finnas skäl att ställa högre krav än vad som anges i befintliga standarder.

9.3 Standarder och handböcker

Förr hade varje land egna standarder, i Sverige gick de under benämningen SS (svensk standard). Idag har ofta dessa ersatts av eller gjorts om till internationella standarder och benämns ISO (International Standard Organisation). I Europa har vi dessutom gemensamma standarder som benämns EN. Sverige har åtagit sig att följa de europeiska standarderna och se till att våra svenska standarder anpassar sig efter de europeiska. I realiteten innebär det att de standarder som används mest inom rostskyddsmålning benämns SS-EN ISO. För de företag och institutioner i Sverige som vill upphandla rostskyddmålning i internationell konkurrens ökar ISO standarderna möjligheten till bättre konkurrens och lägre priser.

9.3.1 ISO - Internationella standarder

SS-EN ISO 12944 ”Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems” är indelad i åtta olika delar vilka täcker hela rostskyddsmålningsområdet. De åtta delarna är följande:

1- General introduction (Allmän inledning), beskriver när standarden gäller och ger en kort beskrivning av hela standarden.
2- Classification of environments (Miljöklassificering), beskriver hur man bestämmer hur korrosiv miljön är där konstruktionen ska exponeras. Man kan bestämma exakt korrosionshastighet på olika material och således bestämma korrosivitetsklass för den aktuella miljön. Denna information kan sedan ge vägledning om lämpliga korrosionsskydd som tas upp i del 5.
3- Design considerations (Konstruktionsutformning), ger information om lämpliga kriterier som bör uppfyllas vad gäller konstruktionsutformning för att minska risken för korrosionsangrepp och underlätta för korrosionsskyddande ytbehandling.
4- Types of surfaces and surface preparation (Typer av ytor och förbehandling), ger information om lämpliga förbehandlingsmetoder inför rostskyddsmålning.
5- Protective paint systems (Rostskyddssystem). Denna del, tillsammans med del 2, är den mest använda delen och ger exempel på lämpliga rostskyddssystem för olika korrosivitetsklasser.
6- Laboratory performance test methods (Metoder för laboratorieprovning). Denna del ger information om laboratorietestmetoder som kan användas på färgsystem för att evaluera deras kvalitet. Många undersökningar [20] visar att korrelationen mellan verkligheten och laboratorietestmetoderna ofta är dålig. Accelererade korrosionsprovningar ska därför tas med en nypa salt och det är inte förrän man erhållit data från fältprovningar som man vet säkert hur målningssystemet klarar sig i verkligheten.
7- Execution and supervision of paint work (Utförande och övervakning av målning) ger information om lämpliga metoder för rostskyddsmålning samt kontroll av arbetet.
8- Development of specifications for new work and maintenance (Upprättande av specifikationer för nymålning och underhåll) ger hjälp för upphandling av rostskyddsmålning både vid nymålning och vid underhåll.

När denna standard kom i början av 90-talet var förhoppningen stor att det skulle räcka med att bara hänvisa till denna standard för all rostskyddsmålning. Grunderna i standarden är väl genomarbetade, men eftersom standarden skulle harmoniseras inom hela Europa var det många länder som skulle komma överens, vilket slutade med en hel del kompromisser. Därför är det viktigt att komplettera med sådant som inte står eller specificera detaljer som är valbara inom standarden. Många organisationer och andra standarder hänvisar till denna när det är möjligt, men lägger sedan till egna specifika krav. [31]

9.3.2 Nationella standarder

Eftersom de nationella standarderna oftast anpassas till de internationella standarderna får rena nationella standarder allt mindre betydelse.

9.3.3 Branschspecifika standarder

Många branscher har tagit fram egna standarder som komplement till de internationella standarderna. Från början kunde det bro på att det inte fanns nationella/internationella standarder men idag utgör de ett komplement som specificerar de krav man har och som är specifika för branschen. Standarderna ger en sammanfattning av den upparbetade erfarenhet som har vuxit fram under åren. De hänvisar i så stor utsträckning som möjligt till relevanta internationella standarder men har även egna krav.

9.3.3.1 SSG – Standard Solution Group

SSG står för Standard Solution Group och kommer ursprungligen från pappers- och cellulosaindustrin. Idag har man ambitionen att vara en aktiv part inom många branscher. Inom SSG är arbetet med standardisering uppdelad i olika sektioner varav Ytskydd är en. Denna sektion har tagit fram standarder inom området ytskydd, främst inom papper- och cellulosaindustrin, men standarderna är användbara även inom andra områden. Idag går denna standard längst vad gäller krav på ytskydd. Bland annat finns ett digert provningsprogram som de färgtillverkare som vill leverera till papper- och cellulosaindustrin kan testa sina färger enligt. Om man beställt ytskydd med rostskyddsmålning enligt SSG ska enbart dessa godkända färger användas av entreprenören. Denna standard går således så långt mot utförandekrav man kan gå idag. Fördelen är att beställaren kan känna sig säker på att en ändamålsenlig färg används och att rätt utförande uppnås. Nackdelen är naturligtvis att det är en lång och kostsam procedur att testa färgerna så enbart de största färgleverantörerna gör detta.

I standarden har man delat in de olika delarna i en pappers- och cellulosaanläggning och bestämmer vilken typ av ytskydd som är godkänd för varje enskild komponent i anläggningen. Detta ytskydd består för det mesta av en grundfärg i viss tjocklek och en täckfärg i viss tjocklek. Leverantören kan sedan välja mellan de godkända färgerna för respektive färgtyp. Förr hade standarden ett helt eget liv och behövde kompletteras med endast ett fåtal andra nationella/internationella standarder. Alla delar revideras vartannat år och numer försöker man hänvisa till andra standarder mer och mer.

9.3.3.2 MAV – Målningsanvisning för Vattenkraftstationer

MAV står för Målningsanvisning för Vattenkraftstationer och beskriver på samma sätt som TBY och SSG de olika delarna, här i en vattenkraftanläggning och vilka färgsystem som rekommenderas för de olika delarna. I MAV har man även bestämt vilken korrosivitetsklass som gäller för varje komponent. Detta innebär att om man bara vet korrosivitetsklass för en komponent kan man använda MAV som standard. Även denna branschspecifika standard hänvisar så långt det är möjligt till nationella/internationella standarder.

9.3.3.3 TBY – Tekniska Bestämmelser för Ytskydd

TBY står för Tekniska Bestämmelser för Ytskydd och gäller inom kärnkraftsindustrin i Sverige. På samma sätt som inom SSGs ytskyddsstandard delar den in de olika områdena och komponenterna inom kärnkraften samt beskriver vilka system som är godkända att använda för de olika delarna. En stor skillnad mellan TBY och övriga branschspecifika standarder är att färgernas strålningsbeständighet ska provas och dokumenteras.

9.3.3.4 NORSOK M-501 – Norsk offshorestandard

NORSOK M 501 är en norsk standard som togs fram av oljeindustrin i Norge. Den har fått stort genomslag inom hela ytskyddsbranschen eftersom oljeindustrin är en mycket stor beställare och kraven på rostskyddsmålning är höga i den mycket korrosiva atmosfären som omger oljeindustrin i Nordsjön. Standarden anger krav vid val av målningssystem, förbehandling, påföring och inspektion. Även andra beläggningssystem såsom termiskt sprutad aluminium tas upp i standarden. Vad gäller inspektion ställer man högre krav än i svenska standarder, man kräver att inspektören ska vara tredjepartscertifierad. Förutom certifiering ställs även krav på dokumenterad erfarenhet av inspektioner. Utförandepersonal ska också vara utbildad och kunna uppvisa provmålade referensobjekt för själva utförandet. I standarden ges exempel på lämpliga målningssystem och vilka krav man har på dessa. Bland annat ställs produktkrav på godkänd typprovning enligt ISO 20340.

9.3.3.5 Handbok i rostskyddsmålning

Handbok i rostskyddsmålning är en nyligen uppdaterad handbok som ges ut av Swerea KIMAB, den belyser viktiga moment som är nödvändiga för att erhålla en fullgod rostskyddsmålning. Den är indelad i 13 delar enligt följande:

- *Rost och korrosion*
  Ger en grundläggande förståelse för varför korrosionsskydd behövs

- *Konstruktion, tillverkning och montering*
  Ger riktlinjer om hur man lämpligen utformar en konstruktion för att minska risken för korrosion och öka möjligheten för ett fullgott korrosionsskydd

- *Förbehandling*
  Ger information om lämpliga förbehandlingsmetoder

- *Rostskyddsfärger och val av rostskyddssystem*
  Ger råd om hur man väljer ett lämpligt ytskydd

- *Applicering*
  Ger information om olika appliceringsmetoder och deras för- och nackdelar

- Underhållsmålning
  Ger information om vad man ska tänka på vid underhållsmålning

- *Målning på andra metaller än stål*
  Ger främst instruktion om målning på zink

- *Ställningsbygge, intäckning samt avfuktning*
  Området har blivit en allt större del av arbetet med ytskydd och behöver därför ett eget kapitel

- *Kontroll*

Ger vägledning om hur man kan kvalitetssäkra arbete med ytskydd samt instruktioner hur man ska använda olika mätinstrumenten vid kontroll

- *Arbetsmiljö och yttre miljö*
  Går bland annat igenom lagar och förordningar avseende både arbetsmiljö och yttre miljö samt hur man kan skydda miljö och arbetsmiljö på bästa sätt i de olika delarna av ytskyddsarbetet

- *Upphandling*
  Ger bland annat exempel på vad som ska ingå i en upphandling av ytskydd

- *Standardisering samt Standarder och referenslitteratur*

Så långt det går hänvisar även handboken till de idag gällande standarderna inom området. Många branschspecifika standarder hänvisar till handboken.

10 Internationell målningsstandard ISO 12944

I tidigare kapittel har nämnts att den internationella standarden för färg och lack SS-EN ISO 12944 utgör minimikrav och ska ses som en vägledning inför projektering av korrosions-skyddande målning. I detta kapitel gås valda delar från ISO 12944 igenom med speciellt fokus på de åtgärder som inleds med *bör*, och alltså är en vägledning, och de som inleds med *ska*, som alltså måste utföras för att uppfylla standarden.

10.1 ISO 12944-3

Standarden ger vägledning i hur en stålkonstruktion *bör* utformas för att minimera risken för uppkomst av korrosion och för tidigt åldrande. Generellt gäller att stålkonstruktioner *ska* vara utformade på ett sådant sätt att förbehandling, målning, underhåll och inspektion av konstruktionen och ytskyddet underlättas. Design och utformning *kan* ha stor inverkan på korrosionsbenägenheten av konstruktionen och standarden *rekommenderar* därför att korrosionsspecialister anlitas under tidigt stadium av designskedet. För att minska risken för korrosion och öka åtkomst för underhållsarbete och inspektioner *bör* konstruktionen göras så simpel som möjligt, ingjutna stålelement och trånga utrymmen mellan konstruktionselement *bör* undvikas eller minimeras där så är möjligt. Vissa utformningar *bör* undvikas för att minimera risken för korrosion, exempel visas i standarden med schematiska skisser och tillhörande *förslag* på alternativa utformningar.

Skarpa kanter *bör* rundas eller fasas. Svetsar *bör* vara fria från svetsfel som tex svetssår, svetssprut och andra ojämnheter. Skruvar och brickor *ska* korrosionsskyddas med system som motsvarande korrosionsskydd som övriga detaljer i konstruktionen. Slutna ihåliga element *ska* utformas så att de är lufttäta genom kontinuerliga svetsar. Eventuella inspektionsöppningar eller manhål i slutna element *ska* tätas. Icke slutna ihåliga element *ska* utformas med dränering. Notchar *bör* utformas med en radie större än 5 cm. På grund av ökad risk för spaltkorrosion *ska* Låsbrickor inte användas. Försiktighet *bör* iakttas vid fogning av två metaller med olika potential. Där sådan fogning förekommer *bör* materialen isoleras för att minska risken för galvanisk korrosion. Slutligen *bör* åtgärder som underlättar hantering lagring och montage av färdiga element tas med redan vid design av stålstrukturen.

10.2 ISO 12944-4

Denna del av standarden behandlar hur förbehandling av stålkonstruktioner *bör* genomföras. Innan förbehandlingen påbörjas *bör* man värdera vilken förbehandlingsgrad som är möjlig att uppnå. Denna beror bland annat på stålets rostgrad som bedöms enligt; ISO 8501-1. Förbehandlingsgraden kan även begränsas av konstruktionens utformning, tillgänglighet och omgivande miljö där förbehandlingsarbetet ska utföras.

Före blästring eller mekanisk bearbetning av stålytor *ska* konstruktionen tvättas för att få bort så mycket som möjligt av föroreningar som smuts, olja, fett och salt. För att få bort olja och fett *kan* man använda sig av högtryckstvätt med vatten, ånga eller lösningsmedel. Vid tvättning med vatten och ånga är det ofta nödvändigt att använda sig av tvättmedel. Tvättmedel delas in i alkaliska och emulsionsbildande. Efter avfettning *ska* konstruktionen tvättas med rent vatten för att bli av med eventuella rester av lut och ytaktiva ämnen från tvättmedlet.

Utförande av förbehandling beskrivs i standard ISO 8504. Torra metoder, som tex blästring *bör* inte utföras vid regn eller hög luftfuktighet, generellt rekommenderas att blästring *bör* ske under sådana förhållanden att stålets temperatur kan hållas minst 3◦C över den aktuella daggpunkten. Mätmetoder för att avgöra om förbehandling är lämpligt med avseende på kondensering finns beskrivet i ISO 8502-4.

Val av blästermedel och olika typer av blästringsmetoder tas upp i ISO 8504-2. Det är viktigt att använda rätt blästermedel ihop med rätt blästermetod för att få önskad blästerprofil. Blästermedlet *bör* väljas mot bakgrund av dess storleksfördelning, form, densitet hårdhet och lämplighet för recirkulering. Standarden *rekommenderar* att en mindre yta provblästras för att ge en indikation på hur väl resultatet korrelerar med den specificerad ytrenhet och ytråhet. Vid recirkulering av blästermedel är det viktigt att även prova återanvänt blästermedel eftersom graden av recirkulering kan påverka storleksfördelningen på blästermedlet och därmed också ytråheten på den blästrade ytan. Blästermedel som används *ska* vara kontrollerade och uppfylla standarder för metalliska blästermedel ISO11124 eller ISO 11126 för mineraliska blästermedel. Enligt standarden *ska* blästermedel kontrolleras för föroreningar som olja och fett och vattenlösliga salter, till hjälp för detta finns standard ISO 11127 som beskriver utvärdering av blästermedel. Även tryckluftens renhet *bör* kontrolleras, men för det finns ingen ISO standard. Däremot är det väl beskrivet i den amerikanska standarden ASTM D 4285. Den färdigblästrade ytan *ska* sedan bedömmas med avseende på blästerprofilen. Enklast görs detta med hjälp av komparatorer för ytråhet enligt standard ISO 8503.

Utformning av svetsar, kanter och notchar *ska* specificeras separat i den objektspecifika specifikationen. Ytans renhet efter förbehandling bedöms enligt standard ISO 8501-1 och *ska* finnas med i specifikationen för ytskyddet. Om den specificerade förbehandlingsgraden inte kan uppnås med specificerad förbehandlingsmetod *ska* andra metoder för att nå rätt förbehandlingsgrad utvärderas och implementeras om så är möjligt Det är viktigt att välja en ytskyddsprodukt som lämpar sig för erhållen förbehandlingsgrad.

All personal som utför förbehandling *ska* ha tillräcklig teknisk kunskap för att utföra jobbet. Jobbet *ska* utföras med hänsyn till arbetsmiljörisker och säkerhetsbestämmelser. Dessutom är

det viktigt att allt arbete med förbehandling ges rätt förutsättningar, god åtkomst till ytor som ska behandlas och goda ljusförhållanden. Personlig säkerhetutrustning *ska* användas.

10.3 ISO 12944-5

Denna del av standarden listar målningssystem utifrån dess bindemedelstyp och formulering. De olika målningssystemen kategoriseras också med avseende på hållbarhet i miljöer med varierande korrosivitet. Denna del av standarden innehåller därför inga krav och fungerar endast som en vägledning inför produktval.

10.4 ISO 12944-6

Denna del av standarden behandlar typprovning och utvärdering av provplåtar efter korrosionsprovning. Livslängden för ett målningssystem är beroende av de fysikaliska och kemiska egenskaperna hos det bindemedel det är uppbyggt av. Dessa egenskaper kan utvärderas med hjälp av accelererad korrosionsprovning. De accelererade tester som specificeras i standarden har valts ut för att system som klarar dessa tester har hög sannolikhet att klara av de livslängdskrav som ställs i de avsedda applikationerna (ISO 12944-5).

Livslängden av ett målningssystem är även beroende av externa faktorer. Till exempel exponeringsmiljö, den underliggande strukturens utformning, förbehandling av stålytor, appliceringsförhållanden och härdningsförhållanden. Vid val av ett målningssystem *bör* man företrädelsevis utvärdera hur målningssystemet klarat sig tidigare på andra objekt i liknande miljö.

I standarden konstateras att accelererade provningar kan vara missvisande. På grund av det ska resultat från accelererade provningar användas med försiktighet. Standarden *rekommenderar* att fältprovning alltid *bör* komplettera de accelererade provningarna.

I standarden *rekommenderas* att ett välbekant referenssystem ska användas vid utvärdering av nya system. För att kvalificera system genom accelererad korrosionsprovning, ska standarderna ISO 6270 och ISO 7253 användas. ISO 6270 innebär exponering i kondenseringskammare, provningen ska pågå under 720 timmar för målningssystem avsedda för korrosivitetskategori C5-M. ISO 7253 innebär exponering mot saltspray, provningen ska pågå under 1440 timmar för målningssystem avsedda för korrosivitetskategori C5-M. Efter exponeringen ska minst tre provpaneler utvärderas med avseende på:

- blåsbildning: ISO 4628-2
- rostgrad: ISO 4628-3
- krackelering: ISO 4628-4 samt
- avflagning- ISO 4628-5.

10.5 ISO 12944-7

Denna del av standarden behandlar kontroll av rostskyddsmålning. Målningsentreprenören *ska* kunna utföra appliceringen på ett säkert och avsett sätt. Särskilt känsligt arbete *ska* endast utföras av personal som innehar certifierad behörighet från godkänd certifieringspart. Om

beställaren tillämpar ett kvalitetssystem *ska* entreprenören leverera en kvalitetsplan. Denna *ska* inkludera en beskrivning av entreprenörens generella utförandemetodik och standarder. Entreprenören *ska* visa att denna innehar kunskap och de förutsättningar som är nödvändiga för att uppnå avtalad kvalitetsnivå, i alla steg av entreprenadens utförande. Ett exempel på sådant bevis är certifiering enligt kvalitetsledningssystem ISO 9001 eller ISO 9002. Entreprenören *ska* försörja beställaren med de standarder han avser att följa under entreprenadens genomförande.

Före målning påbörjas *ska* analys av stålytor vara genomförd enligt standard ISO 12944-4. Beställare och entreprenör *ska* vara överrens om kontrollernas omfattning. Om förbehandlingen inte motsvarar specificerad nivå *ska* beställaren underrättas före appliceringsarbetet påbörjas. Temperatur och luftfuktighet *ska* vara sådan att risken för kondens på stålytor kan undvikas utan tvivel. Föreskrifter kring hälsa och miljö *ska* följas.

Material *ska* tillhandahållas så att de är färdiga för användning enligt specificerad metod. Färgleverantörer *ska* tillhandahålla all nödvändig information om hur produkten ska appliceras. Om provtagning är nödvändig under arbetet *ska* sådan specificeras. Provtagning och provhantering *ska* ske enligt ISO 1512 och ISO 1513. Om det finns omständigheter som kan påverka slutresultatet *ska* färgleverantören informera om dessa, förutsatt att de inte är beskrivna i de tekniska databladen. Färgprodukter *ska* vara märkta med information om lagringstemperatur och bäst före datum. Färgprodukter *ska* lagras förslutna i säkert förvar. Öppnade färgbehållare får förslutas och återanvändas men *ska* då märkas tydligt.

Ytor som ska behandlas *ska* vara åtkomliga och väl upplysta. Innan färgprodukterna används *ska* de kontrolleras så att innehållet stämmer överrens med specificerad produkt, att ingen skinnbildning uppstått, att färgen är fri från bottensats och att den är applicerbar under rådande förhållanden. Förtunning *ska* utföras enligt färgleverantörens specifikation. Appliceringsmetoden kan vara begränsad av lokala bestämmelser, sådana bestämmelser *ska* följas. Appliceringsmetod *ska* vara överrenskommen med beställaren innan målningsarbetet påbörjas. Grundfärg *ska* appliceras över objektets alla ytor. Alla färglager *ska* appliceras så jämnt som möjligt och täcka samtliga delytor.

Filmtjocklek *ska* utvärderas enligt ISO 2808. Avvikelser från specificerad tjocklek och hänsyn till stålets ytprofil *ska* vara överrenskommet av inblandade parter. Filmtjocklekar som underskrider nominella värden *ska* accepteras då tjockleken ligger mellan 80 % och 100 % av angiven filmtjocklek. Detta gäller förutsatt att det totala medelvärdet av filmtjockleken är 100 % eller mer av den specificerade filmtjockleken.

Det är viktigt att filmtjockleken inte överskrids, standarden *rekommenderar* att filmtjocklekar som överskrider 3ggr nominell tjocklek inte ska godkännas. Om färgleverantören specificerar maxtjocklek *ska* denna följas. Alla ytor som är svåråtkomliga, tex kanter hörn svetsar och skruvförband ska målas med extra noggrannhet.

10.6 Pågående standardiseringsarbete

10.6.1 TS 44

Teknisk specifikation 44 är ett projekt som initierats av Trafikverket i syfte att samla den gällande kravställningen kring rostskyddsmålning som idag finns i Trafikverkets styrande dokument:

- AMA Anläggning 13 med komplement
- TRVK Bro 2011 med supplement

Målet är att arbetet ska utmynna i en specifikation som ges ut av SIS. Med utgåva både på svenska och engelska. Nedan återges ett citat från ett utkast till introduktionen av Teknisk specifikation 44.

Byggnadsverk och andra typer av infrastruktur har ofta en mycket lång livslängd. Stora framtida kostnader till följd av korrosionsskador riskeras, om man inte under hela planerings och byggprocessen särskilt beaktar och förebygger dessa kostnader. Därför är det viktigt att på ett tydligt sätt kunna specificera de val och kvalitetshöjande krav som krävs för att uppnå ett rostskydd med tillräcklig hållbarhet.

SS-EN-ISO 12944 ger rekommendationer och beskriver minimikrav som behöver ställas för stålkonstruktioner som skyddas mot korrosion genom rostskyddsmålning. För infrastruktur med mer än 40 års livslängd rekommenderas ytterligare krav och undersökningar.

Vid en ren funktionsupphandling kan man bara överblicka initial investeringskostnad, tillverkningskostnader och kostnader under garantitiden. Att i en funktionsupphandling bara beskriva den korrosivitet som en stålkonstruktion kommer att utsättas för är inte tillräckligt för att erhålla en minimal livscykelkostnad.

TS44 syftar med andra ord till specificera ovan nämnda ”ytterligare krav” som inte återfinns i SS-EN-ISO 12944 och att samla denna text med övriga kravtexter i *ett* styrande dokument för rostskyddsmålning inom Trafikverket. Denna strategi har man valt att tillämpa även i andra branscher. Vattenkraften har Målningsanvisning för vattenkraftstationer, (MAV). Kärnkraften har Tekniska bestämmelser för ytskydd, (TBY). Dessa kravtexter fyller samma funktion som det är tänkt at TS44 ska göra. Arbetet inom TS44 präglas av att befästa dagens utförandekrav och åsikten att funktionskrav vid beställning av rostskyddsmålning inte är lämplig. Åsikterna kring nyttan med utförandekrav är med andra ord fortfarande öppen för debatt inom Trafikverket. Även i MAV uttrycks en viss skepsis till införandet av funktionsbaserad kravställning. Nedan följer ett citat från inledningen till målningsanvisning för vattenkraftstationer:

Rostskyddsmålning är komplicerat och kostsamt, det handlar om tekniska ekonomiska och miljömässiga avvägningar. Tidigare har det funnits en expertis inom varje bransch som kunnat backa upp med kunskap inför val av rostskyddssystem. På senare år har upphandlingar med funktionskrav ökat. Detta har gjort att de kortsiktiga kostnaderna har hållits nere men att det långsiktiga tekniska resultatet kan ha blivit lidande. [7]

För att nå genomslagskraft och ett allmänt tillämpande av en teknisk specifikation är det viktigt att inblandade parter; beställare, kontrollanter, entreprenörer och färgleverantörer kan enas om lämpliga krav som är tekniskt relevanta, rimliga och ökar den allmänna leveranssäkerheten av rostskyddssystem inom ramen för Trafikverkets verksamhet.

10.6.2 Nyutgåva av SS EN- ISO12944

ISO standarden SS EN- ISO 12944 ska uppdateras med jämna mellanrum. Innan en uppdatering kan bli möjlig måste ett förslag (ISO/DIS) skickas ut för omröstning till alla medlemsländer som omfattas av ISO. Den svenska arbetsgruppen inom SIS (Teknisk Kommitté TK146, Arbetsgrupp AG 2662) har nyligen haft omröstning om ett förslag till nästa reviderade utgåva av standard SS EN- ISO 12944-1,2,3,7. En påtaglig skillnad mellan föreslagen revidering av SS EN- ISO 12944-1 och den gällande utgåvan är att man schablonmässigt har ökat den generella förväntade livslängden av målningssystemsystemen, se **Tabell 1** nedan.

Målningssystem som i 2007 års utgåva är klassade som: *lång livslängd >15 år i korrosivitetskategori C5-M* är i DIS-förslaget klassade som: *Mycket lång livslängd >25 år* i samma korrosivitetskategori. System som i 2007 års utgåva är klassade som: *Medellång livslängd 5-15 år i korrosivitetsklass C5-M* är i DIS-förslaget klassade som: *lång livslängd 15-25år i korrosivitetsklass C5-M.*

Värt att notera är att denna uppklassning av systemens förväntade livslängd i standarden innebär att objekt med *”lång livslängd” 15-25 år* kan målas med sämre målningssystem inom ramen för den föreslagna nya utgåvan.

Hållbarhet	ISO/DIS 12944-1:2015	ISO/DIS 12944-1:2015	SS EN- ISO 21944-1:2007	SS EN- ISO *21944-1:*2007
Low	0-7år	Zn(R) EP,PUR, ESI 2L, 160µm	2-5år	
Medium	7-15år	Zn(R) EP,PUR, ESI 2-3L, 200µm	5-15år	Zn(R) EP,PUR, ESI 3-4L, 240µm
High	15-25år	Zn(R) EP,PUR, ESI 3-4L, 260µm	>15år	Zn(R) EP,PUR, ESI 3-4L, 320µm
Very high	>25år	Zn(R) EP,PUR, ESI 3-4L, 320µm		

Tabell 1. *Förväntade livslängder i målningsstandard ISO 12944, samt revideringsförslag för ISO/DIS 12944.*

11 Trafikverkets krav

11.1 Färgtyper

Ytbehandling av kolstål ska utföras enligt AMA anläggning 13, GBD.1. Kapitlet hänvisar till målningssystem i korrosivitetsklass C3-C5M i standarden SS EN- ISO 12944-5. Utöver denna hänvisning görs ett förtydligande:

> *Med EP(Zn) avses en tvåkomponents epoxi med ett zinkinnehåll av minst 90 procent, beräknat på den torra färgen uttryckt i viktprocent. Med EP avses en järnglimmerpigmenterad tvåkomponents epoxi.*

Ovan förtydligande innebär högre/snävare krav på färgprodukternas formulering än de som anges i SS EN- ISO 12944-1. I standarden anges att zinkrika grundfärger ska innehålla minst 80 vikts % metallisk zink samt att bindemedlet i grundfärgen kan vara epoxibaserad (EP), polyuretanbaserad, aromatisk (PUR) eller silikatbaserad (ESI). Mellanskikt och täckfärg kan enligt standarden vara antingen epoxibaserad (EP), polyuretanbaserad, alifatisk (PUR) eller silikatbaserad (ESI). Mellanfärgen kan vara pigmenterad med järnglimmer eller aluminiumflak för att öka barriäregenskaper och slaghållfasthet.

I TRVK Bro 2011 görs ytterligare förtydliganden:

> *Rostskyddsystemet ska utformas enligt korrosivitetsklass C5-M. Byggherren har dock frihet att ställa krav som måste tillämpas. Nedan förtecknas de objektspecifika val som byggherren kan göra i anslutning till TRVK Bro.*

- *Ett rostskyddssystem enligt korrosivitetsklass C4 ska eller får användas för en väg- eller gång- och cykelbro som inte är belägen i vägmiljö eller marin miljö.*
- *invändigt rostskydd ska eller får ersättas med avfuktning. Insidan ska dock behandlas med en ljus primer med syfte att ge ljusförhållanden som möjliggör inspektioner och andra arbeten under driftskedet.*
- *Lådbalksektioner av stål ska eller får utföras som slutna fack utan invändig ytbehandling.*

Skillnaden mellan system i korrosivitetskategorierna C4 och C5 är endast den specificerade totala filmtjockleken som är något lägre i C4. Effektivt återstår därför endast en typ av system, detta är uppbyggt av zinkrik (90 %) 2-komponents epoxi, som grundfärg, järnglimmerpigmenterad (MIO) 2-komponents epoxi som mellanskikt och alifatisk polyuretan som täckfärg. Tabell x återger de färgsystem som är godkända inom alla tre kravtexter SS EN- ISO 12944-5, AMA anläggning 13 och TRVK Bro 2011.

Korrosivitetsklass	Komponent	Beteckning	2-komp	Vattenbas
C4	Grundfärg	EP (Zn)	Ja	Ja
	Mellanfärg	EP (MIO)	Ja	Ja
	Täckfärg	PUR	Nej	Ja
	Antal lager	3-4		
	Total filmtjocklek	200µm		
C5-M	Grundfärg	EP (Zn)	Ja	Ja
	Mellanfärg	EP (MIO)	Ja	Ja
	Täckfärg	PUR	Nej	Ja
	Antal lager	4-5		
	Total filmtjocklek	320µm		

Tabell 2. *Trafikverkets godkända målningssystem för broar.*

Enligt sammanställningen i **Tabell 2** är det godkänt att använda vattenbaserade färger samt 1-komponents alifatisk polyuretan till täckskiktet. Dessa produkter skulle kunna vara att föredra ur ett miljöperspektiv men har idag mycket begränsad användning. Färgsystemens livslängd är avgörande för framtida underhållsbehov och antal kompletta ommålningar under stålstrukturens livslängd. Det kan innebära att ett system som är mer miljövänligt vid varje enskild applicering är sämre i längden om underhållsbehovet eller antalet kompletta ommålningar under konstruktionens livslängd blir fler. För att avgöra de vattenburna produkternas lämplighet bör man göra LCA analys för konstruktionens livscykel.

I praktiken används främst lösningsmedelsbaserade 2-koponents färger. Anledningen till detta är att lösningsmedelsbaserade färger historiskt sett har haft längre livslängd och bättre beständighet. De vattenbaserade färgerna kräver mer kontrollerade appliceringsbetingelser och ställer större krav på ytrenhet. Vattenburna system kan bli dyrare på grund av att de håller en lägre torrhalt och att de inte kan målas i lika tjocka skikt vid varje applicering. För att reda ut vilka färgtyper som används för svenska broar har fyra färgleverantörer kontaktats. De färgsystem färgleverantörerna offererar för bromålning inom Trafikverket finns samlat i **Tabell 3.** Även färgleverantören Hempel kontaktades, men de har idag inget system som genomgått typprovning enl. Trafikverkets krav, fältprovning på Bohus-Malmön är dock initierad. De färgprodukter som tas upp i **Tabell 3** visar tydligt att oavsett vilken tillverkare man väljer är produkterna väldigt snarlika när det gäller formulering, inte någon av produkterna i tabellen är vattenbaserade.

Färgleverantör	Teknos	International	Tikkurila
Grundfärg	**Teknozink 90SE**	**Interzink 72**	**Temazinc 99**
Bindemedel	epoxi, bisfenol-A	epoxi, bisfenol-A	epoxi, bisfenol-A
Härdare	Trietylentetraamin	Trietylentetraamin	polyaminoamid
Två komp	ja	ja	ja
VOC	450 g/l	413 g/l	473 g/l
Mellanfärg	**Inerta 51 Miox**	**Intercure 420**	**Temacoat GPL-S MIO**
Bindemedel	epoxi, bisfenol-A	epoxi, bisfenol-A	epoxi, bisfenol-A
Härdare		DMP-30**	DMP-30**
Två komp	ja	ja	ja
VOC	400 g/l	328 g/l	340 g/l
Täckfärg	**Teknodur 0050**	**Interthane 990**	**Temadur 50**
Bindemedel	Bisfenol A	Akrylmodifierad	Polyakrylat
Härdare	HDI-homopolymer*	HDI-homopolymer*	HDI-oligomerer*
Två komp	ja	ja	ja
VOC	430 g/l	413 g/l	495 g/l

Tabell 3 *Färgsystem från några utvalda färgleverantörer som klarar Trafikverkets krav och typprovning. *HDI = Hexametylendiisocyanat, **DMP-30 = 2,4,6-Tris(dimetylaminometyl)fenol. Källa: produktdatablad [37]*

För att avgöra om kraven på 90 % zink i grundfärgen är relevant har Trafikverket finansierat en provningsstudie av zinkrika grundfärger. Undersökningen utförs av Swerea KIMAB och är fortfarande pågående. En serie av totalt 14 st målningssystem med varierande zinkhalt, 77 %, 80 %, 85 % och 90 % har exponerats i fyra år på Bohus-Malmön i enlighet med Trafikverkets krav för typprovning av rostskyddsfärger. De preliminära resultaten indikerar att zinkhalten i detta område kan ha viss betydelse för korrosionsskyddet. Alla ingående 14 system klarar dock kraven i AMA. En slutsats från provningen är att typprovning med exponering i 4 år på Bohus-Malmön inte är tillräcklig för att avgöra signifikanta skillnader mellan 80 och 90 % zinkhalt. Om kraven på zinkhalten är relevanta går därför inte heller att avgöra med denna typprovning. För att avgöra kravställningens relevans bör utvärderingen förlängas så att inverkan på den totala livslängden av korrosionsskyddet kan utvärderas.

11.2 Typprovning

Endast rostskyddssystem som är typprovade vid ackrediterat provningslaboratorium och dokumenterade av respektive färgtillverkare eller leverantör får användas. Dokumentationen ska finnas tillgänglig i ett provningsintyg. Provningen ska ske enligt KI Rapport 1993:8 och KI Rapport 1999:2. Den tidigare rapporten beskriver utformning av provplåtar och förfarande för exponering av prover i fält. Enligt rapporten ska flata provplåtar med blästerprofil medium och ytrenhet Sa 2 ½ användas om inget annat avtalats på förhand. Färgen som ska provas appliceras på plåtarna i jämnt lager utan synliga målningsfel. Efter exponering ska plåtarna utvärderas med avseende på rostgrad, blåsbildning, sprickbildning, avflagning, vidhäftning spridning av defekter från repa, glansförändring och kulörförändring. Proverna bör enligt rapporten exponeras i en miljö som efterliknar den tänkta miljön där färgen ska användas. Den senare KI rapporten innehåller ett kontrollformulär som beskriver förhållandena under vilka provplåtarna har tillverkats, information om förbehandlingsgrad, ytråhet, filmtjocklek och förhållanden vid applicering.

Intervjudelen av detta projekt visar att många ifrågasätter Bohus-Malmöns lämplighet som exponeringsplats. I två rapporter Från Swerea KIMAB [38] har korrosionshastigheter hos olika material som exponerats på Bohus-Malmön och i vägmiljöer/trafiktunnlar jämförts. Korrosiviteten för oskyddat kolstål är relativt lika vid exponering på Bohus-Malmön som i de tunnlar som valts ut som exponeringsplatser i projektet. För zink och aluminium är dock korrosiviteten markant mycket högre i tunnlarna jämfört med på Bohus-Malmön. För rostskyddsmålade provplåtar kan endast små skillnader uppmätas mellan de olika exponeringsplatserna. En trend, både på Bohus-Malmön och övriga exponeringsplatser är att varmförzinkat kolstål som målats visar något större rostspridning från skada jämfört med kolstål målat med zinkrik grundfärg.

Ytterligare en relevant synpunkt som kom fram under intervjudelen är att typprovnings-förfarandet beskriver skyddsverkan av en perfekt plan yta. På en stålkonstruktion är det ofta kanter dålig förbehandling och brister vid applicering som begränsar färgens hållbarhet.

Under tiden fältexponering pågår får intyg från Scab-provning enligt SS-ISO 11474 ersätta provningsintyg från fältexponering. Scab-provning är en accelererad fältprovning som innebär exponering i fält med återkommande påsprutning av salthaltigt vatten. Scab-provningen ska vara utförd i den tempererade klimatzonen på plats där korrosionshastigheten på omålat stål (utan saltpåsprutning) är minst 5 µm/år vid en ettårig exponering (enkelsidig avfrätning).

Ett rostskyddssystem får användas efter godtaget resultat från Scab-provning under förutsättning att ett intyg från påbörjad fältexponering finns. Resultatet från Scab-provningen får vara högst 2,5 år gammalt för C3-system och högst 4,5 år gammalt för C4-system och C5-M-system. Under garantitiden ska ytbehandlingen för varje delyta uppfylla kraven enligt tabell AMA GBD.1/2.

System för objekt i korrosivitetsklass Im1-Im3, som är avsedda för användning i vatten eller jord, ska exponeras även genom neddoppning i avjoniserat vatten enligt SS-EN ISO 2812-2:2007.

Exponeringsbetingelser med tillhörande gränsvärden för de ovan angivna fältprovningarna framgår av tabell AMA GBD. 1/1 samt AMA GBD.1/2, **Tabell 4** och **Tabell 5** i denna rapport.

Korrosivitets-klass	Fältexponering på Bohus Malmön, station Kvarnvik eller likvärdig plats[1)]	Exponering i avjoniserat vatten enligt SS-EN ISO 2812-2:2007	Exponering vid Scabprovning enligt SS-ISO 11474
	(år)	(år)	(år)
C2	0,5		0,5
C3	2		1
C4	4		2
C5[2)]	4		2
Im1-Im3	4	1	2
1) Korrosiviteten vid Fältstation Kvarnvik motsvarar korrosivitetsklass C4 för stål och korrosivitetsklass C3 för zink. Medelavfrätning på stål vid ettårig exponering har uppmätts till 485+/- 36 g/m2 (motsvarar 62 +/- 4,6 µm) och på zink 8,1 +/- 0,1 g/m2			
2) För korrosivitetsklass C5-I bör hänsyn tas till de aktuella miljöbetingelserna			

Tabell 4 *Krav på typprovning enligt AMA. tabell: AMA GBD. 1/1*

Typ av provning	Bestämning enligt	Gränsvärde vid exponeringsprovningens slut		
		Korrosivitets-klass C2 och C3	Korrosivitets-klass C4	Korrosivitets-klass C5-I, C5-M, Im1-Im3
Rostgrad	SS-EN ISO 4628-3:2004	Ri 0	Ri 0	Ri 0
Blåsbildning	SS-EN ISO 4628-2:2004	0	0	0
Sprickbildning	SS-EN ISO 4628-4:2004	0	0	0
Avflagning	SS-EN ISO 4628-5:2004	0	0	0
Vidhäftning				
1-komp färg	SS-EN ISO 4624	2 MPa	2 MPa	2 MPa
2-komp färg	SS-EN ISO 4624	4 MPa	4 MPa	4 MPa
Spridning från repa och frilagd kant				
System med zink i grundbeläggningen	SS-EN ISO 4628-8:2012 men med 1 mm repa	Max 4 mm	Max 4 mm	Max 4 mm
System utan zink i grundbeläggningen	SS-EN ISO 4628-8:2012 men med 1 mm repa	Max 10 mm	Max 10 mm	Max 10 mm

Tabell 5 *Krav på typprovning enligt AMA. tabell: AMA GBD. 1/2*

11.3 Utformning

Stålöverbyggnader ska utformas enligt korrosivitetsklass minst C4 enligt SS-EN ISO 12944-2. Broar i marin miljö eller vägmiljö ska utformas enligt korrosivitetsklass C5-M.

Fria kanter, hål, svetsar och ytor på konstruktionsdelar inklusive notchar som ska ytbehandlas med rostskyddssystem ska bearbetas så att de uppfyller kraven för förbehandlingsgrad P3 enligt SS-ISO 8501-3:2006.

Notchar som ytbehandlas med rostskyddssystem ska fasas i 45◦ till 1/3 av materialtjockleken. Notchar som rostskyddsbehandlas genom metallisering behöver inte fasas. En motgjuten yta i en samverkanskonstruktion ska förses med en ytbehandling bestående av grund- och mellanfärg samt de delar av täckskiktet som utförs i verkstad.

11.4 Förbehandling

Rostgrad

Material till huvudkonstruktion får inte uppvisa större rostgrad än vad som motsvarar rostgrad B enligt ISO 8501-1:2007. Före blästringen ska salter, olja eller andra föroreningar avlägsnas genom högtryckstvättning. Trycket vid munstycket ska vara minst 20 MPa.

Blästring

KI Bulletin 104. Anvisningar för kontroll av rostskyddsmålning. Separatorer och luftrenare ska användas. Tryckluft som används vid blästring och renblåsning ska uppfylla krav enligt avsnitt 2.3. Blästermedel ska uppfylla krav enligt avsnitt 2.4. Blästerkorn ska vara skarpkantade typ grit. Blästrade ytor ska ha ytråhet medium enligt SS-EN ISO 8503-2:2012.

Rengöring efter blästring

Efter blästring ska ytan dammsugas, borstas eller renblåsas så att alla blästerprodukter och rester av blästermedel avlägsnas. Ytor ska före målning vara rengjorda från:

- damm, stänk av betong, bitumen med mera
- salter och andra föroreningar, till exempel klorider och sulfater.

11.5 Applicering

För arbetsledning och tillsyn ska en ansvarig person med erforderlig kompetens vara utsedd. Exempel på erforderlig kompetens är genomgången kurs Inspektör av rostskyddsmålning eller motsvarande. Personer som utför rostskyddsarbetet ska ha erforderlig kompetens. Exempel på erforderlig kompetens är genomgången kurs Diplomkurs för rostskyddsmålare eller motsvarande.

Rostskyddsmålning ska påbörjas innan rostning åter har inletts efter rengöring. Färgtillverkarens anvisningar ska följas. Samtliga färgskikt och extra kantmålning ska kunna skiljas åt genom att olika kulörer används.

Vid applicering av grund-, mellan- och täckfärg ska stål- och lufttemperaturen vara minst 5 °C. Vidare gäller att stålets temperatur ska vara minst 3 °C högre än daggpunkt. Den relativa fuktigheten (RF) ska vid appliceringstillfället vara högst 85 procent. Målning med grund- och mellanfärg samt del av täckfärgsskiktet ska utföras i verkstad eller målningsstation. Ytor som berörs av monteringssvetsning får inte ytbehandlas i målningsstation. Grundfärg och mellanfärg ska hållas fria så att överlappande målning kan utföras efter montering. Grundfärg ska appliceras genom sprutning. Mindre bättringar av grundfärgen får dock utföras genom strykning om rester från målningsrulle och pensel avlägsnas från färgskiktet. Mellanskiktsfärg och täckfärg ska appliceras genom strykning, rullmålning eller högtryckssprutning. Vid rullmålning ska efterslätning utföras.

Ytor som inte kan rostskyddsbehandlas efter montering ska ges fullständig rostskyddsbehandling före montering. Före kompletterande målning ska varmförzinkade fästelement avfettas. Varmförzinkningen godtas som grundfärg EP(Zn).

Kanter och notchar på balkar i huvudkonstruktion och skruvförband ska behandlas en gång extra med mellanfärg. Skikttjockleken ska för det extra skiktet uppgå till minst 40 µm.

Anliggningsytor i skruvförband ska förses med grundfärg och ett skikt mellanfärg för korrosivitetsklass C4 och C5-M. För korrosivitetsklass C3 ska anliggningsytor i skruvförband förses med grundfärg och ett skikt täckfärg. Efter montering och slutlig uppspänning ska ytbehandlingen av förbandets synliga ytor kompletteras enligt angivet rostskyddssystem. Motgjuten yta i en samverkanskonstruktion ska förses med en ytbehandling bestående av grund- och mellanfärg samt de delar av täckskiktet som utförs i verkstad.

De delar av plåtar som ska förses med svetsbultar får inte rostskyddsmålas före svetsningen av svetsbultarna. Svetsfogar som utförs på arbetsplats får inte rostskyddsbehandlas innan kontroll av fog har utförts.

11.6 Estetik

Avvikelsen från ursprunglig kulör enligt SS 19102:2004 (NCS) får högst uppgå till 4ΔE CIELab. Dessutom får kulörvariationen inom objektet vara högst 2ΔE CIELab. Krav på kulörbeständighet gäller vid användandet av kulörer enligt NCS-listan nedan.

- NCS 3050-G (ljus grön)
- NCS 6030-G10Y (mörk grön)
- NCS 1080-Y80R (ljus röd)
- NCS 2080-Y90R (klar röd)
- NCS 3070-Y90R (Faluröd)
- NCS 2040-R90B (ljus blå)
- NCS 3060-R90B (mörk blå)
- NCS 3050-G70Y (ljus gröngul)
- NCS 5040-G70Y (mörk gröngul)
- NCS 3000 (ljus grå)
- NCS 6000 (mörk grå)
- NCS 0500 (vit)
- NCS 9000 (svart).

För andra kulörer än de i listan anges kulöravvikelse i kontraktet enligt SS 19102:2004.

11.7 Kontroll av rostskyddsmålning

Kontrollplan tas fram av entreprenören, planen godkänns av oberoende part. Trafikverket anlitar egen kontrollant för kontroll av rostskyddsmålningen. För att säkerställa fullgjord leverans är det vanligt är att man håller inne en del av betalningen, 10 %. [8]

Grundkontrollen ska minst ha följande omfattning:

- kontroll av miljöbetingelser, varvid tillses att stålytans temperatur vid förbehandlingen och målningen är minst 3 °C högre än den omgivande luftens daggpunkt eller i överensstämmelse med de riktlinjer som ges i SS-EN ISO 8504-2

- kontroll av att förbehandlade stålytor har avsedd renhet, bedömd enligt ISO 8501-1:2007, och avsedd ytråhet, bedömd enligt SS-EN ISO 8503-2:2012

- kontroll av att appliceringsmetod och appliceringsförhållanden följer färgtillverkarens/leverantörens anvisningar samt råd och anvisningar i SS-EN ISO 12944-7

- mätning av beläggningens skikttjocklek enligt SS-ISO 19840:2012. Mätning av testytors skikttjocklek ska utföras enligt annex B. Vid kontroll av tjockleken hos färgskikt ska skikttjockleken mätas över blästerprofilens toppar enligt annex A

- grundfärg EP(Zn) mäts med en cirka 100 µm tjock folie mellan sond och grundmålad yta. Mätresultatet redovisas exklusive folietjockleken

  kontroll av att levererad grundfärg av färgtyp EP(Zn) uppfyller kravet på ett zinkinnehåll av minst 90 procent, beräknat på den torra färgen uttryckt i viktsprocent.

Tilläggskontrollen ska minst ha följande omfattning:

- visuell kontroll av ytrenhet och ytråhet enligt SS-EN ISO 8501-1:2007 respektive SS-EN ISO 8503-2:2012, minst ett prov per 100 m^2 stålyta

- mätning av total skikttjocklek enligt SS-ISO 19840:2012, 10 % av standardens omfattning

- kontroll av vidhäftning för totala rostskyddssystemet enligt SS-EN ISO 4624 och kontroll av portäthet hos organiska beläggningar av enskiktstyp

Trafikverkets kravställning angående grundkontroll och tilläggskontroll innehåller inte krav om mätning av ytornas salthalt. För att genomföra mätning av salthalten finns breslemetoden som är beskriven i standard SS-EN ISO 8502-6. I kravställningen finns dock med att rengöring av stålytor ska utföras med högtryckstvätt för att avlägsna salter före blästring. Detta är ett typiskt utförandekrav som skulle kunna ersättas med krav om maximalt tillåtna salthalt. Ett sådant krav skulle kunna kallas ”ställföreträdande funktionskrav”, d v s ett mätbart krav under processen som ger förutsättning för god funktion av den slutgiltiga produkten.

I kravställningen om rengöring efter blästring finns inga krav på kontroll av att stålytorna är fria från damm och smutspartiklar från blästringen. För att avgöra detta finns standarder som beskriver hur damm på stålytor kan utvärderas, SS-ISO 8502-3. Att denna metod ska användas finns som krav inom andra standarder, bland annat Norsok 501-M. Damm och föroreningar kan påverka vidhäftning och orsaka blåsbildningar och inneslutningar inom ett färgskikt. Att ställa krav på att ytor ska vara fria från damm kan också ses som ett ställföreträdande funktionskrav.

12 Kravställning i övriga Norden

Nordiska Vägtekniska Förbundet (NVF) skrev 2008 en rapport [39] som avhandlar korrosionsskydd och kravställning hos de olika vägmyndigheterna i norden. I detta kapitel sammanfattas slutsatser från rapporten avseende skillnader i praxis och kravställning de olika länderna emellan. I **Tabell 6** redovisas de målningssystem som används i de övriga nordiska länderna. Generellt sett är målningssystemen mycket lika. Istället för zinkrik grundfärg har man i Norge valt att använda termiskt sprutad zink, och på Island termisk sprutad zink eller aluminium. Termisk sprutning ger ett mycket gott katodiskt skydd. Eftersom termisk sprutning är mycket tidskrävande, får korrosionsskyddet en högre initial kostnad. Sverige avviker från den internationella standarden genom att kräva en zinkhalt på 90 % i grundfärgen. Undantaget Danmark är samtliga nordiska länder mycket specifika i sina krav av målningssystem. Detta pekar på att utförandekrav är den generella strategin för kravställning av rostskyddsmålning inom infrastrukturen i Norden.

	Sverige	Norge	Danmark	Finland	Island
Grundfärg	Zinkrik Epoxi (90%) 60µm	Sprutad Zink 100µm	ISO 12944	Zinkrik Epoxi 40µm	sprutad Zink/Aluminium 100µm
Sealer	n/a	Epoxi 25-30µm	ISO 12944	n/a	anpassad till metallisering 40µm
Mellanfärg	Epoxi MIO	Epoximastic 100-125µm	ISO 12944	Epoxi MIO 170µm	Epoxi 220µm
Täckfärg	Polyuretan	Polyutetan/ akryl 80-100µm	ISO 12944	Polyuretan 100µm	Polyuretan 60µm
NDFT	320µm	285µm	ISO 12944	310µm	420µm
Korrosivitet	C5-M	C5-M	C4	C5-M	C5-M
Hållbarhet ISO12944-2	Hög	Hög	Hög	Hög	Hög

Tabell 6. *Bromålningssystem i de nordiska länderna*

12.1.1 Norge

I Norge använder man sig av termiskt sprutad zink som katodiskt skydd på broar. I kravställningen specificerar man en ytrenhet av Sa 3 för stålytor som ska sprutmetalliseras. Renhetskraven och sprutmetalliseringen gör att den initiala kostnaden för korrosionsskydd av stålbroar blir högre med det norska systemet jämfört med det svenska. Till grund för val av korrosionsskydd ligger LCA och LCC-analyser som enligt rapporten indikerar att både total miljöbelastning och totalkostnad blir lägre trots den ökade initiala kostnaden. Målningssystem som ska användas i Norge måste kvalificeras enligt accelererad provning ISO 20340, (NORSOK M-501). Dessutom krävs en utvärdering av referenser och erfarenheter av andra objekt som målats med samma system. Entreprenören ska också utarbeta en väl specificerad procedurbeskrivning för hur arbetet ska utföras. Om inte annat anges färdigmålas broar i målningsstation och endast bättringsmålning och målning av förband sker i fält.

12.1.2 Island

På Island använder man sig av termiskt sprutad zink eller aluminium som katodiskt skydd på broar. I kravställningen specificerar man en ytrenhet av Sa 3 för stålytor som ska sprutmetalliseras. Den isländska vägmyndigheten föreskriver en förväntad livslängd på 15-18 år innan första underhållsmålning. Exponeringsmiljön för broar på Island beskrivs som *”havsklimat med stora mängder saltdeposition och hög luftfuktighet”*. Därmed är de generella exponeringsförhållandena tuffare för isländska broar jämfört med de svenska.

12.1.3 Finland

Finland har 30 år som förväntad minsta livslängd för korrosionsskydd av nya broar. En bättringsmålning utförs tidigast efter 15 år och komplett ommålning av bro tidigast efter 25år. I Finland har man gjort försök med att måla broar med vattenburna färger, Försöken ska utvärderas efter 10år i fält på våren 2016. Vattenburna färger har ännu inte nått stor användning. Man anser enligt NVF-rapporten att målning med vattenburna färger inte är nödvändigt ur miljösynpunkt eller att det är ekonomiskt försvarbart. För att minska miljöpåverkan vid blästring har den finska vägmyndigheten som krav att minst 90 % av blästermedlet ska samlas upp och tas om hand som farligt avfall.

12.1.4 Danmark

I Danmark har man valt att specificera målningssystem enligt ISO 12944. Danmark har därmed gått längst när det gäller valmöjligheter för entreprenörer. Man har dock vissa begränsningar för vilka system inom standarden som får användas. Endast målningssystem för korrosivitetskategori C4 får användas till broar.

Historiskt har man i Danmark lagt stor vikt på att endast de bästa målningssystemen används till broar. Intentionerna har inte varit att använda broar som försöksobjekt för nya färgtyper. Vilket gör att man varit noga med att endast använda välbeprövade system. Denna inställning har dock ändrats något och man har öppnat upp för möjligheten att provmåla mindre delar av broar. Syftet med det är att bidra till att driva utvecklingen av nya färgsystem, utan att ta för stora risker.

Vid målning av nya broar krävs att man kan visa en referens där samma system har använts på en liknande konstruktion i samma miljö. Referensen ska ha varit exponerad i minst 5 år. I planeringsskedet ska målningsentreprenören göra en arbetsbeskrivning tillsammans med färgleverantören. Denna ska vara godkänd av huvudentreprenören innan målningsarbetet påbörjas.

I Danmark har man infört generella restriktioner mot sprutmålning av epoxi och polyuretan i fält. För att kunna använda dessa produkter i fält måste man få speciellt tillstånd. Resultatet av det är att nya broar oftast färdigmålas i målningsstation. Endast bättringsmålning och målning av förband sker i fält.

13 Miljö

Nybyggnationer och underhåll av infrastruktur utförs av entreprenörer. Detta medför att ansvaret för tillämpandet av miljöbalken, arbetsmiljölagen och produktvalsprincipen delvis ligger på huvudentreprenören och den underleverantör/ underentreprenör som denne anlitar för att utföra arbetet. Miljöarbetet och trafikverkets miljöavtryck ligger därför delvis utanför verkets egenkontroll och direkta inflytande. Ibland tillämpas totalentreprenad som kontraktsform vilket ger entreprenören ytterligare möjligheter att påverka miljöbelastningen.

Arbetsmiljölagen och miljöbalken är alla verksamma entreprenörer skyldiga att känna till och tillämpa. Vid totalentreprenader är det däremot svårare att se till att produktvalsprincipen följs. Det är därför viktigt att klargöra vem som har huvudansvaret för produktval och processmetoder. Annars är det lätt att den faller mellan stolarna och tillämpandet av nya mer miljöriktiga produkter uteblir.

De tekniska kraven i AMA-anläggning GBD:1 definierar tydligt en typ av målningssystem för broar. Kraven i AMA anläggning är formulerade som relativt snäva utförandekrav. Detta innebär att det finns en motsättning som gör det svårt för anlitad entreprenör att välja ett godkänt målningssystem och samtidigt beakta produktvalsprincipen, med andra ord; miljöarbetet är funktionsupphandlat men de tekniska specifikationerna innehåller utförandekrav som försvårar tillämpandet av miljöbalken. För att harmonisera detta bör den aktör som bär ansvaret för miljöarbetet ges rimliga friheter att påverka valet av färgprodukter och processmetoder. Denna motsättning kan lösas på olika sätt, två alternativ som ligger nära tillhands är:

- Rostskyddet funktionsupphandlas med krav om tillämpande av produktvalsprincipen och andra miljökravställningar

- Trafikverket tar en större roll och driver miljöfrågorna aktivt i egen regi

Oavsett vilken väg man väljer bör nya alternativa produkter kontinuerligt utvärderas. Detta kan lämpligtvis göras genom en aktiv omvärldsbevakning av alternativa produkter som är bättre ur miljösynpunkt. Om man väljer funktionsupphandling som övergripande strategi ligger ansvaret för denna omvärldsbevakning på entreprenörer. Eftersom garantitider för rostskyddsmålning normalt sett är 5 år finns då risker att miljövänligare produkter med kortare livslängd används. Det är därför viktigt att införa krav om att miljöpåverkan ska utvärderas med avseende på livscykelanalys (LCA) för hela objektets livslängd, inte för korrosionsskyddets livslängd.

13.1 Incitament för miljöarbete

Miljöfrågor har under de senaste decennierna fått en ökad betydelse för industrin. Både genom att konsumenter och beställare har blivit mer miljömedvetna och att hårdare lagstiftning har införts. EU direktivet om minskade utsläpp av lösningsmedel, VOC har varit

en av de stora drivkrafterna till den moderna färgutvecklingen mot lösningsmedelsfattiga färger och vattenburna system. Även arbetsmiljö har haft ett ökat fokus vilket har stimulerat utveckling av mer effektiv skyddsutrustning och nya tekniker. I och med att beställare och konsumenter har blivit mer miljömedvetna har en aktiv färgutveckling mot mer miljövänliga färger blivit en viktig del av konkurrensen för färgleverantörerna. [40] Färgutvecklingen drivs idag både med piska och morot. Nya lagkrav och en allmänfokus på miljö har visat sig vara ett framgångsrikt upplägg för ökade investeringar i produktutveckling mot en bättre miljö och ett hållbart samhälle.

I vissa fall har vinstdrivande företag själva satt upp hårdare krav än de som finns i gällande lagstiftning. Ett exempel är restriktioner mot användande av isocyanater som infördes bland de flesta offshore företagen i Norge1995-2000. Bakgrunden till förbudet var främst arbetsmiljörelaterat. Som ett svar på restriktionerna startades ett utvecklingsprogram, LUP där bland annat Jotun och Carboline ingick med uppgift att ta fram ett tvåskikts underhållsystem utan isocyanater för den Norska offshoreindustrin. Resultatet blev början på ett flitigt användande av polysiloxanbaserade färger. Utvecklingen av polysiloxanfärgerna färger var en drivande faktor till att Norska Statoil kunde förbjuda allt användande av isocyanater i färger år 2000. [16]

Ett annat exempel är ABB som övergått till att måla merparten av sina högspänningstransformatorer med vattenbaserade färger. Denna utveckling inom ABB har inneburit ett tätt sammarbete mellan beställare och färgleverantörer. Övergången till vattenbaserade system har krävt en noggrann processoptimering och utprovning av system som klarar de tuffa krav som ställs på transformatorer. [41]

13.2 Spridning till miljön

En miljöaspekt är hur man förhindrar spridning av kemikalier till miljön vid platsmålning. En möjlighet att minska kemikaliespridning är att upprätta krav på att objektet ska täckas in före sprutmålning i fält. Ett alternativ till sprutmålning som ger mindre spridning till miljön är roller och penselmålning. Både intäckning före sprutapplicering och applicering genom rollermålning innebär stora kostnadsökningar. Inklädnad och ställningsbyggnad är dyrt och tar tid. Rollermålning och penselmålning är betydligt mer tidskrävande appliceringsmetoder. Ur denna aspekt är det intressant att värdera hur stora kostnader som är acceptabla för att minska färgspridningen vid sprutmålning.

Intäckning kan vara att föredra av tekniska skäl. Det möjliggör att styra lufttemperatur, luftfuktighet och minskar väderleksberoendet. I och med att man inte blir lika beroende av vädret ökar också möjligheten att planera målningsentreprenaden så att tidsplaner lättare kan hållas. Mot denna bakgrund kan man därför anse att det är rimligt att kräva intäckning av bro före sprutmålning i fält, i synnerhet i de särskilda fall där recipienten är kännslig. Att rutinmässigt kräva intäckning oavsett läge är inte lika självklart. Samtliga tillfrågade personer i intervjudelen ansåg att det vore rimligt att kräva intäckning vid sprutmålning av bro i fält.

13.3 Miljöriskanalys av sprutning i fält

För att utvärdera om det finns risk för toxikologisk miljöpåverkan i samband med sprutmålning i fält har Trafikverket beställt en riskanalys. Riskanalysen är utförd i enlighet med EU direktiv 93/67/ECC samt Trafikverkets kemikaliekrav. Objektet för utvärderingen var målningsarbetet vid en komplett täckmålning av Motalabron, miljöutredningen utfördes av Ramböll [42]. Vid sprutmålning av bron spreds färg över land, vattnen och privat egendom. Hela Vättern är vattenskyddsområde och används som dricksvattentäkt. På grund av detta ledde målningsarbetet till anmälan om miljöbrott. I miljöutredningen skattas miljöpåverkan utifrån ett ”worst case scenario”. Man räknar med att totalt ca 715 kg färg läckt ut över vattnet samt att ca 385 kg färg har läckt ut över land. Rapporten fastställer att ca 30 % av den totala färgåtgången för målningsentreprenaden har hamnat i recipienten. Detta är beräknat utifrån den totala mängden färg som använts och den filmtjocklek som applicerats. Eftersom Vättern är en dricksvattentäkt anser man i rapporten att det inte är lämpligt att sprutmåla bron, istället anser man att rollermålning kan vara ett alternativ. Som en fördel med detta menar man att färgåtgången kan minskas.

I miljöutredningen har man valt att behandla färg och härdare separat. För varje enskilt ämne i innehållsförteckningen till färgen har riskkvoten, RCR (Risk Characterization Ratio) beräknats både för spridning över vatten och för spridning över jord. RCR beräknas enligt:

$$RCR = PEC/PNEC$$

Där PEC (Predicted Effect Concentration) Definieras som: en uppskattad lägsta koncentration av ämnet som påverkar miljön. PNEC (Predicted No Effect Concentration) definieras som en nolleffektskoncentration som för ämnet bedöms som säker exponering för miljön. RCR definieras som kvoten mellan PEC och PNEC. För att risken för miljön ska anses som acceptabel ska RCR-värdet vara mindre än 1.

Resultaten från utvärderingen är att följande utsläpp är i riskzonen:

- Påverkan från färgen
  jord: Butylacetat RCR = 39,1
  vatten: Solvent nafta tung aromatisk RCR = 1,11

- Påverkan från härdare
  jord: Butylacetat RCR = 6,8 samt hexametylen-1,6-diisocyanat RCR = 7,88
  vatten: ingen komponent i riskzonen.

Enligt miljöriskanalysen utgör alltså utsläppen över mark en betydligt större risk än utsläppen över dricksvattentäkten. Vad riskanalysen inte tar hänsyn till är att den applicerade färgen är en blandning av härdare och färg. När färgen och härdaren väl har blandats påbörjas härdningsprocessen. Härdningstiden för produkten borde därför ha tagits med i beaktande. På

grund av att färgen är känslig för vatten och att bron inte var intäckt kan man utgå ifrån att målningen utförts vid relativt torra luftförhållanden, dvs under perioder utan nederbörd. Detta innebär att den färg som hamnat i jorden hinner polymerisera innan den når spridning till grundvatten, eller 0,5m ner i jorden som man räknat med i rapporten. För långtidseffekter av spillet över land bör man därför istället betrakta färgutsläppet som om det vore uthärdad färg.

Den isocyanat som hamnar i vatten reagerar snabbt (troligen sek eller timmar) med vatten och bildar motsvarande amin under bildandet av koldioxid. Aminen är mindre toxisk än isocyanaten. För den eventuella akuta toxiciteten (sek eller timmar) kan det vara riktigt att beakta isocyanaten. Men för långtidseffekter av spridningen över vatten bör man räkna med att en del av spillet härdar till polymert material samt att den isocyanat som inte polymeriseras reagerar fullständigt för att bilda motsvarande amin.

Den största risken för miljöpåverkan är enligt utredningen utsläpp av butylacetat i jord. Butylacetat är ett lösningsmedel som under normala appliceringsförhållanden kommer att evaporera från den bildande färgfilmen. Att färgen ”applicerats” på marken istället för på bron spelar troligtvis mindre roll. Huvuddelen av butylacetaten kommer alltså att återfinnas i luften. Miljöpåverkan av butylacetatspridningen är därför troligen den samma oavsett om färgen härdar på bron eller på marken. Butylacetat används som lösningsmedel i olika typer av lacker och som smakämne i till exempel glass, godis och bakverk. Butylacetat har en fruktig doft och smak och förekommer även naturligt i många olika frukter, i synnerhet äppelsorten *Red Delicious* är rik på butylacetat. [43]

Eventuellt kan det vara lämpligt att sprutmåla stållådan med hjälp av intäckning. En flyttbar hängande intäckning skulle eventuellt kunna vara ekonomisk? Sedan kan man kanske tänka sig att rollermåla V-stagen. V-stagen på bron utgör ca 20 % av den totala ytan som ska målas. Som referens kan nämnas att i Danmark har man infört ett generellt förbud mot sprutmålning av polyuretanfärger.

Sammanfattningsvis kan man dra slutsatsen att krav på intäckning är både relevant och rimligt då recipienten är särskilt känslig, en ytvattentäkt eller liknande är ett bra exempel på det. Krav angående intäckning bör utvärderas i en riskanalys som görs innan målning påbörjas. **Bild 2** nedan visar på ett annat förhållande, där intäckning eller avskärmning borde ha utgjort en lämplig säkerhetsåtgärd.

Bild 2 *Takmålning med sprutapplicering. Här föreligger en uppenbar risk för spridning till miljön och kemikalieexponering för allmänheten. Bilden är tagen i Stockholmsområdet, 10 Maj 2016 kl. 12:51.*

13.4 Verkstadsmålning eller fältmålning?

En fråga som tagits upp inom Trafikverkets miljöarbete är om man med lägre krav på nyansskillnader kan övergå till att täckfärgen stationsmålas vid nybyggnationer. Arbetsmetodiken skulle kunna medföra fördelar ur kvalitetsynpunkt och miljösynpunkt, men även betyda en väsentlig ekonomisk besparing på grund av mindre behov av ställningsbyggnad och intäckning av broar före sprutmålning i fält. Det finns dock viss risk att estetiken blir lidande. Bakgrunden till dagens kravställning om att täckskiktet ska målas i fält är framför allt att konstruktionen ska få ett jämnt och enhetligt utseende efter bättringsmålning och målning av förband. För att möjliggöra stationsmålning av täckfärgen på en bro kan därför kraven om maximal kulörvariation innebära ett hinder.

Bättringsmålning och målning av svetsfogar och skruvförband sker idag i fält efter att konstruktionen har monterats, men före täckmålning. Bättringsmålning får utföras med hjälp av pensel vilket medför att bättrade ytor kan få en annan struktur och glans. Glansen påverkar i sin tur hur det mänskliga ögat uppfattar kulören. Kulöravvikelser kan också förekomma mellan färg med samma specificerade kulör från olika färgtillverkare. [44] [45] [46]

Bättringsmålning bör därför genomföras med färg av samma NCS-kulör från samma tillverkare som den stationsmålade täckfärgen. Bättringsmålningen bör också utföras med samma appliceringsteknik som vid stationsmålning. För att kunna gå över till täckskiktsmålning i målningsstation bör man därför införa krav på att färgen vid stationsmålning och bättringsmålning ska vara av samma kulör och från samma tillverkare. Då ges maximala tekniska förutsättningar för att minimera kulörvariationer mellan bättringsmålning och stationsmålning [33] [47]. Det kan också förekomma vissa mindre kulörvariationer mellan olika tillverkningssatser från en och samma leverantör. Av detta skäl

kan det vara bra att även använda färg från samma tillverkningssats. Detta kan lösas praktiskt genom att målningsentreprenören som verkstadsmålar brodelarna beställer mer färg än vad som krävs och levererar överbliven färg ihop med brodelarna för målning av förband efter montaget av bron. Även förhållandena vid applicering och härdning kan inverka på den slutliga kulören, kulörvariationer på grund av appliceringsförhållanden brukar som regel inte bli större än 0,5ΔE CIE-Lab [48]. Detta talar för att en förändring av arbetsmetodiken är förenlig med Trafikverkets nuvarande estetiska krav. Sammanfattningsvis bör man utvärdera om den fördefinierade målningsmetodiken ska vara att måla täckfärgen i station och att krav om täckmålning i fält får göras explicit för objekt där man anser att estetiken har särskilt stor betydelse.

Ett delprojekt i Förbifart Stockholm är en ny gångbro över E4:an i Kungens kurva. Brodelarna till bron är tillverkade och verkstadsmålade i Polen. Endast svetsfogar och bättringsmålning är utförda på plats. Målningsmetodiken valdes för att minska kostnaderna och riskerna i samband med att sprutmåla hela bron på plats. Resultatet blev tydliga nyansskillnader mellan de verkstadsmålade ytorna och de ytor som målats i efterhand i fält, se **bild 3** nedan. Vid mätning av kulören på de olika delarna av bron visade det sig att både de mörkare och ljusare partierna på bron faller inom toleranserna för angiven kulör. Mätningarna utfördes med en kulörmätare av modell: X-rite, RM130. Detta är ett tydligt exempel på att färg från samma leverantör och helst färg från samma tillverkningsbatch bör användas för att ge minimala kulöravvikelser vid bättringsmålning av nya stålkonstruktioner.

Bild 3. *Gångbro över E4:an vid Kungens kurva i Stockholm. Tydliga nyansskillnader mellan olika partier på grund av att svetsskarvar målats i efterhand i fält.*

13.5 Pigmentens miljöpåverkan

Miljörestriktioner har även drivit utvecklingen av nya pigment. Blymönja är ett mycket giftigt och mycket effektivt pigment för att motverka korrosion på kolstål. Blymönja har använts flitigt sedan 1800 talet, men är på grund av dess giftighet numera förbjudet inom EU. [49] Krominnehållande salter har också använts flitigt som korrosionsskyddande pigment. Det sexvärda kromet är också på väg att fasas ut. Krom är även det ett effektivt korrosionsskyddande pigment men det är också allergiframkallande och potentiellt cancerogent. I och med utfasningen av blymönjan och krom VI har metallisk zink fått ökad användning. Både i form av varmförzinkning/ sprutmetallisering och som

korrosionsskyddande pigment i färger för atmosfärisk exponering. I dagens barriärskapande färger som zinkrik epoxi och zinketylsilikat utgör metallisk zink ett överlägset korrosionsskydd eftersom det bidrar med katodiskt skydd av det underliggande stålet.

Zinkens ökade användande har inneburit en optimering med hänsyn till miljön. Zinkhaltiga grundfärger ger ett mycket gott korrosionsskydd. Däremot anses förbehandlingen vara viktigare vid användandet av zinkrik epoxi jämfört med oljebaserad målning med blymönja. Zinkens miljöpåverkan är dock drastiskt mycket lägre än vad blymönjans är, särskilt i samband med underhåll av målningssystemen. Viss spridning av zink kan anses försvarbart jämfört med spridning av blymönja. Handbok i varmgalvanisering, utgiven av Nordic Galvanizers, belyser zinkens miljöpåverkan:

Den naturliga bakrundshalten av Zink i Sverige uppgår i medeltal till ca 70 mg/kg torr jord. Naturvårdsverket har satt ett gränsvärde på 100 mg/kg. Många områden i Sverige har idag zinkbrist, och för att motverka detta sprids årligen ca 1000 ton zink på åkrar. Varphögar i Falunområdet har gett upphov till höga halter av zink i sjöar och vattendrag, undersökningar av dessa vattendrag samt andra områden med höga zinkhalter har inte visat på några störningar på organismer. Den huvudsakliga miljöpåverkan av zinken är vid brytning och anrikning, då stora mängder bly och kadmium bildas som biprodukt. [50]

Blyoxid är ett vitt pigment som tidigare användes mycket för att ge både korrosionsskydd och önskad färg. Här gäller samma som för blymönja, all användande av bly i färger är förbjuden i EU. Som ersättare för blyoxid används idag nästan uteslutande titandioxid. Titandioxiden är i stort sett helt ofarlig och återfinns bland annat som kontrastgivare i smink och livsmedelsprodukter [51], tex mjölkprodukter med låg fetthalt, (tillsats E171). Titandioxid har dock varit föremål för hälsodebatten som potentiellt farlig vid inandning av fint damm och nanopartiklar. Titandioxid framställs genom att titanmalmen kokas i starka syror som t ex svavelsyra och saltsyra. Vid kokningsprocessen bildas titantetraklorid som reagerar mycket kraftigt med vatten och bildar titandioxid. [52] Under kokningsprocessen bildas också svaveldioxid som måste tas om hand. Framställningen av titandioxid är riskfylld och innebär stora arbetsmiljörisker och energiresurser. Titandioxiden är den färgkomponent som står för det största klimatavtrycket vid färgtillverkning, särskilt vid tillverkning av ljusa kulörer. [53]

14 Alternativa färgsystem och metoder

I detta stycke behandlas olika alternativ till Trafikverkets brosystem. Syftet är att påbörja en kartläggning av olika alternativa produkter och förbehandlingsprocesser som redan finns på marknaden och som skulle kunna innebära fördelar för korrosionsskydd av broar inom Trafikverkets verksamhet. I en sådan studie blir det viktigt att belysa både fördelar och nackdelar med alternativen som tas upp. Det är också viktigt att poängtera att denna studie inte är uttömmande. Den bör istället ses som en omvärldsanalys som ständigt kommer att vara i behov av uppdatering och utprovning av nya produkter varefter de får utökad användning och ”trackrecord”.

Det ultimata färgsystemet för en broägare kommer alltid att vara det system som ger den absolut längsta livslängden på korrosionsskyddet till en acceptabel kostnad. Historisk sett har färgsystem som används på broar gått hand i hand med den generella utvecklingen av rostskyddsfärger. Ibland har regleringar och miljöfrågor varit en drivande kraft för utvecklingen. [24] Bob Parker, AGC Chemicals Americas, Inc. menar att det till dagens datum absolut mest populära systemen för rostskyddsmålning är zinkrik grundfärg, epoxi mellanfärg och en alifatisk polyuretan som täckfärg. För att maximera livslängden på rostskyddsmålning är zinkrik epoxi/epoxi/PUR det system man ska välja.

I målningsanvisning för vattenkraften (MAV) konstaterar man följande:

Eftersom nya produkter kontinuerligt kommer ut på marknaden finns ett behov av att utarbeta ett dokument för att underlätta för beställare när det kommer till att använda nya typer av färgsystem. Detta dokument bör innehålla tekniska krav, miljökrav, samt ekonomiska krav avseende totalkostnad för applicering. De ekonomiska kraven bör granskas ur ett LCC perspektiv. [7]

14.1 Friheter inom nuvarande kravställning

Kravställningen på de målningssystem som ska användas inom Trafikverket är specificerat i AMA anläggning 13 och TRVK Bro 2011: För broar i vägmiljö finns i praktiken endast ett system att välja:

Grundfärg: tvåkomponents zinkrik epoxi 60µm,
Mellanfärg: tvåkomponents järnglimmerpigmenterad epoxi
Täckfärg: enkomponents eller tvåkomponents alifatisk polyuretan

Total filmtjocklek ska vara 320 µm och den ska appliceras i 4-5 skikt. Systemet har enligt standard SS EN- ISO 12944-5:2007 en förväntad livslängd som är hög, d v s längre än 15 år i korrosivitetskategori C5-M. Enligt kravtexterna är man fri att använda vattenbaserade produkter, förutsatt att de klarar typprovningen som beskrivs i KI Rapport 1993:8, 1999:2. Det kan verka som att denna kravställning är oerhört specifik och väldigt snäv. För att reda ut begreppen är det därför intressant att undersöka vad som avses med en epoxifärg.

Epoxi är ett namn på en ämnesgrupp som innehåller en funktionell grupp, en så kallad epoxid. I detta hänseende beskriver man en reaktivitet. Epoxider reagerar genom addition av nukleofila grupper, t ex alkoholer, aminer, vatten m fl. I den meningen säger inte epoxifärg mycket om egenskaperna hos det färdiga färgskiktet. Namnet har dock kommit att utgöra en klassificering inom härdplaster där härdningen sker via reaktion mellan epoxiden och en amin. Resultatet är en klassificering som är väldigt bred, och innefattar därmed en uppsjö olika färger med varierande fysikaliska egenskaper. Nedan listas några olika typer av hartser, härdare, och reaktiva lösningsmedel som används i epoxifärger.

Epoxihartser
bisfenol A,
bisfenol F,
tetraglycidyl, 1,1,2,2, (para-hydroxifenol)etan
triglycidyl para-aminofenol
triglycidyl isocyanurate
polyglykol di-epoxid
cardanol-fenol bisfenol
tetrabrom-bisfenol A

Härdare
alifatiska diaminer
cykliska alifatiska diaminer
aromatiska aminer
fettsyramodifierade aminer (sk amido aminer)
ketiminer, imidazoliner (sk skyddade diaminer)
di-cyanimide (vanlig inom pulverlacker)
alifatiska tioler kan också används som härdare

reaktiva lösningsmedel
alifatisk glycidyl eter
aromatisk glycidyl eter

Det finns även epoxisystem som härdar med hjälp av isocyanater på samma sätt som polyuretaner gör. Det finns också exempel på epoxifärger som härdar via transesterifiering m h a syraanhydrider på liknande sätt som polyesterfärger gör. Med andra ord, möjligheterna att variera färgformuleringen är relativt stor inom klassificeringen epoxifärg. [52] Många av de ovan listade ämnena förekommer i specialprodukter för andra ändamål än atmosfärisk exponering. I kap 11.1 finns **Tabell 3** Färgsystem från några utvalda färgleverantörer som klarar Trafikverkets krav och typprovning. *HDI = Hexametylendiisocyanat, **DMP-30 = 2,4,6-Tris(dimetylaminometyl)fenol. Källa: produktdatablad [37] som listar huvudbeståndsdelarna i färger ämnade för bromålning och som klarar Trafikverkets krav och typprovningsförfarande. De flesta av dessa färger innehåller bisfenol A som bindemedelsbas och alifatiska aminer som härdare.

Epoxibaserade rostskyddsfärger skyddar den underliggande stålytan främst genom barriärverkan. De förhindrar transport av vatten, syre och lösta salter till stålytan. I den meningen fullgör rostskyddsfärgen en funktion, att hindra denna transport. I vissa avseenden kan denna funktion mätas genom analys av färgskiktet. Vid en övergång till funktionsbaserad kravställning och funktionsbaserad utvärdering av nya typer av färger kan det därför vara intressant att utvärdera om kravställningen bör innehålla krav utifrån färgsystemens fysiska egenskaper.

14.2 Produkter med hög torrhalt

I en artikel i Journal of Protective Coatings and Linings [54] jämförs epoxisystem med hög torrhalt med konventionella epoxisystem. Vid formulering av epoxifärger med hög torrhalt tvingas man gå över till lågmolekylära hartser och härdare. Lägre molekylvikter kan ge lägre viskositet som krävs vid tillverkning och applicering. Detta resulterar också i att man använder reaktiva föreningar som lösningsmedel. Dessa reaktiva lösningsmedel reagerar med hartset och bidrar därför inte till någon ökad emission av VOC. De konventionella epoxifärgerna innehåller högmolekylära hartser och högmolekylära härdare men också större total mängd VOC för att få en praktiskt tillämpbar viskositet på färgen.

Egenskaperna hos de färdiga färgerna kan variera något. Epoxifärger med hög torrhalt ger något bättre barriäregenskaper och något bättre motståndskraft mot kemikalier. De konventionella epoxifärgerna ger ett något mer flexibelt färgskikt. På grund av minskad risk för lösningsmedelsinneslutningar kan man applicera färgen i tjockare lager vid varje applicering då man använder färger med hög torrhalt.

Eftersom epoxisystem med hög torrhalt ofta består av härdare baserade på di-aminer istället för di-amider reagerar de fortare vilket i sin tur gör att man får en kortare brukstid. Färgen blir också anpassad till applicering vid lägre temperaturer vilket ger bättre möjligheter att måla trots kallt väderlag.

Epoxifärger med hög torrhalt kan ge problem med s k ”carbamation/ blushing” vilket beror på karbonylering av fria aminer med koldioxid från omgivande luft, denna typ av sidoreaktion är oönskad eftersom den leder till minskad glans och sämre vidhäftning mellan färglager. Effekten kan synas som minskad glans eller vita kristaller på den målade ytan.

Av tekniska skäl tillsätts ofta plastificeringsmedel i färger med hög torrhalt, dessa behövs vanligen inte i konventionella epoxifärger. Eftersom dessa tillsatser inte är en del av den polymera matrisen finns risk för att dessa ämnen lakas ur färgen efter att den är helt uthärdad. Detta kan i sin tur leda till miljöpåverkan av de urlakade ämnena samt ändrade mekaniska egenskaper hos färgfilmen under färgens livslängd.

System med lågmolekylära härdare minskar mängden VOC men ångtrycket på epoxider och härdare blir högre med minskad molekylvikt. Även om den totala mängden VOC i färgen minskar får man ökad spridning av reaktiva lösningsmedel vilka har en negativ inverkan på arbetsmiljön i samband med applicering. Författarna av artikeln, Daniel Totev och Marcelo

Rufo [40] menar att epoxifärger med hög torrhalt är bättre ur arbetsmiljösynpunkt. Men här krävs en diversifiering av problemet. En minskning av den totala mängden VOC i färgen ger inte direkt en bättre arbetsmiljö. För att bedöma riskerna i arbetsmiljön måste man ta hänsyn till vilken skyddsutrusning som används och vad konsekvenserna för eventuell exponering innebär. I vissa fall kan exponering för reaktiva lösningsmedel vara värre än exponering för relativt sett inerta lösningsmedel. Vid granskning av färgprodukters totala miljöpåverkan bör man därför vara noggrann med att definiera om det är yttre miljö eller arbetsmiljö som avses. Men även om tillräckliga åtgärder för att minska utsläpp och exponering har vidtagits.

14.3 Vattenburna färger

SSG:s ytskyddskommitté har genomfört ett utvärderingsprojekt för användning av vattenbaserade färger i korrosiva miljöer. Projektet har förutom färgernas beständighet fokuserat på applicering och användarvänlighet jämfört med traditionella lösningsmedelsburna färger. Projektet startades 2007 med exponering av provplåtar i kustnära industriell miljö, ca 5år. Enligt projektrapporten [55] kan vattenburna färger ge ett ytskydd som är minst lika beständigt som lösningsmedelsbaserade färger. Även kostnaden för att applicera färgerna är likvärdiga. De vattenburna färgerna har ett något dyrare kvadratmeterpris men ger många fördelar för arbetsmiljön vid målning i målningsstation. Negativt med produkttypen är att den ställer högre krav på renhet av stålytan och är mer beroende av omgivande förhållanden vid applicering. För att klara målning med vattenburna färger krävs normalt vissa investeringar i målningsanläggningen.

I Finland har man provat vattenbaserade produkter vid målning av broar. Metoden har däremot inte fått någon utbredd användning i Finland. ABB använder sig av vattenburna färger till transformatorer i extremt korrosiva miljöer. Ett exempel är transformatorer i ”offshore” för strömöverföring från vindkraftfält i södra Sverige. Inom ABB talar man om en korrosivitetskategori kallad C5-X för dessa installationer. Användningen av vattenburna färger inom ABB har föregåtts av ett långt och gemensamt samarbete mellan ABB och olika färgleverantörer. Erfarenheter från detta samarbete har varit att vattenburna färger är betydligt mycket känsligare för förbehandling och applicering jämfört med lösningsmedelsbaserade färger. I Trafikverkets nuvarande kravställning finns inget formellt hinder för användandet av vattenburna färger. Men på grund av den ökade känsligheten vid applicering blir produkttypen framförallt intressant för nyproduktioner där stålobjekt kan målas i målningsstation.

14.4 Polysiloxan

Sedan 2000 har utvecklingen av silikatbaserade färger resulterat i produkter med förbättrade egenskaper jämfört med de som först introducerades på marknaden i Nordsjön mellan 2000-2005. I dag anser många att de kan räknas till de allra bästa färgsystemen. Ett system bestående av zinksilikatprimer och polysiloxan som täckfärg ingick i en korrosionsprovning utförd av Swerea KIMAB [20]. Enligt studien gav denna typ av färg bäst resultat i fältstudierna, exponering i nio år på Bohus-Malmön. Systemet provades också i ACT ISO16701 och i ISO 20340. I de accelererade provningarna gav det silikatbaserade systemet näst bäst resultat. Eftersom denna typ av färg inte innehåller varken epoxi eller isocyanater kan den eventuellt utgöra ett gott substitut ur arbetsmiljösynpunkt såväl som ur

hållbarhetssynpunkt. Ur kvalitetssynpunkt finns dock några oklarheter. Som exempel finns ingen ISO-standard för kontroll av härdningsprocessen vid appliceringsarbetet. Zinksilikater är fukthärdande vilket innebär att det ställs andra krav på kontroll och betingelser vid appliceringen av dessa typer av färger.

En artikel i Journal of Protective Coatings and Linings [56] belyser ett vanligt förekommande problem med polysiloxanbaserade färger. Problematiken grundar sig i svårigheter att avgöra när färgen är uthärdad. Dessa produkter är fukthärdande och härdningstiden beror därför på temperatur och luftfuktighet. Eftersom färgen härdar utifrån och in ger härdningen en profil där olika lager i ett tvärsnitt av färgfilmen har nått olika grad av härdning. De yttre lagren kommer att vara genomhärdade tidigare än de inre lagren.

Som jämförelse härdar epoxi och uretanfärger med hjälp av en härdare som blandats i färgen till en homogen blandning före appliceringen. Dessa färgtyper är därför mindre känsliga för variationer i luftfuktighet. Dessa färger härdar också lika fort vid ytan som inne i färgfilmen och det blir därför lättare att avgöra när färgfilmen är övermålningsbar. Enligt artikeln är det inte ovanligt att problem uppstår när entreprenörer som är vana att arbeta med epoxi eller uretanfärger applicerar polysiloxanbaserade färger.

För att kunna avgöra när färgen är genomhärdad har man tagit fram en procedur: ASTM D4752 som är en standard för att prova färgfilmens beständighet mot lösningsmedelet metyl etyl-keton MEK. Den ohärdade silikatfärgen löser sig i MEK. Men den färdiga oorgansika polymeren gör inte det. Det finns ingen ISO standard för att bestämma uthärdning av silikatfärger.

14.5 Rapid Recoat

En artikel i Journal of Protective Coatings and Linings [57] beskriver konceptet ”Rapid Recoat”. Metoden har fått ökat användande i USA och är ett målningssystem baserat på zinkrika organiska grundfärger (90% zink) och polymerförstärkt oorganisk zinkrik grundfärg (65% zink). Ihop med polyasparginsyrabaserad polyuretan eller polysiloxan utgör de potentiella tvåskiktsystem som påstås vara lika bra som konventionella treskiktssystem med zinkepoxi, epoxi, alifatisk polyuretan. Systemet har kvalificerats genom provning i accelererade korrosionsprovningar, men har även har använts mycket i fält. Förutom färre lager påstår man även att topfärgerna kan läggas på mycket tidigare vilket ytterligare minskar tidsåtgången vid målning. Fördelen med systemet är att det är förhållandevis snabb applicering och metoden är därför särskilt intressant vid underhållsarbeten där tiden för avställning av konstruktionen är viktig att minimera.

14.6 Eon-Coat

Eon-Coat är en produkt som skulle kunna vara ett alternativ till målning av broar i fält. Enligt tillverkaren krävs endast en applicering, produkten är heller inte lika känslig för återrostning som lösningsmedelsbaserade färger. Enligt tillverkaren beror detta på att en legering bildas i gränsskiktet mellan stålytan och den korrosionsskyddande produkten. Produkten är även intressant ur miljösynpunkt eftersom den inte innehåller några organiska lösningsmedel eller sensibiliserande härdare [9]. Produkten består av Wollastonit som är ett naturligt

förekommande mineral. Mineralet består av ett kalciumhaltigt silikat med kemisk formel är $CaSiO_3$ [58]. Produkten innehåller också magnesiumhydroxid och fosforsyra.

Produkten är en biprodukt av ett utvecklingsprojekt för snabbhärdande betong utvecklad av NASA, USA. Betongen var tänkt att användas i en skyddsmetod för inneslutning av härdsmältor inom kärnkraftsindustrin i USA. Som korrosionsskydd har produkten visat god beständighet mot korrosion i accelererade provningar utförda av NASA [23]. Produkten har även vunnit priset Nace Corrosion Awards 2015. Trafikverket har utfört en fältprovning med Eon-Coat på en järnvägsbro i Varberg. Resultatet av detta projekt har ännu inte utvärderats. Produkten är värd att studera närmare för att avgöra dess lämplighet inom infrastruktur.

14.7 Fluorpolymerer

En alternativ produkt som skulle kunna innebära förbättrade korrosionsegenskaper är täckfärg baserad på polyfluorerade bindemedel. I en artikel i Journal of Protective Coatings and Linings [24] har man rapporterat fördelar och nackdelar med produkten. Mot bakgrund av LCA-analyser menar man att fluorpolymerer, närmare bestämt fluoretenvinyleter (FEVE), blir konkurrenskraftigt trots en högre initial investeringskostnad. Denna typ av färger har bättre motståndskraft mot UV-ljus samt mindre permeabilitet för vatten. De första FEVE färgerna var isocyanat-härdade 2-komponents produkter. Numer finns formuleringar för vattenburna isocyanat-härdade FEVE-produkter. Vattenburna polyuretan produkter har fått begränsad användning som täckfärg på broar i USA på grund av att de är mer känsliga för förhållanden vid appliceringen. FEVE absorberar inte UV och det är därför viktigt att inkludera UV-absorberande pigmentering och UV-stabilisatorer för att skydda den undre färgen mot UV-ljus. [59]

14.8 Termiskt sprutad zink och aluminium

Varmförzinkning är ett effektivt sätt att skydda stål som är utsatt för atmosfärisk korrosion. Varmförzinkning ger ett katodiskt skydd av det underliggande stålet. Zinken har lägre elektrokemisk potential än stål vilket gör att det i första hand är zinken som angrips av korrosion. Vid kontakt med luft, under rätt förhållanden bildar zink ett tätt oxidskikt som i sin tur skyddar zinken mot korrosion. Processen för varmförzinkning är industrialiserad och sker i princip i fyra steg. Ståldetaljerna som ska varmförzinkas tvättas och avfettas, sedan följer betning, fluxning och nedsänkning i zinkbad vid ca 460 ^{o}C. Vid varmförzinkning bildas ett relativt tjockt legeringslager som består av en järn-zinklegering. En nackdel med varmförzinkning är att storleken på ståldetaljer som ska korrosionsskyddas är begränsad av storleken på zinkbadet [50].

Termiskt sprutad zink är en metod som möjliggör att mycket stora objekt kan beläggas med zink. I apparaturen för termisk sprutning bildas en smälta av zink som appliceras på stålstrukturen med hjälp av tryckluft. Resultatet blir ett zinkskikt (30-300 µm) med katodisk skyddsverkan. Med termiskt sprutad zink beräknar man att den totala skikttjockleken bör ökas med ca 20 % för att ge samma korrosionsskydd som vid varmförzinkning. Vid termiskt sprutad zink är fasövergången mellan zink och järn mer väldefinierad, Vidhäftningen mellan stålet och zinken är rent mekanisk. Risken för vidhäftningsproblem och delaminering av zinklagret är därför större vid termisk sprutning än vid varmförzinkning. Metoden är också

känslig för förbehandlingsgraden av stålet, generellt krävs en renhetsgrad om minst Sa 2 1/2. Det finns olika metoder för sprutmetallisering. Huvudtyperna är flamsprutning och elektrisk sprutning. Vid flamsprutning skapas en het zon i sprutmunstycket genom förbränning av acetylen. Vid elektrisk sprutning skapas en elektrisk urladdning vid sprutmunstycket, en ljusbåge med hög temperatur bildas och smälter zinken. Metallisering med ljusbåge är något mer effektiv än flamsprutning. Utrustningen är dock dyrare och mer otymplig.

Metallisering är bullrigt och arbetsamt. Risker för inandning av zinkmetall finns också. Exponering för stora mängder zink kan ge upphov till sk zinkfrossa som är ett tecken på akut zinkförgiftning. Förzinkning med sprutmetallisering är mycket vanligt på broar i Norge. Brosystemet i det norska vägvesendet är sprutmetallisering med efterföljande målning i två lager. Ett mellanskikt bestående av MIO pigmenterad alkydfärg och en täckfärg med alkydfärg. Sprutmetallisering ger generellt ett mycket gott korrosionsskydd, men metoden är betydligt mer tidskrävande än målning. [60]

Termiskt sprutat aluminium är ett alternativ till termiskt sprutad zink. Aluminium som används för sprutning kan vara rent aluminium eller en legering av magnesium och aluminium i förhållande 5:95. Både ren aluminium och magnesiumlegeringen har lägre elektrokemisk potential än stål vilket gör att även dessa typer av beläggning ger ett katodiskt skydd av stålytan. Aluminium bildar på samma sätt som zink ett skyddande oxidskikt vid kontakt med luft. Det skyddande oxidskiktet som bildas på aluminium är dock mindre känslig för väta och klorider än vad zinkens är. Detta gör att termiskt sprutad aluminium använts i stor utsträckning inom den Norska oljeindustrin. Termiskt sprutad aluminium har dock givit stora problem då det har använts i s k duplexsystem där man målat ovanpå aluminiumskiktet. För att kunna måla på termiskt sprutad aluminium måste man applicera en ”sealer” mellan aluminiumskiktet och målningen.

I Japan har man börjat använda sig av termiskt sprutad magnesium-aluminium (5:95) vid underhåll på broar, främst på brodetaljer som bultar och expansionsförband. Metoden har i huvudsak använts där korrosion har uppkommit på grund av läckande tätskikt under vägbanan. Korrosionsskadorna som har uppkommit är ett resultat av salthaltigt vatten från vägbanan. I en Japansk studie [61] har man jämfört rostskyddsmålning, termiskt sprutad aluminium och varmförzinkning. Den accelererade korrosionsprovningen tyder på att sprutad aluminium har en drastiskt förbättrad livslängd jämfört med de övriga metoderna. Den accelererade korrosionsprovningen var en modifierad variant av saltspraymetoden. Studien bekräftar därmed att aluminium klarar långa våttider och salt bättre än zink. Studien tar också upp en ny teknik för sprutmetallisering, s k plasmaspray. Metoden är en variant av elektrisk sprutmetallisering med ljusbåge. Författarna hävdar att metoden är bättre anpassad för användande i fält på grund av att den fått en smidigare design som gör den lättare att jobba med. [61]

14.9 Blästring

Blästring under vakuum är en intressant teknik som skulle kunna minska miljöpåverkan och livscykelkostnaden för bromålning och underhållsmålning av broar. Företaget Pinovo har utvecklat en ny typ av blästringsapparatur som tillåter blästring och dammsugning av stålytan i ett och samma svep. De har utvecklat flera munstycken med olika utformning för att passa

olika godsgeometrier såsom rör, i-balkar, hörn, plana ytor mm. Metoden är utvecklad för att passa med blästermedel av typ grit bestående av aluminiumoxid. Detta blästermedel är ett av de dyraste men har också en hög avverkningsgrad.

I processen innesluts blästerstrålen i munstycket och återförs mha vakuum till en separationscyklon som skiljer blästermedel och färgrester för recirkulering av blästermedlet. Fördelen med metoden är att den potentiellt kan medföra ett minskat behov av intäckning vid blästring. Vid blästring av objekt innehållande särskilt giftiga färgpigment, exempelvis blymönja kan metoden vara ett bra komplement till intäckning. Metoden skulle också kunna vara lämplig för att öka kvalitet och underlätta vid underhållsmålning av broar i fält. Tillämpbarheten och kostnaden för metoden är värd att utvärdera närmare. [62] [63]

14.10 Laser-ablation

En relativt ny metod för att effektivt avlägsna gammal färg och rost före målning är att använda sig av pulsad laser, en metod som kallas för laser-ablation. Mekanismen är att en laser pulsas mot ytan varvid ett mikroskopiskt plasma bildas som sublimerar det fasta materialet. Vid bildandet av plastman skapas också en tryckvåg som hjälper till att lösgöra större partiklar från ytan. Tekniken finns tillgänglig i många olika utföranden. Bland annat finns en handhållen pistol som även har en inbyggd uppsamling av den bildade gasen och lösa partiklar. Uppsamlingen av bildad gas och partiklar sker med hjälp av en anordning som påminner om en dammsugare. Utsuget kopplas till samma munstycke som laserstrålen och luftflödet renas sedan i en flerstegs filteranläggning.

Fördelar med metoden är att den avlägsnar föroreningar som olja fett rost och klorider på en och samma gång. Metoden kräver inget blästermedel vatten eller andra förbrukningsmaterial, och det genereras därför inga stora mängder farligt avfall som måste omhändertas. Metoden är också snabb, upp till 80cm^2/sek. Den underliggande strukturen i stålet påverkas inte nämnvärt, dvs man får ingen poleringseffekt som vid mekanisk bearbetning. Däremot skapas heller ingen ny ytråhet vilket gör att metoden är bäst lämpad för underhållsarbete. Metoden är mycket känslig och kan finjusteras så att endast det övre lagret i ett målningssystem avlägsnas. Potentiellt är det därför en mycket effektiv metod att använda istället för svepblästring.

En fråga av intresse är hur metoden påverkar arbetsmiljön. Bullernivåerna är mycket lägre än vid blästring. Partikelstorleksfördelningen på de partiklar som frigörs från plasmat, hur stor andel av de genererade partiklarna som sprids vid munstycket och hur stor del av det förgasade materialet som passerar filtreringen är parametrar som kommer att påverka arbetsmiljön. Vid heta arbeten som svetsning och slipning på polyuretan bildas giftiga gaser som vätecyanid och isocyanater. Som fria gaser går dessa ämnen inte att filtrera med partikelfilter utan måste absorberas för att inte spridas på arbetsplatsen. För att avgöra metodens lämplighet bör bildandet av skadliga föreningar studeras. Metoden fick det tyska miljöpriset ”Deutche Umweltspreis” 2010 och verkar så pass lovande att den bör studeras närmare. [64]

14.11 Nya kontrollmetoder

I Trafikverkets nuvarande krav på kontroller av rostskyddsmålning finns inga kvantitativa krav gällande maximal halt saltföroreningar på stålytor före målning. Istället har man krav om att alla ytor ska högtrycktvättas med vatten. Vid införande av funktionskrav kan ett ställförträdande funktionskrav för kvalitet vara en maximal tillåten salthalt på stålytan före målning. Traditionellt används breslemetoden för att kontrollera salthalten. En nackdel med breslemetoden är att den är relativt tidskrävande. För att underlätta salthaltsmätningar har Elcometer utvecklat ett elektroniskt mätinstrument som snabbar upp analysen avsevärt. Mätinstrumentet är användarvänligt och producerar data som kan exporteras elektroniskt vilket underlättar vid rapportering av analysresultat. [65] Användandet av metoden kan minska kostnaderna för kontroll av rostskyddsmålning, alternativt kan metoden erbjuda en mer utförlig kontroll av salthalten på stålytor som ska skyddas genom målning. En nackdel är dock att metoden ännu inte finns beskriven i relevanta standarder.

15 Intervjuer

Målet med intervjudelen i detta projekt var att få klarhet i hur olika aktörer i målningsbranschen ser på funktionskrav. Intervjuobjekten omfattar representanter från färgleverantörer, beställare och specialister inom målning. Experter på alternativa upphandlingsförfaranden finns också representerade. Några av intervjuerna har genomförts i grupp om två till fyra personer. I dessa fall har intervjuerna präglats av intensiva diskussioner vilket gör att intervjureferaten speglar ett gemensamt tyckande eller slutsats i dessa diskussioner snarare än de enskilda individernas åsikter.

För att ge ett tydligare perspektiv på vad olika aktörer i branschen tycker har en serie standardfrågor använts i utvalda intervjuer. Efter intervjuerna har alla medverkande fått ta del av intervjureferatet, dvs svaren på de standardiserade frågorna. I samband med detta har de intervjuade även givits fria händer att ändra i referaten. Intervjureferaten finns i sin helhet i bilaga Appendix-Intervjureferat.

15.1 Intervjulista- standardiserade frågor

Trafikverket	Ove Malmberg	Projektledare
Beställare	Sylva Arnell	ABB
	Lars Igetoft	ABB
Entreprenörer	Markku Virulainen,	Skanska
	Markus Glaas,	Skanska
Färgleverantörer	Kurt Fredriksson	Tikkurila, SVEFF
	Lennart Björk	Tikkurila
	Johan Hansson	Tikkurila, SVEFF
	Michael Aamodt	Tikkurila
Inspektörer/specialister	Charlotte Persson	ÅF-Division Industry Konsult
	Torbjörn Stenbeck	Riksrevisionen

Arne Finman	Ytskyddsakademien
Patrik Reuterswärd	Fd Swerea KIMAB
Mårten Juslin	FROSIO inspektör

15.2 Intervjulista – övriga frågeställningar

Hans Pétursson	Stålspecialist underhåll (referens grupp)
Marlena Bengtsson	Miljöspecialist (referens grupp)
Robert Hällmark	Stålspecialist nya konstr. (referens grupp)
Charles Edquist	Professor Lunds Universitet, innovationsforskning
Jan Nordmark	Teknisk Säljare, Teknos AB
Örjan Ehn	Byggledare, Trafikverket
Öyvind F. Martinussen	Key Account Manager, Pinovo
Sigurd Källberg	Eon Coating

16 Diskussion

Funktionsbaserad upphandling lämpar sig bäst för produkter eller tjänster där funktionen är direkt mätbar. Om funktionen är överlägsen eller undermålig är av underordnad betydelse, det viktiga är att funktionen, eller brist på funktion går att uppleva eller mäta. Med andra ord, för att funktionskrav ska stimulera konkurrens är det viktigt med en snabb återkoppling. Det finns många vardagliga exempel på produkter och tjänster som ger en direkt återkoppling av funktionen. Hur man upplever servicen på lunchrestaurangen eller hur ofta man kommer försent till jobbet på grund av trafikproblem är två exempel.

När det gäller rostskyddsmålning är det mycket svårt att bestämma förväntad livslängd av ett korrosionsskydd genom att enbart utföra kontroll av det färdiga ytskiktet. Om korrosionsskyddet är en ny produkt försvåras denna utvärdering ytterligare, på grund av avsaknad av referenser. Resultatet av rostskyddsmålning påverkas i hög grad av hur det objekt som ska rostskyddas är konstruerat och förbehandlat. Utformning av stålkonstruktioner och förbehandling av stålytor kräver därför noggranna kontroller. Alla färgleverantörer specificerar noggrant vilka förbehandlingskrav och appliceringsförhållanden som ska gälla för att uppnå ett fullgott resultat. Parametrar som leder till hög kvalitet är välkända och väldokumenterade. Denna del av rostskyddsmålning bör därför även fortsättningsvis specificeras med utförandekrav och kontroll av stålytor före målning.

När det gäller krav på använda färgprodukter är situationen något annorlunda. Det sker hela tiden utveckling av nya färgprodukter som potentiellt skulle kunna sänka kostnaderna i samband med korrosionsskydd eller minska miljöbelastningen. Därför bör man kontinuerligt bedriva en aktiv omvärldsbevakning i syfte att utvärdera dessa nya produkter. Det bör dock poängteras att Trafikverkets nuvarande målningssystem är relativt robusta och rätt applicerat ger de mycket gott korrosionsskydd.

Utvärdering av alternativa korrosionsskydd bör innefatta funktioner som livslängd, katodisk skyddsverkan, estetik, förenklingar vid handhavande och applicering samt underlättat underhåll. Den totala miljöbelastningen under ***konstruktionens*** livslängd bör också vägas in med hjälp av livscykelanalys (LCA). Val av korrosionsskydd ska ses som en optimering mellan kostnad-livslängd-miljö, kostnader för korrosionsskyddet bör därför utvärderas genom analys av livscykelkostnader (LCC). Trafikverket tillämpar även en ekonomisk modell för nuvärdesanalys som bör ingå i utvärderingen. Korrosionsprovning av nya rostskyddsbeläggningar ska vara genomförda med godkända resultat innan produkterna används för provapplicering på stålstrukturer i infrastruktur. Hur dessa korrosionsprovningar bör se ut och vilka krav som bör ingå, är en studie för fortsättningen av detta projekt, (del 3 och 4).

Riskvärdering, linjär utveckling och funktionskrav

Riskvärdering och riskhantering är centralt i Trafikverkets arbete med totalentreprenad, funktionskrav och innovation. Under rubriken funktionskrav, (kap 4 i denna rapport) görs det klart att innovationsvänlig upphandling och funktionskrav innebär ökade risker, såväl risker för utebliven innovation, för tekniska misslyckanden som för ekonomiska konsekvenser. Professor Charles Edquist som studerat innovationssystem menar att vissa risker måste man acceptera om man vill driva den tekniska utvecklingen framåt. Påståendet är givetvis sant, men en betydande del av det vi kallar ingenjörskonst är att hantera risker. Att göra småskaliga försök samt att dra slutsatser om en viss produkt lämpar sig för det funktionella problem den är avsedd att lösa, är exempel på riskhantering. I den meningen innebär funktionsupphandling en arbetsmetodik som är svår att greppa för många ingenjörer.

Om man istället skulle beskriva funktionsupphandling som en brainstorming, en förstudie eller en inkubator med syfte att skapa lateralt tänkande, skulle troligtvis flertalet ingenjörer känna sig betydligt mer trygga. Dessa är idéskapande tekniker som används inom alla teknikintensiva företag, uttalat eller under pseudonym. Det är dock viktigt att göra en tydlig skillnad mellan innovationer och idéer, i princip alla innovationer startar med en idé. Det är först när idén har utvecklats till en säljbar produkt som implementerats och bevisat sitt mervärde som den kan kallas för en innovation. Traditionellt sett är produktutveckling en linjär process, där idéer genererar prototyper. Prototyper revideras och när man är nöjd med prototypens funktion kan den kommersialiseras och förhoppningsvis leda till en innovativ produkt. Innovationskraften i funktionskrav är egentligen en typ av idégenerering, men eftersom idéerna genereras i en upphandlingssituation ger den dessutom en direkt implementering. Effektivt kan man säga att man utesluter prototypgenerering och prototyputvärdering. Detta kan upplevas som oansvarigt och skapa skepsis hos många ingenjörer.

Utvärdering och misslyckanden kostar pengar.

När det gäller produktval bör man inte använda högriskprojekt för att utvärdera nya produkttyper, risken är då för stor i förhållande till nyttan. Däremot är det viktigt att Trafikverkets kravställning ses över så att nya lovande produkter och tekniker inte utesluts. För att nå det målet kan funktionskrav vara en lämplig väg att gå. Funktionskrav skulle också kunna vara ett effektivt sätt att minska andelen slentrianmässiga upphandlingar, dvs upphandlingar där man inte bryr sig om att ens utvärdera alternativa metoder.

Inom rostskyddsmålning finns det mindre riskfyllda alternativ till en allomfattande förändrad kravställning och funktionsupphandling. En strategi skulle kunna vara att regelbundet genomföra upphandlingar med funktionsbaserad kravställning för en ***delmängd*** av den offentliga upphandlingen. Anbuden kan sedan gås igenom grundligt av en oberoende part, eller en kommitté av experter, och utvärderas med avseende på LCC, korrosionsskydd, användarvänlighet vid applicering, underhållsbehov mm. På så sätt skulle hela processen med alternativa upphandlingsstrategier (funktionskrav) och dess genomförande kunna utvärderas. Utprovning av nya färgtyper och processmetoder skulle då finansieras av reguljär offentlig upphandling och utvärderas i fält på verkliga objekt.

Ny teknik och processmetodik som kommer fram under projekt med funktionsbaserad kravställning kan sedan överföras till utförandeentreprenader för huvuddelen av den offentliga upphandlingen. Fördelen med denna strategi är att lämpliga lågriskobjekt kan väljas ut så att risker minimeras. Strategin är speciellt intressant för rostskyddsmålning, eftersom målning (inom infrastruktur) inte är särskilt objektspecifikt. Med andra ord, det system som fungerar på en viss bro, fungerar även på de flesta andra broar. Strategin har mycket gemensamt med anbudstävlingar, Torbjörn Stenbeck tar upp dessa som en alternativ upphandlingsstrategi i sin doktorsavhandling.

Funktionsupphandling och kvalitet

För att kunna införa funktionsupphandling inom ett område som rostskyddsmålning måste man införa funktionskrav gällande produkternas korrosionsskyddande egenskaper och livslängd. För att kunna kontrollera att dessa krav uppfylls måsta man korrosionsprova och utvärdera prototyper med avseende på deras skyddande förmåga. All korrosionsprovning är tidskrävande och behäftad med brister och uppskattningar. Provningens omfattning måste därför vägas mot risken för feltolkningar och risken för långsam produkttillämpning.

Utvecklingen av nya korrosionsskyddande beläggningar sker i en symbios mellan bindemedelstillverkare, pigmenttillverkare och färgfabrikanter. Färgfabrikanterna står för formulering och utprovning av nya produkter. Konkurrensen mellan olika färgtillverkare, (färger för professionellt bruk) präglas mer av hög kvalitet snarare än konkurrens om priser. Detta är givetvis sunt och borgar för utveckling av bättre färger. Däremot innebär det att typprovning av nya produkter bör läggas hos oberoende part. Då kan korrosionsegenskaper hos alternativa produkter från olika färgleverantörer jämföras på ett objektivt sätt.

Färgtillverkarnas kvalitetsdrivna konkurrens medför att godtagbar förbehandling och renhet av den underliggande stålytan såväl som appliceringsförhållanden är väl utvärderade och specificerade i färgtillverkarnas produktdatablad. Specifikationerna är delvis formulerade som funktionskrav, tex anges stålytans renhet, inte att trycket vid högtryckstvättning måste vara minst 200 bar. Andra krav i specifikationerna är härdningstider och appliceringsförhållanden. Dessa krav är formulerade som utförandekrav och det vore helt förkastligt att försöka göra om dem till något annat. De beskriver förutsättningarna för att produkten ska fungera. Krav gällande förbehandlingen bör med andra ord specificeras som utförandekrav i enlighet med färgtillverkarens datablad. Det finns dock vissa nödvändiga tillägg till färgtillverkarnas specifikationer som bör finnas med i Trafikverkets kravställning.

Färgtillverkarnas datablad innehåller förbehandlingskrav, blästerprofil och renhet av flata ytor. Trafikverkets krav kring förbehandling innefattar även krav kring defekter som svetssprut, utformning och brytning av kanter. Oftast är det kanter, spalter, stegsvetsar, notchar och andra svåråtkomliga ytor som begränsar korrosionsskyddets livslängd. Dessa utförandekrav är därför relevanta. Andra krav har potential att höja kvaliteten i form av att målningsprocessen underlättas. Exempel på sådana krav är att olika färglager ska ha olika kulör för att underlätta vid applicering och kontroller. Ett annat exempel är att invändiga ytor ska målas med ljusa kulörer för att underlätta inspektion. Denna del av Trafikverkets kravställning är därför också relevant.

Riskdelning

Totalentreprenader handlar om uppfinningsrikedom och riskdelning mellan Trafikverket och dess entreprenörer. Ponera att ett funktionskrav är att ett visst objekt ska rostskyddas i minst 30 år och att uppdraget läggs ut på en totalentreprenad med underhållsåtaganden. Viktiga frågeställningar är då om en entreprenör är mer riskbenägen än Trafikverket? Vilken aktör har högst riskmedvetenhet? Hur stort risktagande är önskvärt? Generellt gäller att riskmedvetenheten ökar med omfattningen av det ekonomiska ansvaret, sannolikheten att något ska gå fel och med omfattningen på konsekvenserna då det går fel. Tänkt entreprenör kommer ur egen risksynpunkt troligen förlita sig på väl beprövade system som är beskrivna i lämplig standard.

Förhållanden som talar för att entreprenören skulle vara mer riskbenägen än Trafikverket är om korrosionsskyddet upphandlas via funktionskrav utan ytterligare åtaganden än en garantitid på 5år. Ett sådant förfarande innebär att entreprenören inte kan förväntas ta på sig ägandeskapet för de problem som uppkommer efter garantitiden. Dessa förhållanden ökar sannolikheten att riskutvärdering och riskhantering uteblir och att eventuella merkostnader hamnar på Trafikverket som ska förvalta infrastrukturen. Funktionskrav utan ökat ansvar för entreprenören kan leda till alltför stora risktaganden. Omfattningen av detta problem skulle dock kunna begränsas om upphandling med funktionskrav enbart genomförs för en delmängd av Trafikverkets upphandling.

En betydande skillnad mellan de två tänkta aktörerna är att endast Trafikverket omfattas av lagen om offentlig upphandling. Ett aktiebolag har större friheter att välja en samarbetspartner för att utveckla det optimala korrosionsskyddet över lång tid. Frågan är om roten till problemet med funktionskrav egentligen ligger i lagen om offentlig upphandling? Det återstår att se vad det nya EU-direktivet om innovationspartnerskap kommer att betyda för offentlig upphandling.

Innovationer och reguljär offentlig upphandling

Forskning kan delas upp i grundforskning och uppdragsforskning, där den senare har betydligt mer fokus på problemlösning och är driven av mänskliga ekonomiska intressen. Grundforskning är mer beskrivande och syftar till att skapa modeller för processer och naturlagar. Rör man sig längre ut på skalan blir uppdragsforskning objektspecifik forskning eller objektspecifik uppdragsforskning, synonymt med produktutveckling. Grundforskning ger större utrymme och möjligheter att skapa revolutionerande innovationer, produktutveckling är mer inriktat mot inkrementella innovationer. I den utsträckning funktionsupphandlingar kan leda till innovationer inom rostskyddsmålning är troligtvis den

absoluta majoriteten inkrementella innovationer. För att driva fram revolutionerande produkter är det troligtvis lämpligare att lägga en del av budgeten för upphandling av rostskyddsmålning på uppdragsforskning eller grundforskning i korrosionslära, polymerteknologi och elektrokemi.

I viss mån utgör även de befintliga standarderna ett hinder för de mest revolutionerande innovationerna. Det är därför tveksamt om man kan förvänta sig stora förändringar av rostskyddsmålning inom ramen för de existerande standarderna. För att åstadkomma revolutionerande innovationer kan man behöva gå utanför det standardiserande regelverket. Ett exempel på detta är SSG:s standard om ytskydd där man har som krav att godkända målningssystem ska klara tester som innefattar exponering mot 25 % svavelsyra. Denna provningsmetod kan i vissa fall vara relevant, men skulle troligtvis utesluta alternativa system som EonCoat, anpassat för ett pH-område på 6-11. Att helt ta bort standarder inom rostskyddsmålning till förmån för att skapa drivkraft för nya innovationer, som möjligtvis skulle kunna ge mer miljö- och kostnadseffektiva målningssystem på sikt, är givetvis förkastligt och skulle med stor sannolikhet leda till stora samhälleliga kostnader. Risken för tillämpning av obeprövade system med alltför korta livslängder skulle bli för stor.

Miljö och alternativa produkter/ metoder

Kraven i AMA Anläggning är formulerade som utförandekrav. Detta innebär att det finns en motsättning då totalentreprenad används som kontraktsform. Miljöarbetet och utvecklingsarbetet är då delvis funktionsupphandlat, men de tekniska specifikationerna innehåller utförandekrav. För att harmonisera detta bör den som har ansvaret för miljöarbetet ges rimliga friheter att påverka, så att jobbet blir korrekt utfört.

För att driva miljöfrågor visar intervjudelen på att det är viktigt att ställa krav på att miljöförbättrande åtgärder vidtas. Det kan till exempel vara utförandekrav som intäckning av broar vid sprutmålning eller blästring. Men kraven kan också formuleras som funktionskrav. Som exempel kan man införa krav på att minst 90 % av allt blästermedel måste samlas upp och deponeras, en väg som den finska vägmyndigheten har valt. Eller att spridning till omgivningen vid sprutmålning inte får överstiga 20 % av totalmängden förbrukad färg. I praktiken skulle sådan kravställning innebära att alla broar måste täckas in före blästring och målning, eller att metoder som vakuumblästring, laserablation och penselmålning med framtidens intelligenta robotar blir möjliga.

I kapitlet 14 behandlas några olika alternativa färgsystem. Oorganisk zinksilikat, termiskt sprutad zink och färger med fluorerade bindemedel är exempel på produkter som kan förväntas ge minst lika lång livslängd som Trafikverkets nuvarande produkter. Gemensamt för dessa system är att de alla innebär högre initial kostnad. Fluorerade bindemedel kan ge ökad barriärverkan men är dyrare. De övriga systemen blir dyrare för att förbehandlingskraven är högre, minst Sa3, vilket är nödvändigt för att ge god vidhäftning. Sprutmetallisering är dessutom mer tidskrävande vid appliceringen. Det är möjligt att Trafikverkets nuvarande system innebär en optimering av kvalitet-kostnad och är mer ekonomisk ur ett LCC-perspektiv. LCC-analys av dessa alternativa system är något som kommer att behandlas i fortsättningen av detta projekt (del 3 och 4).

Vad gäller mer miljövänliga system finns det idag vattenburna system baserade på epoxi/polyuretan, som skulle kunna ge likvärdig livslängd som Trafikverkets nuvarande system. Problemet med de vattenburna systemen är att de än så länge är känsligare för variationer i appliceringsförhållanden. De är därför främst intressanta vid stationsmålning av nya brosektioner och mindre brodelar, tex broräcken. Vattenbaserad oorganisk zinksilikat kombinerat med vattenbaserad polysiloxan är ett alternativt system utan sensibiliserande härdare och i stort sett helt fri från lösningsmedel som ger miljöpåverkan. Rätt applicerat utgör detta system dessutom ett mycket gott korrosionsskydd. Systemet är dock mer krävande vad gäller förbehandling och applicering, vilket gör att riskerna för en misslyckad påföring ökar samt att initialkostnaden kan väntas bli högre. Med andra ord kan man konstatera att det finns mer miljövänliga målningssystem på marknaden, men tillämpningen av dessa system kan komma att innebära en merkostnad. Dels för att produkterna och metoderna är dyrare men också för att man kan förvänta sig en initial kostnad för omställningen till att använda alternativa produkter.

17 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras utifrån den utredning som gjorts inklusive de intervjuer som genomförts:

- För att funktionskrav ska stimulera konkurrens är det viktigt med en snabb återkoppling. Funktionsbaserad upphandling lämpar sig därför bäst för produkter där funktionen är direkt mätbar.

- På grund av rostskyddsfärgernas långa livslängd saknas ofta möjligheter till snabb återkoppling vilket gör att kombinationen korrosionsskydd och funktionskrav är svår.

- Välkända och väldokumenterade parametrar som leder till hög kvalitet bör specificeras med utförandekrav. Exempel på sådana parametrar är förhållanden vid applicering och appliceringsmetod.

- Krav på förbehandling, d v s stålets renhet, råhet och utformning är mätbara parametrar som skulle kunna kallas ställföreträdande funktionskrav. De ger förutsättningar för god kvalitet av det slutgiltiga korrosionsskyddet. Krav på sådana mätbara funktioner bör specificeras vid upphandling och kontrolleras under entreprenaden.

- Trafikverket eller utsedd oberoende konsult bör kontinuerligt bedriva en aktiv omvärldsbevakning i syfte att utvärdera nya produkter med förbättrade egenskaper och lägre miljöpåverkan.

- Utvärdering av alternativa korrosionsskydd bör innefatta funktioner som livslängd, katodisk skyddsverkan, estetik, förenklingar vid handhavande och applicering samt underlättat underhåll. Den totala miljöbelastningen under konstruktionens livslängd bör också vägas in.

- För att kunna införa funktionsupphandling inom ett område som rostskyddsmålning måste man införa funktionskrav gällande produkternas korrosionsskyddande egenskaper och livslängd. För att kunna kontrollera att dessa krav uppfylls måsta man korrosionsprova och utvärdera prototyper med avseende på deras skyddande förmåga.

- Korrosionsprovning av nya rostskyddsbeläggningar ska vara genomförda med godkända resultat innan produkterna används för provapplicering på stålstrukturer i infrastruktur. Hur dessa korrosionsprovningar bör se ut och vilka funktionskrav som bör ingå, är en studie för fortsättningen av detta projekt.

- All korrosionsprovning är tidskrävande och behäftad med brister och uppskattningar. Provningens omfattning måste därför vägas mot risken för feltolkningar och risken för långsam produkttillämpning.

- Typprovning av nya produkter bör läggas hos oberoende part. Då kan korrosionsegenskaper hos alternativa produkter från olika färgleverantörer jämföras på ett objektivt sätt.

- Trafikverkets krav är formulerade som utförandekrav. Detta innebär att det finns en motsättning då totalentreprenad används som kontraktsform. Miljöarbetet och utvecklingsarbetet är då delvis funktionsupphandlat, men de tekniska specifikationerna innehåller utförandekrav. Det är viktigt att Trafikverkets kravställning ses över så att nya beprövade produkter och tekniker inte utesluts.

- För att harmonisera dagens kravställning med totalentreprenad bör den som har ansvaret för miljöarbetet ges rimliga friheter att påverka val av produkter och utförande.

- För att driva miljöfrågor är det viktigt att ställa krav på att miljöförbättrande åtgärder vidtas. Det kan till exempel vara utförandekrav som intäckning av broar vid sprutmålning eller blästring. Men kraven kan också formuleras som funktionskrav.

- Riskvärdering och riskhantering är centralt i Trafikverkets arbete med totalentreprenad, funktionskrav och innovation. Risker vid tillämpning av nya produkter måste vägas mot risken för utebliven innovation och utveckling.

- Innovationskraften i funktionskrav är en typ av idégenerering, eftersom idéerna genereras i en upphandlingssituation ger den dessutom en direkt implementering. Funktionskrav får inte resultera i att prototypgenerering och prototyputvärdering uteblir vilket upplevs som en risk hos många ingenjörer och beställare.

- När det gäller produktval bör man inte använda högriskprojekt för att utvärdera nya produkttyper, risken är då för stor i förhållande till nyttan.

- I den utsträckning funktionsupphandlingar kan leda till innovationer inom rostskyddsmålning är troligtvis den absoluta majoriteten ej revolutionerande utan inkrementella innovationer.

- Det finns alternativa system på marknaden som skulle kunna ge likvärdigt korrosionsskydd som Trafikverkets nuvarande system. Dessa potentiella system har ofta en högre initial kostnad.

- Det är möjligt att Trafikverkets nuvarande system innebär en god optimering av kvalitet-kostnad-miljö ur ett LCC/LCA-perspektiv. LCC och LCA-analys av dessa samt alternativa system kommer att behandlas i fortsättningen av detta projekt

- En strategi att begränsa risktagandet vid införandet av funktionskrav är att funktionskrav införs för en delmängd av den offentliga upphandlingen. Erfarenheter från projekt med funktionskrav kan sedan överföras till utförandekrav för huvuddelen av den offentliga upphalningen.

- En effekt som funktionskrav ger är att öka sammarbetet och dialogen mellan beställare färgleverantör och entreprenör. Ökat fokus på denna dialog samt en förändrad kravställning som tillåter användandet av nya tekniker och produkter kan öka tillämpningen av nya produkter och metoder i Trafikverkets verksamhet.

18 Förslag till fortsatt arbete

Denna rapport belyser problem och möjligheter med funktionskrav och utgör ett första steg i arbetet med att ta fram ett förslag till en funktionsbaserad kravställning. Frågor som behandlas i denna rapport och som bör ha stort fokus i fortsatt arbete är hur kvalitet kan säkerställas, vilka typprovningsmetoder som bör användas och vilka kontroller som är nödvändiga. Fortsatt arbete bör också eftersöka en metodik för att vikta mjukare parametrar som miljö och uppfinningsrikedom i anbudsutvärderingar i samband med funktionsupphandling.

Funktionskrav är tänkt att ge innovationer, öka tillämpandet av nya tekniker och användandet av mer miljövänliga produkter. Funktionskrav kan dessutom ses som en del av Trafikverkets övergripande strategi att bli en renodlad beställare och som en vidareutveckling av konceptet totalentreprenad. Av dessa anledningar är det högst intressant att utarbeta ett förslag till en alternativ funktionsbaserad kravställning. Fortsatt arbete bör vara inriktat på att formulera sådana funktionskrav för Trafikverkets verksamhet inom rostskyddsmålning. Framtagna funktionskrav bör sedan implementeras i upphandlingen av ett utvalt lämpligt projekt. Implementeringen bör ske som ett försök inom ramen för ett forskningsprojekt med syfte att utvärdera både den alternativa kravställningen och det erhållda korrosionsskyddet.

För att få en effektiv kravställning som också är innovativ är det viktigt att alla aktörer i branschen - entreprenörer, färgleverantörer samt beställare - kan enas om en kravställning som är acceptabel och som ger utrymme för innovation utan att äventyra kvalitet och leveranssäkerhet i alltför stor omfattning. Fortsatt arbete bör därför innehålla seminarium, workshops eller liknande forum för att skapa en förankring av en funktionsbaserad kravställning bland de berörda aktörerna.

En attraktiv strategi för att utnyttja fördelarna med funktionsupphandling och samtidigt begränsa nackdelarna skulle kunna vara att regelbundet genomföra upphandlingar med funktionsbaserad kravställning för en delmängd av den offentliga upphandlingen. Anbuden kan sedan gås igenom grundligt av en oberoende part, eller en kommitté av experter, och utvärderas med avseende på LCA, LCC, korrosionsskydd, användarvänlighet vid applicering, underhållsbehov mm. Ny teknik och processmetodik som kommer fram under projekt med

funktionsbaserad kravställning kan sedan överföras till utförandeentreprenader för huvuddelen av den offentliga upphandlingen. Fördelen med denna strategi är att lämpliga lågriskobjekt kan väljas ut, så att risker minimeras.

19 Referenser

[1] B. Saxton, ”Trafikverkets arbete för ökad produktivitet och innovation i anläggningsbranschen,” Trafik Analys, 2015.

[2] ”Utökad Samverkan - En Svensk modell för anläggningsbranschen,” FIA Sverige, 2006.

[3] C. Edquist, ”Offentlig upphandling och innovation Uppdragsforskningsrapport 2014:5,” Konkurrensverket, 2014.

[4] ”Statens offentliga Utredning 2012:39”.

[5] T. Stenbeck, ”Trafikverkets upphandling av vägar och järnvägar- leder den till hög produktivitet?,” Riksrevisionen, 2012.

[6] T. Stenbeck, ”Promoting Innovation in Transportation Infrastructure Maintenance,” Doktorsavhandling KTH, 2007.

[7] M. F. R. C. W. E. C. Persson, ”Målningsanvisning för vattenkraftstationer Elforskrapport 13:34,” 2012.

[8] T. Hans Petursson, Interviewee, *Stålspecialist.* [Intervju].

[9] S. Kjällberg, Interviewee, *Eon Coating.* [Intervju]. 04 2016.

[10] T. H. K. Jyrkäs, ”Comparison of steel bridge coatings,” HAMK University of applied Sciences, & Ruuki Construction, , Hämeenlinna, Finland, 2009.

[11] F. T. A. Tomi Harju, Interviewee, *M.Sc Steel bridges and rail structures.* [Intervju]. 2015.

[12] U. Shameem A. Khan Maryland state highway Administration, ”Bridge Coating Performance 2-coat VS 3-coat systems,” *Journal of Protective Coating and Liniings,* nr September, 2014.

[13] S. Markku Virolainen, Interviewee, *Projektledare, brobyggnad.* [Intervju]. 2016.

[14] K. Mårten Juslin, Interviewee, *FROSIO inspektör level III.* [Intervju]. 2016.

[15] Ove, Interviewee, *Projektledare.* [Intervju]. maj 2016.

[16] A. K. A. G. P. G. L. T. R. S. A. T. S. S. W. K. A. Bakken, ”Norsok Task Force-Polysiloxanes,” Norsok, 2006.

[17] M. Forssander, ”Elforskrapport”.

[18] D. Z. Joe Cesarek, ”Triangel of trust- Client-driven Specifications for Wastewater Facilities,” *Journal of Protective Coatings and Linings,* 2014.

[19] P. Reuterswärd, Interviewee, *Forskare och kontrollant Fd Swerea KIMAB.* [Intervju]. 2015.

[20] P. R. J. Tidblad, ”Accelerated Corrosion Tests -Can they be missleading?,” *Journal of Protective Linings and Coatings,* 2014.

[21] KI Rapport No 1998:4E.

[22] A. Forsgren, ”Corrosion Control Through Organic Coatings,” Taylor & Francis, 2006.

[23] N. T. E. f. E. R. Mitigation, ”Validation of environmentally-preferable Coatings for launch facilities,” 2014.

[24] Bob Parker, AGC Chemicals Americas, Inc, ”FEVE Technology for higher performance coating systems on bridges,” *Journal Of Protective Coatings and Linings,* Januari 2015.

[25] J. Grahn, ”Innovationsupphandling Innovationspartnerskap, ett upphandlingsförfarande med genomslagskraft,” Handelshögskolan Jönköping, 2014.

[26] ”auktorisationen.se,” Auktorisationen för rostskyddsmålning, 2015. [Online].

[27] H. Petúrsson, Interviewee, *Stålspecialsit Underhåll Trafikverket.* [Intervju]. 3 December 2015.

[28] R. Hällmark, Interviewee, *Stålspecialist Trafikverket.* [Intervju].

[29] A. Finman, Interviewee, *Specialist Ytskyddsakademien.* [Intervju].

[30] C. Persson, Interviewee, *Kontrollant, Konsult ÅF Industri.* [Intervju].

[31] M. Forssander, Interviewee, *Kontrollant, specialist. Terra Corrosion, SSG.* [Intervju].

[32] K. Fredriksson, Interviewee, *Tikkurila.* [Intervju].

[33] L. Björk, Interviewee, *Sales director, Tikkurila industry.* [Intervju]. 13 maj 2016.

[34] J. Hansson, Interviewee, *Tikkurila.* [Intervju].

[35] M. Aamodt, Interviewee, *Tikkurila.* [Intervju].

[36] ”Rostskyddshanboken,” Swerea KIMAB, 2015.

[37] p. &. säkerhetsdatablad, Tikkurila, International, Teknos.

[38] H. P. L. S. Bror Sederholm, ”Korrosion och korrosionsskydd av metalliska material i trafiktunnlar_ Fem års korrosionsprovning,” Swerea KIMAB, 2014.

[39] Nordiska Vägtekniska Förbundet, ”Korrosjonsbeskyttelse, stål,” 2008.

[40] A. P. a. C. I. Marcelo Rufo, ”Encouraging innovation- Environmental regulations drive epoxy formulations,” *Journal of protective Coatings and Linings,* nr April, 2015.

[41] M. L. Tikkurila, ”målningsseminariet”.

[42] A. Martens, ”Miljöriskanalys målning Motalabron,” Ramböll, 2015.

[43] ”Wikipedia,” 20 maj 2016. [Online]. Available: https://sv.wikipedia.org/wiki/Butylacetat.

[44] I. Kenneth Jönsson, Interviewee, *Technical manager Protective Coatings.* [Intervju]. may 2016.

[45] T. Jan Nordmark, Interviewee, *Technical Sales, Industrial Coatings.* [Intervju].

[46] T. Lennart Björk, Interviewee, *Sales Manager, Industry.* [Intervju]. maj 2016.

[47] M. Juslin, Interviewee, *FROSIO inspektör level 3.* [Intervju].

[48] L. Bemm, ”Naturlig åldring och accelererad åldring av lacksystem,” Dupont Performance Coatings Skandinavia AB, 2000.

[49] REACH-förordningen, ”Förordning (EG) nr 1907/2006,” 2006.

[50] ”Handbok i varmförzinkning utgåva 6,” Nordic galvanizers, 2008.

[51] ”Livsmedelsverket,” 20 05 2016. [Online]. Available: http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-171---titandioxid/.

[52] C. H. Hare, Protective Coatings Fundamentals of Chemistry and Composition, SSPC, 1994.

[53] ”Miljöguide vid val av byggnadsfärger,” SVEFF.

[54] B. M. R. Daniel Totev, ”High solids epoxy systems for protective and marine coatings,” *Journal of Protective Coatings and Linings,* nr March, 2014.

[55] SSG Ytskyddskommiteen, ”Vattenburna färgsystem i korrosiva miljöer,” SSG, 2013.

[56] R. A. B. Raymond S. Tombaugh, ”Drying-Curing: Topcoating Ethyl Silicate Inorganic zink-rich primers too soon,” *Journal of Protective Coatings and Linings,* nr September, 2014.

[57] P. S. W. t. W. P. R. M. N. R. Mike O´donoghue, ”Innovative coating systems for steel bridges, a review of developments,” *Journal of Protective Coatings and Linings,* nr September, 2013.

[58] ”Mindat.org,” 28 04 2016. [Online]. Available: http://www.mindat.org/min-4323.html.

[59] I. Bob Parker AGC Chemicals Americas, ”FEVE Technology for higher performance coating systems on bridges,” *Journal of Protective Coatings and Linings,* nr January, 2015.

[60] A. Hirn, ”Handbok i varmförzinkning,” Nordic galvanizers, 2008.

[61] T. Y. T. Matsui, ”The Development of Innovative Method of Corrosion Protection by Aluminum Magnesium Plasma Arc Metal Spraying for Repair of Girder End Areas of Existing Steel Bridges,” Doyu Daichi Co., Ltd West Nippon Expressway Co., Ltd..

[62] ”www.pinovo.com,” 2015. [Online].

[63] Ö. F. Martinusen, Interviewee, *Key account manager Pinovo.* [Intervju].

[64] ”http://www.cleanlaser.de/wEnglish/index.php,” 04 Feb 2016. [Online].

[65] ”Establishing Bresle Patch Equivalence [ISO8502-9] for the new Elcometer 130 SSP,” tillgänglig på www.elcometer.com, 2015.

[66] V. J. E. H. B. T. S. K. A. G. Y. T. Mogens H Foder, ”Korrosjonsbeskyttelse, stål,” NVF, 2008.

APPENDIX- Intervjureferat

Arne Finman

Ordförande Ytskyddsakademien

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri?**
   . Sakkunnig och oberoende pensionär som arbetar som konsult inom ytbehandling och med inspektioner. Ordförande för Ytskyddsakademien som är verksam med rådgivning och utbildning inom olika ytskyddstekniker, bl.a. rostskyddsmålning.

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning?**
   Korrosionsskydd, estetiska funktioner, hydrofila och hydrofoba ytor, nötningsbeständighet, biocid och fungicid verkan, värmeabsorberande egenskaper, lågfriktionsytor och flera andra funktioner och egenskaper. Självläkande ytskyddsprodukter, lika väl som för bindemedel inom kompositer.

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa?**
   Ytans tillstånd före målning: renhet, blästerprofil
   Ytskiktets tillstånd: sprickor, bubblor, flagning, glans, kulör mm
   Ytskiktets mekaniska egenskaper: elasticitet, densitet, permeabilitet för luft & vatten, värmeutvidgningskoefficient. Flera av dessa egenskaper bör mätas både före och efter exponering/provning.

4. **Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Ytans tillstånd bör besiktas före applicering av ytskyddet. Appliceringsprocessen bör dokumenteras och kontrolleras m.a.o. egenkontroll under arbetet. Det slutliga ytskyddet bör besiktas av oberoende kontrollant före, under och efter färdigställande. Utprovning och typgodkännande av nya målningssystem bör utföras av oberoende part.

5. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**
   Positiv! Målningssystem i standarder bör formuleras i funktionstermer. En funktionsorienterad standard skulle vara lättare att tillämpa med funktionskrav. Dessutom skulle den vara lättare att påverka/ ändra allteftersom nya ytskyddsystem introduceras på marknaden.

6. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
   Icke optimal applicering, utveckling mot snabbare målningssystem, färre skikt t.ex. Det finns ingen standard när det gäller porsökning. Vilket blir viktigare vid applicering av färre skikt. Även kontroll av skikttjocklekar blir viktigare och kommer att påverka designen av objekt, som skall ytbehandlas med avseende på tillgänglighet. En viktig fråga redan idag för konstruktörer, som vi arbetar med.

7. **Vilka fördelar kan du se?**
   Driver utvecklingen. Det skulle öka fokus på dialog och kommunikation i samband med upphandlingar. Från beställare, konstruktör, tillverkare, målare/entreprenör, byggare och mottagare.

8. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
   Miljöanpassade färgsystem, vad menas med det? Det är viktigt att skilja på arbetsmiljö och yttre miljö. Vattenburna system innehåller mindre VOC klassade ämnen men vattenkompatibiliteten i sig ökar kemikaliernas biotillgänglighet och därmed också arbetsmiljöpåverkan. Miljöfrågorna, både arbetsmiljö och yttre miljö måste ständigt finnas med i diskussionen. Det kommer alltid att vara en bedömningsfråga vad som skall gälla.

9. **Lagen om offentlig upphandling kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få?**
   Genom att ställa tydliga krav, och följa upp dem. Jag tror inte att utvecklingen skulle gå mot sämre kvalitet.

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsupphandla?**
    Vissa funktioner kan bara uppnås under rätt förutsättningar. För att säkerställa funktion behöver man därför kontrollera förutsättningarna. Funktionskraven måste stå i paritet med förutsättningarna, dvs. robusta och tillförlitliga produkter är ett måste. Med tydliga gränser för vad de klarar och, inte minst, vad de inte klarar.

11. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?**
    Det mesta går att funktionsupphandla, men det kan vara mycket utmanande. Men om man inte börjar lär man sig inget och utvecklingen uteblir. Börja inom enkla områden är en idé. En annan är att börja med enkla steg och ta ett steg i taget.

12. **Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?**
    Min bedömning är att vi kommer att vara hänvisade till vad som sker på de stora marknaderna. Utveckling sker inte sällan utanför våra gränser och då ofta av de stora bindemedelsleverantörerna. Svensk marknad är inte så stor men har stor kunskap och väl utvecklad teknik. Samtidigt bedömer jag att det finns intresse på andra håll i världen. Just därför att det driver utveckling.

13. Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?

Man måste vara tydlig och lansera det på rätt sätt. Det finns vinster för alla inblandade aktörer, Beställare, entreprenörer och färgleverantörer.

Ytskyddsakademien är en ny organisation som syftar till att samla in erfarenheter från ytskyddsbranschen. Ett nätverk där man utan att hänga ut enskillda aktörer kan dela såväl positiva som negativa erfarenheter för att ge återkoppling och minska onödiga misstag. Ytskyddsakademien ihop med funktionsupphandling skulle kunna vara verktyg för en ökad innovationstakt i branschen.

14. Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?

Nej, det är en erfarenhet jag mycket gärna skulle vilja ha.

15. Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes den? Vad är din uppfattning till att det blev bra?

Ja, men det var länge sedan. Den upphandlingen präglades av en glasklar kravbild. Ansvarsfördelningen var också väldigt tydlig.

16. Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?

Funktionskrav bör ställas initialt, detta ökar förståelsen för det specifika fallet och kommunikationen mellan inblandade parter. Det startar inte sällan med en beställning som hamnar hos en konstruktör. Funktionskraven bör sedan leda till detaljerade utförandekrav inom ramen av utförandet. När det kommer till ytbehandlingen skall de initiala funktionskraven finnas med så att kraven kan omsättas i praktiken. Det skall framgå tydligt vem som äger ansvaret i varje led.

17. Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?

Man ska använda produkter och metoder som är väl anpassade till den miljö och de funktionskrav som ställs under upphandlingen. Ibland kan det innebära att man tillämpar mer extrema, kanske skräddarsydda testmetoder för att prova ut den bästa produkten/systemet.

I många fall är det oförutsedd mekanisk åverkan och skadegörelse på ytskyddet som begränsar dess livslängd. Detta kan varken beställare, entreprenör eller färgleverantör väntas ta ansvar för.

En garantitid på 5 år som oftast används idag ger mer ett besked på att ytbehandlingen som påförts är bättre eller lika med de krav som ställts på korrosion, blåsbildning, avflagning, krackelering och glans. Den stora frågan blir om man för in begreppet om LCC och ger det garantistatus. Kanske någon kommer att kräva det. Skulle kunna vara Trafikverket med sin erfarenhet från alla målade stålbroar. Vem vet?

18. För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?

Vi har idag lösningsmedels- och vattenburna färger samt lösningsmedelsfria. Det finns risker med alla. Lösningsmedel som avgår och påverkar arbetsmiljö likväl som omgivande miljö. Men kan bidra till att mindre reaktiva ämnen kan användas. (hög resp. lågmolekylär epoxi). Som nämnts tidigare är de vattenburna materialen anpassade för vatten och där med blir vattenkompatibiliteten större och ökar kemikaliernas biotillgänglighet. Ofta är också vattenkompatibla ämnen mer reaktiva, mycket beroende på att molekylstorleken är mindre, högre reaktivitet. För lösningsmedelsfria system gäller att viskositeten behöver hållas nere, vilket leder till mindre molekyler, som har högre reaktivitet och där med påverkar arbetsmiljön mycket. Arbetarskyddet måste därför vara så optimalt det bara går att få det. Vilket i sin tur kan påverka arbetet.

19. Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?

Jag tror att man måste välja från objekt till objekt viken kategori av material man skall välja. Inte minst utifrån hur och var objektet kommer att ytbehandlas. Inomhus under mycket kontrollerade former eller delvis inomhus och utomhus eller helt utomhus på fältet. Sen får vi inte se bort från transport och montage som också är parametrar som skall vägas in.

20. I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?

Enligt en tydlig kravprofil där standarder används som vägledning. Man bör utnyttja den kunskap som finns hos konstruktörer, entreprenörer och färgleverantörer. Men också beställarsidan och slutkund bör finnas med i bilden.

Det hela handlar om kommunikation som berör alla för att ett projekt skall bli 100 %-igt.

Lars Igetoft, Sylva Arnell
ABB Corporate Research Västerås

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri?**
   Konsulter/ experter inom korrosion och korrosionsskydd

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning?**
   Skydda underliggande stålkonstruktion mot korrosion i x antal år i en miljö som beskrivs av korrosivitetsklass Cy.

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa?**
   Mätbara funktioner:
   Omfattning av eventuell degradering år x, eller i praktiken, då garantitiden löper ut. Estetik, glans och kulör ska vara enl specifikation. Kulören får inte variera för mycket.

   Mätbara krav som är en förutsättning för god korrosionshämmande funktion:
   Krav på blästerprofil och ytrenhet efter förbehandling. Vidhäftning ska vara god, porer i färgskiktet får inte förekomma, skikttjocklek

4. **Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Ovan listade är mätbara funktioner och krav, problemet är att det inte på förhand går att avgöra om rostskyddsmålningen kommer att hålla x år genom mätningar på det nyproducerade färgskiktet.

5. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**
   Hur kan man säkerställa att man får den funktion man avser? Någon form av kontroll behövs. En ren funktionsupphandling kommer att kräva stor kunskap hos beställare. Alternativt måste man anlita konsulter för expertråd i samband med beställning.

6. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
   Mindre fokus på kontrollen, den uppenbara risken är att man får sämre kvalitet på rostskyddet. Funktionskrav i samband med lagen om offentlig upphandling kan ev premiera fel sorts innovation. Kreativiteten inriktas på kostnadsjakt snarare än på att på ett innovativt sätt uppfylla fullgod funktion då garantitiden löper ut.

7. **Vilka fördelar kan du se?**
   Trafikverkets krav verkar vara relativt strikta, kanske man kan påbörja användandet av redan befintliga färgprodukter som har mindre miljöbelastning. Dagens vattenburna färger är ett alternativ som man inte bör vara alltför negativ till.

8. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
   Entreprenörer och färgleverantörer tenderar ofta att välja system som de vet fungerar. Det finns inget direkt incitament att välja ett system som på något sätt innebär ett utökat risktagande.

9. **Lagen om offentlig upphandling kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få?**
   Det finns en risk att man får kortsiktigt tänkande om man bara beaktar priset. Det är viktigt att etablera en god relation med ömsesidig tillit leverantörer och beställare emellan. Risken är att man får en optimering mot billigare system istället för mot mer hållbara och miljömässigt riktiga system. Prispress kan innebära en högre stressnivå för arbetare som tvingas göra jobbet på kortare tid för att projektet ska bli lönsamt. Stress i sig har en negativ inverkan på både arbetsmiljö och kvalité. Dessutom ökar risken för olyckor.

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsupphandla?**
    -

11. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?**
    Om garantitid och målningens förväntade livslängd sammanfaller bör det gå att utföra en renodlad funktionsupphandling.

12. **Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?**
    Nej någon sådan påverkan har man inte, däremot kan det bli lättare att använda redan befintliga system inom Trafikverkets verksamhet. En långt mer effektiv drivkraft för utveckling av nya system är troligen införandet av nya mer strikta miljökrav, genom nya lagar och förordningar.

13. **Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?**
    Branschen är konservativ, det kommer att finnas många motståndare till funktionsupphandling

14. Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?

ABB har vid ett tillfälle bjudit in olika färgleverantörer att helt ospecificerat skicka in system för respektive korrosivitetsklass, C3, C4, C5 för utvärdering på transformatorer. I princip samtliga färgleverantörer levererade samma typer av system. Slutsatsen är att det inte finns särskilt stort risktagande hos färgleverantörerna.

15. Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes den? Vad är din uppfattning till att det blev bra?

Det viktigaste är att man har en god kommunikation och att alla inblandande parter vet vad som förväntas och förstår intentionerna och vikten av de specificerade kraven. Att man har följt upp och kontrollerat att leveransen uppfyller ställda krav. Att man inte har betalat allt förrän jobbet är klart och kontrollbesiktigat.

16. Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?

Se fråga 15

17. Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?

Målningssystem som klarat sig bra under en garantitid på 5 år har goda förutsättningar att klara sig mycket bra även i förlängningen. Exempel där målningen fallerar helt och hållet, tex med dålig vidhäftning blåsbildning eller delaminering brukar visa sig relativt fort.

18. För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?

ABB har arbetat på detta sätt med ett flertal färgleverantörer, det är ett sätt som vi tror på, det är som sagt viktigt att bygga ett förtroende och förståelse för de specifika problemen/ kraven som beställaren har.

19. Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?

Att införa nya lagar och förordningar har visat sig vara effektivt när det gäller att minska branschens miljöpåverkan från VOC klassade ämnen. Här är dock lagstiftningen olika i olika delar av världen tex EU vs USA vilket kan utgöra ett problem.

20. I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?

Väl definierat vilken korrosivitetsklass som gäller. Noggranna krav på blästerprofiler och kontroll av dessa under entreprenaden. System med zinkrik grundfärg. Att man säkerställer att leverantörer har den kunskap och utrustning som krävs för att kunna leverera. Även ett företag som är auktoriserat kan göra ett slarvigt jobb och det är därför viktigt med kontroller, egenkontroller är inte tillräckliga, det ska vara från ”oberoende” part.

Patrik Reuterswärd

Konsult inom rostskyddsmålning

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri?**
   FROSIO inspektör och f.d. forskare på Swerea KIMAB och Korrosionsinstitutet. 15 års erfarenhet av produktutveckling av färger för korrosionsskydd.

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning?**
   Optimal livslängd för rostskyddsmålningens beständighet kan i praktiken inte säkerställas. Minimering av framtida underhållet kan inte beskrivas.

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa?**
   Färgskiktens vidhäftning och mekanisk styrka. Färgskiktens nedbrytning enligt standard SS EN- ISO 2628; Rostgrad, sprickbildning, blåsbildning mm. Dessa egenskaper förändras med tiden vilket gör prognoser på funktion osäkra.
   De flesta krav som går att mäta på det färdiga färgskiktet är huvudsakligen formella, dvs de ger inga garantier för att ytskyddet kommer att hålla funktionen i framtiden.

4. **Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Det finns omfattande dokumentation i specifikationer, standarder och handböcker. Beställare har ett stort ansvar att övervaka och kontrollera att allt blir (rätt) utfört. Inte minst kontrollera att leverantörens (egen)kontroll är utförd och dokumenterad.

   Om förbehandling och färgapplicering är någorlunda rätt utfört håller i princip alla färger i minst 5år på släta ytor. Problemen kan visa sig efter både 5 och 10 år vilket gör att rättelse och full kompensation för underhåll och eventuella samhällsstörningar inte kan fås av leverantören.

5. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**

   Det går inte …
   Med funktionsupphandling kan man endast överblicka initiala investeringskostnader och kostnader inom garantitiden som vanligtvis är 5år. Jag ser funktionsupphandling mer som en upphandlingstaktik att flytta ansvar från beställaren. Det kommer att gynna entreprenörer och färgproducenter på bekostnad av skattebetalarnas pengar. Den lyckade funktionsupphandlingen är en teoretisk utopi som inte fungerar i verkligheten.

6. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
   Det är svårt för beställare att formulera vad de vill ha. Det ställer högre krav på kunskap hos beställare vilket riskerar att resultera i bristande kvalitet.

7. **Vilka fördelar kan du se?**
Kortfattat: Små eller inga fördelar. Man måste kombinera funktionsupphandling med beställares kontroll, samt både utförandekrav och funktionskrav utöver krav i standarder.

8. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
Vill man ha mer miljövänliga system måste man ställa krav som säkerställer långsiktig funktion - vilket man inte kan.

Ur miljö och kostnadssynpunkt är det viktigt att utvärdera nya metoder ur ett livscykelperspektiv. Rostskyddets livslängd har stor inverkan på dess miljöpåverkan. Ökat behov av bättringsmålning och ommålning ökar miljöbelastningen.

Erfarenheten är att färgleverantörer är beredda att i stor skala marknadsföra nya produkter. Risken finns att obeprövad teknologi kan orsaka stora ekonomiska konsekvenser och samhällsstörningar. I praktiken kan det ge ökad miljöbelastning över tid.

För att få det man vill ha måste man veta vad som krävs och ställa rätt krav. Man måste kontrollera förbehandling, utförande och ytskyddsprodukt noggrant. Förutom krav och kontroll måste man tillämpa sanktioner om ställda krav inte uppfylls. Vid funktionsupphandling känner beställaren att ansvaret finns hos leverantören och genomför inte nödvändig granskning och kontroll i egen regi.

9. **Lagen om offentlig upphandling kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få?**
Att förvänta sig hög kvalitet med kombinationen av funktionsupphandling och tillämpning av LOU är helt klart motstridigt. Teknisk specifikation 44 syftar till att ge längre livslängd än de förväntade enligt standarden ISO 12944 genom att ställa högre krav än de som tas upp i standarden.

Man måste som beställare ha en mer kompetent och fortlöpande granskning av projektet med möjlighet att beställa ändringar och tillägg. Känns inte som en framkomlig väg eftersom färdiga elelement tillverkas utomlands. Att åtgärda grundläggande fel och brister genom tilläggsbeställning, tex efter att man lyft en brosektion på plats över järnväg, känns varken effektivt eller realistiskt.

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsupphandla?**
Ja, ren funktionsupphandling tror jag inte på över huvud taget. Däremot bör man som beställare föra en aktiv dialog med entreprenörer och färgleverantörer för att kunna använda nya produkter om det visar sig att de är bättre än de som används idag.

11. Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?

Nej, framförallt inte när målningsarbetet läggs ut i låglöneländer och länder som inte har samma kvalitetstänk som vi förväntar oss i Sverige. Berörda branscher präglas av ett mer kortsiktigt tänkande i många andra delar av världen.

12. Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?

Nej, marknaden i Sverige är för liten. Utvecklingen i världen kommer att fortsätta oberoende av Sverige.

13. Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?

Branschen består av flera olika aktörer med olika egenintressen. Många välkomnar nog en sådan förändring då de slipper kontroll och kan tjäna mer pengar med ett minskat ansvar. Beställarna kommer att drabbas.
Idag anser sig Färgbranschen i Sverige vara missgynnad av extra krav jämfört med de produkter som använd utomlands.

14. Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?

Ja! Upphandlingar som saknar tydliga krav kan liknas med funktionsupphandling. Takmålning för privata bostadsrättsföreningar präglas av beställare utan teknisk kompetens och förfrågningar utan kravställning. Denna nisch utgör ett tydligt exempel där (pris)konkurrensen mellan färgleverantörer och entreprenörer tvingar fram en kvalitetssänkning. Att man istället för tillgängliga rationella metoder använder förenklingar som leder till undermålig förbehandling och att färger med dålig hållbarhet används. I praktiken underrättar man aldrig beställare om lämpliga tilläggsarbeten.

15. Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes den? Vad är din uppfattning till att det blev bra?

–

16. Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?

Genom att ställa tydliga konkreta krav. Kravställningen bör sammanställas till ett dokument för rostskyddsmålning som ges ut på fler språk. Det måsta vara lätt att förstå och ta till sig kraven för de som utför jobbet.

Genom att även ställa krav på beställare (Trafikverket) så att man har tillräcklig kompetens under hela projektets genomförande; under upphandling, projektplanering, startmöte och tillverkning. Det bör finnas s.k. lathundar för rostskyddet till berörda tjänstemän.

Ett exempel på lämpligt krav på beställare är att beställare ska genomföra gemensam kontroll av den blästrade ytan direkt före applicering av grundfärg.

17. Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?

Man måste specificera sådana målningssystem som man av erfarenhet från opartisk forskning vet håller måttet och klarar sig i den tänkta miljön. Dessutom måste man kontrollera att jobbet utförs enligt specifikationen. Utöver den gällande standarden SS EN- ISO 12944 finns en rad ytterligare krav som kan förlänga livslängden, det är viktigt att få med även dessa krav i specifikationen.

18. För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?

Det fungerar tyvärr inte med gällande konkurrenslagar. Trafikverket måste följa LOU vilket innebär att sådana sammarbeten är förbehållen privata bolag. Alla leverantörer måste behandlas lika. Därför gäller denna strategi endast mycket få undantag och för specifika objekt.

19. Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?

Man bör genom omvärldsbevakning hålla sig uppdaterad på eventuella mer lämpade system som når andra marknader. Man kan tänka sig att utvärdera sådana alternativa målningssystem i forskningsprojekt där flertalet färgfabrikanter får bidra med senaste teknik i syfte att utvärdera vilken som är bäst. Speciellt robustheten är central för att ny teknik och nya produkter kommer fungera i praktiken. Pilotförsök och demonstrationsförsök bör utföras på mindre kritiska objekt, gärna med begränsat krav på livslängd för att begränsa kostnad och risk. Försök i stor ska är inte försök och försök på järnvägsbroar ska inte ske.

Om man vill ha en ny och miljövänligare teknik så måste detta specificeras. Man bör också vara medveten om att nya tekniker och nya produkter kan innebära förändrat handhavande och ställa andra krav på förbehandling applicering etc. Det kan innebära en ytterligare risk under den period som krävs för att entreprenörer kontrollanter och utförare ska lära sig den nya tekniken och produkterna.

20. I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?

En kamp för minimera korrosionens kostnader är en ständigt närvarande uppgift för alla i berörda branscher.

Torbjörn Stenbeck

utredare Riksrevisionen.

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri?**
   Dr i brobyggnad, specialiserad inom kravställning och alternativa upphandlingsformer, bland andra funktionskrav.

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning?**
   Livslängd, giftfrihet (för den som gör jobbet och miljön)

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa?**
   Ytans tillstånd före målning. Ytskiktets tillstånd/ ytans funktion; sprickor, etc

4. **Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Ytskiktet bör kontrolleras okulärt, mha mätverktyg och kanske sådana där jämförelseytor som du berättat om [komparativa ytor enl standard]. Detta bör ske efter förbehandling och andra kritiska intermediära moment samt vid ett flertal tillfällen under garantitiden. Intermediära tillstånd under garantitiden bör användas för att interpolera mot ett väntevärde för den förväntade slutliga livslängden.

   Standarder och mätningar av specifika egenskaper hos ytskiktet är ingen motsättning till införandet av funktionskrav. Tvärtom kompletterar dessa funktionskraven och utgör ställföreträdande krav för sluttillståndet efter full utlovad livslängd. Om t ex 25 års livslängd utlovas med max 5 procent sprickor så får det efter 5 år inte vara mer än 1 procent sprickor. Antagande om linjärt samband för nedbrytningen kan duga tills bättre kunskap finns. Men om exponentiellt samband är allmänt känt eller framforskat, ska det användas. Nedbrytningsfunktionen bör helst stå med redan i förfrågningsunderlaget.

5. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**
   Bra! Det är värt ett försök, men är förmodligen svårt. Bland annat eftersom processen för hur man utför arbetet är viktig (baserat på vad du har berättat, jag är inte själv i målningsbranschen).

6. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
   Utprovning av nya tekniker har ofta ett negativt väntevärde, dvs endast ett fåtal nya metoder lyckas, det går ofta 9 misslyckade försök på varje lyckat.

   Man bör få till någon form av riskdelning mellan beställare, entreprenör och färgleverantör. Detta kan genomföras med alternativa betalningsformer. Tex att man betalar en delsumma per år under garantitiden.

   Funktionsupphandling leder allmänt till en risk för "race to the bottom". En i Trafikverket uttryckte det så här: Förr sökte vi bästa möjliga lösning. Nu söker vi sämsta möjliga lösning som ändå uppfyller specifikationen. Ditt exempel med att pröva endast 3 strykningar istället för 5 är exempel på detta.

7. **Vilka fördelar kan du se?**
   Ökade möjligheter att kunna släppa fram ny teknik. Detaljspecifikation med existerande tekniska specifikationer garanterar en minimikvalitet för beställaren, men kan missgynna nya leverantörer och ny teknik.

8. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
   Miljöanpassade system kommer troligen att gynnas. Men det innebär också ett utökat risktagande och oprövad teknik kan gynnas för mycket. Det får inte bli chansningar.

   Något som skulle kunna hindra utvecklingen är avsaknad av belägg för att de nya teknikerna fungerar. Detta medför större risk för entreprenörer och beställare. Beställare måste övertygas innan de vågar använda ny teknik. Detta är dock i grunden sunt. Leverantörer ska inte ha rätt att leverera vad som helst. Det har de om en funktionsupphandling inte är rätt formulerad. Detta fel (för mycket frihet för entreprenören) är mer regel än undantag i de funktionskravsupphandlingar som görs idag (utan att jag vet något om just målningsområdet)

9. **Lagen om offentlig upphandling kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få?**
   Ställföreträdande krav och utvärdering efter kortare tid tex. efter förbehandling, vid slutbesiktning och under garantitiden. Tillämpa delbetalningar med slutbetalning i samband med besiktning vid garantitidens slut. Lagen om offentlig upphandling utgör inget problem, om den tillämpas på rätt sätt.

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsupphandla?**
Funktion som inte går att mäta vid leverans respektive garantitidens slut utgör svårigheter. Processen vid förbehandling verkar till exempel vara, utifrån din beskrivning, en del av beställningen som måste utföras och kontrolleras under arbetets gång.

11. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?**
Inga delar är uteslutna och omöjliga, men man börjar lämpligen med de lägst hängande frukterna först, dvs delar som är mindre komplicerade. Först i små projekt.

Hela konceptet funktionsupphandling löper ju också 90 % risk att misslyckas, på samma sätt som nya tekniker. Forskningsprojekt bör initieras i syfte att reda ut om funktionsupphandling ger mer lönsamma upphandlingar, fler innovationer eller vad det nu är man vill åstadkomma.

Det betyder att man måste vara noga med att spara alla data, ingångsvärden, mätvärden osv. De som utför jobbet har inte egna incitament att göra detta. Tvärtom i många fall, de är väldigt angelägna om att deras projekt kommer att lyckas och kommer inte att spara någonting som kan kullkasta det.

12. **Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?**
Absolut! Det kommer att gynna Sverige enormt, om vi ställer egna högre krav t ex beträffande giftfrihet. Det innebär troligen att färgen blir dyrare. Det får man se som en medveten prioritering, giftfriheten, och att utveckling sker i Sverige, är värd ett tillägg.

13. **Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?**
Branschen är förmodligen skeptisk. Specialister brukar inte vara positiva till funktionsupphandling. Rätt hanterad kommer funktionsupphandling dock att innebära ett ökat behov av kompetenta konsulter vilket skulle gynna specialister. Varje likvärdighetsbedömning kräver ju en oerhörd specialistkunskap.

14. **Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?**
Nej, jag har bara erfarenhet av funktionsupphandlingar av väg- och järnvägsbyggen och underhåll av väg och järnväg.Fyra studier finns i doktorsavhandlingen. Plus att jag själv varit beställarrepresentant i ett stort vägbygge.

15. **Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes den? Vad är din uppfattning till att det blev bra?**
Jag tror det. Vägbygget som jag var beställarrepresentant i tror jag blev lyckat. Men vi får se om vägen håller på längre sikt.
Den var från början en utförandeentreprenad. Men då brister i specifikationen och projekteringen upptäcktes omvandlades den till en totalentreprenad (det moderna ordet för funktionskravs-entreprenad i Trafikverket).

Den blev bra på grund av att det var en utförande specifikation från början. Vi beställare kunde på det sättet godkänna avvikelser som vi trodde på (vem kan kritisera oss för att ha beviljat en bättre lösning?) medan vi kunde avvisa alla som vi inte trodde på med hänvisning till kontraktet.

Vi var också noga med att stickprovskontrollera resultatet. När en skruv inte var ordentligt åtdragen berättade vi inte vilken. Då var de tvungna att kolla alla skruvar i alla räcken. Det är ju det så det ska vara. Vi ska inte behöva hitta ett enda fel vid en stickprovskontroll. Kontrollera genomförandet. Kontroll och funktion är ingen motsättning.

16. **Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?**
Upphandlingen måste göra tydligt att betalning bara utgår vid fullgjord prestation. Det är kontroll av genomförandet som är det avgörande och att genomförandet får konsekvens på betalningen. Betalning i rater efter godkännda besiktningar. Det räcker med en lös skruv för att underkänna alla räckena och hela betalningen. Först då kommer leverantören förstå vad funktionstänkande och eget ansvarstagande är.

Beställaren borde ha en reservleverantör att ta till om entreprenören krånglar. Men att detta så sällan förekommer finns det säkert en anledning till. Så det behöver forskas kring separat, varför det är så.

17. **Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?**
Intrapolerat tillstånd efter garantitiden bedöms. Se exemplet ovan hur sluttillståndet efter 25 år kan omvandlas till vilket krav som gäller efter 1 år respektive 5 år. Linjära antaganden duger som huvudregel, trots att det gynnar leverantören lite grand. Nedbrytningen kommer ju att accelerera på slutet, när de 25 åren börjar närma sig.

18. **För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?**
Normalt ska beställaren inte godta sämre kvalitet. Beställaren bör vara positiv till entreprenörens förslag men entreprenören medveten om att om det inte fungerar som utlovat får man bara betalt för det som fungerar. En risk som beställaren kan överväga att ta på sig, är att ersätta skador på tredje part. Om en färg släpper till exempel, så bör leverantören inte få betalt för sitt arbete. Men skador på tredje part (färgen förstör kläder, miljön etc) kan beställaren ev stå för. Det är en snällhet i så fall, det mest rätta är egentligen att leverantören står även för detta. Men då kanske den inte vågar pröva någonting nytt någonsin.

Man kan förstås fördela riskerna annorlunda om det är angivet i upphandlingen. Här är det beställaren som bestämmer och tar riskerna. Men jag tror att för att det ska fungera måste huvudparten av riskerna ligga på entreprenör/ leverantör. Idag är ofta riskfördelningen bara skenbar. Leverantören saltar sitt pris så mycket från början att den egna kostnadsandelen vid ett misslyckande är så liten att projektet går på plus ändå. Ett annat trix är att det takpris som sattes från början höjs efterhand.

19. **Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?**
Upphandling där miljöaspekter är ett upphandlingskriterium, och (max)pris och (min)livslängd är skall krav. Man kan t ex sätta priset till 20 procent mer än man vet att existerande produkter kostar, acceptera 5 års livslängd etc, för att se vad som händer.

Ett annat alternativ kan vara att ny teknik provas mer systematiskt i forskningsprojekt där alternativ kravställning tillämpas och miljöaspekter ges större vikt vid utvärdering av anbud.

20. **I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?**
Utvärdera utifrån lägsta årskostnad (t ex totalkostnad/25 år).Miljökrav och tillstånd på ytskiktet som skallkrav. Kontroll av tillståndet under och efter förbehandling, 1, 5 och 25 år. Betalning i rater, betalning endast av moment eller delar som fått full funktion. Tydliga krav, appliceringsbeskrivningar kan vara krav. Flexibilitet och sunt förnuft samt hjälp av expertkonsulter för att bedöma om en produkt är värd att pröva. Genomförandefasen är viktigare än upphandlingsdelen. Det går säkert att lyckas med funktionsupphandling (även om man inte lyckats hittills), frågan är bara HUR. Mellanting mellan utförlig spec och funktion är inte fel, tvärtom, kanske är lösningen 99 % som det går till idag plus 1 % funktionstänkande och flexibilitet.

Charlotte Persson

ÅF industry

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri?**
   Konsult och projektledare på uppdrag från beställare. Certifierad FROSIO inspektör.

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning?**
   Beständighet, livslängd, kulör, ev flexibilitet på färg, speciella förutsättningar som belysning mm, miljökrav både på material och påverkan för omgivningen

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa?**
   Kulörbeständighet, Vidhäftningskrav, Degradering, glans, flexibilitet, förändringar över tid.

4. **Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Det är viktigt att följa upp utförandet och kontrollera noggrant, använda standarder och följa upp att man fått det man beställt. Vara noggrann med referenser. Lägga kontrollinsatserna tidigt i projektet för att fastställa eventuella tolkning av handlingar.

5. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**
   Jag är inte emot funktionskrav, tvärt om. Men det är viktigt att man skaffar sig en tydlig kravbild. En viktig fråga är vem som står för risktagandet när det kommer till att prova nya system, eller garantera livslängd. Bland entreprenörerna finns inget utrymme för ökat risktagande. Funktionen hos ytskiktet måste provas separat och nya produkter bör introduceras med försiktighet. Förbehandling och ny processmetodik har stor förbättringspotential.

6. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
   Man förlorar en del av kontrollen över vilka metoder som tillämpas

7. **Vilka fördelar kan du se?**
   Ökade valmöjligheter. Entreprenörerna får större möjlighet att påverka processen som används vid förbehandling. Ökad tillämpning av beprövade produkter som idag inte används av trafikverket. Man öppnar upp för möjligheten att prova nya produkter.

8. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
   Nej, man måste ha ytterligare, mer specificerade krav på miljöutvecklingen. Den kommer inte bara för att man byter upphandlingsform.

9. **Lagen om offentlig upphandling kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få?**
   Man kan fortfarande ställa höga krav. Med rätt kravställning är det inte ett problem. Att avgöra om offerterna är likvärdiga och uppfyller kravställning kräver att man har kunskap och erfarenhet. Troligtvis kommer införandet av funktionskrav leda till ett ökat behov av kunniga tekniska utvärderare av anbud.. Även ett ökat behov av kontroll och uppföljning av genomförandet

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsupphandla?**
    Nej, allt går att funktionsupphandla med detaljerad skrivning. Objekt i kulturminnesmiljö eller annan strikt reglerad miljö bör hanteras separat efter enskilda behov.

11. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?**
    Ja, se ovan

12. **Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?**
    Nej, det blir ingen skillnad. Det är viktikt att i upphandling poängtera vikten att följa svensk lagstiftning i Sverige ang produktval, miljö, och arbetsmiljö

13. **Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?**
    Oerhört positiva. Det ger ökade möjligheter att påverka för entreprenörer och färgleverantörer. Det kommer att krävas mer av beställarna i början men det blir smidigare i längden.

14. **Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?**
Ja nästan bara funktionsupphandlingar. I stort sätt alla funktionsupphandlingar som jag har varit med om har det ställts höga krav på färgsystemet och i princip samtliga har varit lyckade upphandlingar. Det har gjorts omfattande utvärderingar av anbud, både tekniskt och ekonomiskt så att allt som är kravställt uppfylls. Vidare följs det upp under genomförandet med stickprov, byggmöten mm

15. **Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes den? Vad är din uppfattning till att det blev bra?**
Inom ramen för SSG:s ytskyddsstandard, här har standarden stått för vägledning och bidragit till det lyckade resultatet. (utförandekrav)

Inom Elkraft, Projektet blev lyckat genom ett stort engagemang från beställaren. En tydlig kravbild och att beställaren var väl medveten om vad han ville få ut av ytskyddet. (funktionskrav)

16. **Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?**
Upphandling av rostskyddsmålning sker ofta släntrianmässigt. Det är viktigt med kommunikation och att lyfta fram det unika för varje objekt. Funktionskrav kan vara ett verktyg för att öka förståelsen, kommunikationen och fokusera mer på de objektspecifika problemen. Det är viktigt att följa upp ordentligt med uppstartsmöte och avslutningsmöte för att möjliggöra en väl fungerande återkoppling.

Funktionsupphandling skapar ett ökat engagemang hos entreprenörer och färgleverantörer. Det är viktigt för projektledaren att hitta en bra balans mellan att styra och att följa arbetet, man vill inte kväva engagemanget med alltför mycket kontroll.

17. **Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?**

-

18. **För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?**
    Inom SSG har det startats en utbildning som heter "Yträtt" den är tänkt att samla beställare, entreprenörer och färgleverantörer i ett forum där man kan diskutera specifika fall, utbyta erfarenheter och framföra konstruktiv kritik. Initiativet är delvis utformat med tanke på att öka sammarbetet mellan de olika aktörerna.

19. **Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?**
    Genom att kravsätta de miljöförbättrande åtgärderna, det kan vara sådant som; förbjuda vissa ämnen, begränsa tillåtna bullernivåer, kräva intäckning före sprutmålning i fält etc.

20. **I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?**
    Mycket uppföljning, tydlig kravbild, engagerade beställare entreprenörer och färgleverantörer. Skapa en referensdatabas och utföra referensbesök. Kanske att ytskyddsakademien eller liknande organisationer skulle kunna ge en möjlighet att förmedla både bra och mindre bra erfarenheter, så att man inte behöver göra om samma misstag alltför många gånger.

Markku Virolainen och Mårten Juslin

Projektledare, Skanska och Målningsinspektör

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri?**

   Markku: Projektledare för broprojekt 25år erfarenhet av brobyggnad. Projektledare, Skanska

   Mårten: Kontrollant, 20år erfarenhet inom rostskyddsmålning, FROSIO inspektör level III.

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning?**
   Livslängd, korrosionsskydd, estetiska

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa?**
   Bevisad livslängd enl. typ-provning, kulör, glans. Krav på godkänd typ-provning som är mer relevant än exponering på Bohus-Malmön. Krav på att man följt färgleverantörernas appliceringsföreskrifter.

4. **Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Man ska använda sig av den kunskap och erfarenhet som finns inom området. Denna kunskap finns samlad i standarder, ISO 12944. Och den kravställning som används idag. Utan krav har man ingen kontroll över vad man får. Dagens krav på typ-provning av färgprodukter måste finnas kvar och om möjligt utvecklas så att de blir mer representativa för de miljöer där broarna står, tex har vi sett problem där färgen förstörts av stenskott.

   *Miljön kan vara mera krävande tex. långvarig fukt påfrestning, fryscykel, stillastående vatten- avflagning, spröd färg redan efter några år. (PUR rekommenderas ej till långvarig våt miljö***.**

5. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**
   I princip är det bra att kunna införa nya, bättre eller mer anpassade produkter. Men det är viktigt att nya produkter kontrolleras ordentligt innan de används i verkliga livet.

6. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
Rostskyddsmålning är komplicerat, utförliga kontroller av förbehandling, applicering och slutligt resultat ihop med ett genomtänkt produktval är de metoder som kan användas för att ge ett resultat med hög kvalitet.

7. **Vilka fördelar kan du se?**
Ökade möjligheter att använda sig av ny teknik som visat sig lovande under typ-provning. I ett projekt för beläggning av slitbanor på bilfärjor har Skanska tillämpat en ny produkt med väsentligt mycket längre livsängd och förenklat underhåll jämfört med traditionella metoder. Det var nu 2år sedan och än så länge har det fungerat utmärkt.

I planeringsfasen av projektet genomförde Skanska utförliga typ-provningar av produkten för att säkerställa att den var lämpad för ändamålet.

När man sedan föreslog att tillämpa samma produkt i ett projekt mot Trafikverket blev produkten bortsållad eftersom den inte var i linje med Trafikverkets kravställning. Istället användes de traditionella metoderna vilket resulterade i ökade kostnader för oplanerat underhåll.

8. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
En stor del av utvecklingen av dagens färger är inriktad på att ta fram mer miljövänliga färger samt att utveckla nya härdare för att påverka färgens härdningsprocess och slutliga egenskaper. Det vore olämpligt om kravställningen förhindrar användandet av nya miljövänliga system som visat sig fungera tillfredsställande.

I Finland har man gjort ett antal försök med att måla broar med vattenbaserade färger. Användande av vattenfärgerna blir dyrare på grund av att de oftast har en väsentligt mycket lägre torrhalt. Det gör att man måste spruta fler lager för att uppnå samma filmtjocklek. Försöken i Finland har inte varit helt och hållet lyckade, man har haft problem med torrsprutning och tidiga rostgenomslag.

Applicering och appliceringsförhållanden är också ett hinder för vattenbaserade produkter vilka kräver mycket kontrollerade förhållanden (fukt, temp, vind, ej sol, etc). Detta gör att det blir svårare att lyckas med appliceringen under den korta nordiska sommaren.

9. **Lagen om offentlig upphandling kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få**

   Förhandskraven på färgsystemet skall vara lämpade till miljön (beställaren skall på förhand berätta ingående vilken miljö och vilken kvalitetskrav bron skall ha). Leverantören skall kunna uppvisa provningsresultat, referenser, hållbarhet och hur man underhåller/ reparerar systemet.

   I likvärda offerter skall alla krävas att använda tex. zinkrik primer med viss zinkhalt och DFT mängd. Detta krav ger också mera likvärda kvaliteter från olika leverantörer. (M.J). Färgsystemen bör vara fältprovade/typ-provade

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsupphandla?**

    Funktioner som inte går att mäta inom garantitiden utgör ett problem. Slutlig livslängd eller framtida behov av underhåll är en del som kommer att bli svår. Framförallt med produkter som är nya på marknaden.

11. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?**

    I princip skulle man kunna ha som enda krav att produkterna ska ha genomgått godkänd typ-provning och vara applicerade enligt färgleverantörernas anvisningar och krav på förbehandling. Men då blir det viktigt att man har relevant typ-provning som motsvarar den miljö där konstruktionen ska exponeras. I Norsok 501 har man valt att gå åt det hållet, man specificerar inte vilken generisk färgtyp som ska användas utan förlitar sig på typ-provning. Denna strategi kräver dock fortsatt noggrann kontroll över att arbetet har genomförts på rätt sätt.
    Se nr 9. lämplig för den miljö

12. **Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?**

    Nej, mycket lite, de stora förändringarna för miljön har varit införandet av VOC-direktivet samt REACH. Om entreprenören får välja fritt är det troligare att de billigaste alternativen gynnas. Som det ser ut idag är de miljövänliga alternativen inte billigast.

13. Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?

Standarder är en mycket bra hjälp som bör utnyttjas. Hårda och entydiga krav är också bra, så länge de inte är orimliga. Tendensen är troligtvis att man fortsätter att använda väl beprövade målningssystem för att inte ta några onödiga risker.

14. Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?

se 15

15. Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes den? Vad är din uppfattning till att det blev bra?

1. *Offentlig upphandling på målning av större objekt*
2. *Förhandsgranskning, genomgång av kraven och av arbetet med de entreprenörer som visat intresse.*
3. *Entreprenören ger förslag på bromålning, hur målning kan utföras på bästa sätt, alternativa utföranden, system som används, hur de appliceras och deras kostnad. (Vissa krav från "experter" kan vara överdimensionerade eftersom applicerings-kunnande och hur man gör i praktiken oftast bara finns hos målare). Ett exempel kan vara kostnader om någon kräver att bron skall vara täckt fast arbetet kan utföras med lift - utan att miljön tar skada, eller att kvalitet blir lidande.*
4. *Beställaren håller en genomgång av olika offertalternativ, utförande, diskussion, tilläggskrav, offertkostnader och förfrågan med de som varit med och lämnat anbud.*
5. *Beslut/ Utförandekrav. Entreprenören kunde ge exakt pris eftersom de fick angivet färgsystem samt instruktioner om hur arbetet skulle utföras, förbehandling-målning-omfattning. Resulterade i bra kvalitet och nöjd kund.- Sammarbetet har fortsatt. (M.J)*

16. Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?

- ***se 15.***

Upphandling och kraven på målning skall vara genomförbara. Kräver expert kunnande angående miljökrav, arbetsmiljö, lokala myndighets krav, polis, trafik, arbetstid, färg system, appliceringsförhållanden, andra arbetsskeden osv. att sammanlänka dessa till målaren som vill bara måla objektet enligt databladen och systemkraven.(M.J)

17. Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?

Ja, det är ett problem som stöder det fortsätta användandet av de krav som finns idag. Dvs att bara använda väl beprövade system.

18. För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?

Om leverantören kan uppvisa beprövade och testade system och de samtidigt ger garanti till beställaren kan detta system tillämpas. Kvalitetskraven angående livslängd skall ej sättas lägre än normalt. Detta kostar i längden mera än de eventuella miljöförbättringar som man sparat vid första målningen. Exempel kan vara vattenbaserade system eller system med färre färglager.

19. Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?

De miljövänliga alternativen måste finnas med som godkända krav i alternativ i Trafikverkets allmänna kravställning. Troligen behövs också specifika krav på att de ska användas.

I förhands kraven som färgsystemet skall uppfylla kan man kräva specifika tester (som mera anpassad till vattenprodukter tex. cyklisk saltdimma) och krav som skall uppfyllas för vattenbaserade-mera miljövänliga produkter med nya bindemedel-härdare.

20. I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?

Se 15. 16

kraven på målning av nya broar skall vara enkelt att förstå, man hänvisar till korrosivitetsklass, samt att färgsystem som får användas skall vara typ-provade,

dagens krav på ytbehandling är generellt bra, förutom att vissa färgtyper kan vara olämpliga under förhållanden som avviker från det normala, i de fallen bör man ha en gemensam genomgång för framtagning av lämpliga produkter.

Kurt Fredriksson, Lennart Björk, Johan Hansson och Michael Aamodt

Tikkurila, SVEFF

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri? (beställare, inköpare, projektledare från beställaren, projektledare för leverantören, entreprenör, sakkunnig, kontrollant mm)**
   Försäljning av färg och utveckling av nya formuleringar. Ett aktivt sammarbete med entreprenörer och beställare inom rostskyddsmålning.

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning?**
   Ett långvarigt och beständigt skydd mot korrosion. Estetiska funktioner, kulör, glans mm

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa?**
   Att färgsystem som används har typprovats och godkänts i accelererade korrosionstester och i fältexponeringar. Ytskiktets tillstånd efter målning, sprickor, bubblor, flagning, glans, kulör mm. Ytskiktets tillstånd efter garantitiden.

4. **Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Man ska inte måla med färger som inte klarat typprovning. Man ska vara försiktig med accelererade provningar, saltdimma är helt ointressant. Bättre anpassade accelererade provningar är exempelvis Volvo 6veckors ACT och ISO 20340. Vi testar alla system minst 5 år i fält tex på Bohus-Malmön innan de får säljas. Det slutliga ytskyddet bör besiktas av kontrollant före applicering samt under och efter färdigställande.

5. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**
   Det kan vara bra, men det finns risk att biligaste färgen och mindre noggranna entreprenörer kommer att gynnas. Resultatet blir ett sämre rostskydd med billigare initial kostnad. Det är viktigt för beställare, framförallt inom infrastruktur att tänka på livscykelkostnaden. Men även andra parametrar som att det ska vara lätt att underhålla. Man bör fortsätta att använda standarder SS EN- ISO 12944 till exempel.

   Lennart Björk:
   Positiv! Det finns massor med vinster att göra, och pengar att spara.

   Kurt Fredrikson:
   Lite tveksamt, det vore intressant att se hur dessa funktionskrav ser ut för att kunna avgöra om de verkar lämpliga.

6. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
   Risken är att standarder inte kommer att användas i samma utsträckning. Att man får sämre kontroll på målningsentreprenader och ökat risktagande för beställare. Det kommer alltid att finnas lycksökare som lovar mer än vad de kommer att kunna leverera. Det kommer att ställa högre krav på beställare som ska utvärdera anbud.

7. **Vilka fördelar kan du se?**
   Rätt utfört skulle det kunna gynna den tekniska utvecklingen. Det skulle kunna spara pengar och miljö. Dagens vattenburna färger ger tex minst lika bra korrosionsskydd som de lösningsmedelsburna.

8. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
   Generellt krävs att man ställer särskilda krav för att åstadkomma miljöförbättringar. Det går idag att få helt miljövänliga system, frågan är vad man är villig att betala? Med en prishöjning på 100% kommer vi att kunna lösa samtliga miljöproblem.

   1 lager zinksilikatfärg är ett exempel på en mycket kostnadseffektivt miljömässigt riktigt och effektivt ytskydd, men det kräver också mer av utförare. Det finns risk att man får sämre kvalite med funktionsupphandling. Särskilt om man lägger ut målningsarbetet i låglöneländer.

9. **LOU (lagen om offentlig upphandling) kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få?**
   LOU ger alltför stort prisfokus, ska man rostskydda broar som ska stå i 120 år ska man ta hänsyn till LCC-analys. Det kan vara svårt för ett nordiskt företag som Tikkurila att konkurera på grund av att vi följer den kravställning som finns. Ofta hör man om konkurrenter som vunnit anbud där målningen sedan visat sig vara något helt annat än vad som står specificerat i kravställningen. Det är heller inte ovanligt att entreprenörer vinner anbud för att de gjort fel/ varit alltför optimistiska i kostnadsberäkningen till sina offerter.

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsupphandla?**
    Nej, Generellt borde det mesta gå. Kulörbeständighet är dock svårt, för att kunna garantera kulörbeständighet måste man kunna prova den i fält. För att det ska bli praktiskt måste man då använda standardiserade kulörer. Vi kan inte prova alla tänkbara kulörer.

11. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?**
    Ja, själva korrosionsskyddet. Där har vi bra koll på vad som krävs. Standarder är också en bra hjälp.

12. **Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?**
    Nej, marknaden är för liten.

13. **Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?**
    Som färgleverantör är vi för standardisering och harmonisering av standarder så långt det är möjligt. Det ska vara enkelt att välja rostskydd och man bör ha en kravställning som grundar sig på en gemensam standard. I grund och botten är formuleringen av kraven inte så viktig, som färgleverantör måste vi anpassa oss till gällande former. Vårt utvecklingsarbete kommer inte påverkas nämnvärt av formuleringen i kravspecifikationen.

14. **Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?**
    Ja, inom verkstadsindustrin. Vi arbetar kontinuerligt i nära samarbete med våra kunder för att finna de bästa lösningarna på de kundspecifika problem som kan uppstå.

15. **Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes den? Vad är din uppfattning till att det blev bra?**

    -

16. **Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?**

    -

17. **Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?**
Garantier kostar pengar, entreprenören tar ut extra betalt för att kunna förlänga garantitiden. Normalt ges 5år i garanti, det räcker gott och väl för att försäkra sig mot de mer omfattande felen som kan leda till korrosionsskador och stora ekononomiska kostnader för ommålning.

18. **För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?**
Ja det är så de stora framstegen nås, via partnerskap och incitament för att nå gemensamma mål.

19. **Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?**
Ja, via kravställning, antingen att det anges i anbudsförfrågan eller via lagstiftning.

20. I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?
-

Ove Malmberg Trafikverket

Projektledare, Trafikverket

1. **Vad har du för funktion inom rostskyddsmåleri?**
   Projektledare, Trafikverket.

2. **Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på funktion i stället för specifika krav på produkterna, varorna eller tjänsterna. Vilka funktioner kan du se inom området rostskyddsmålning**
   Korrosionsskydd, livslängd, nyans, kompatibilitet mellan olika färglager

3. **Vilka krav i mätbara termer kan man ställa? Hur ska man sedan kontrollera att funktionerna är uppfyllda i varje enskilt fall?**
   Vidhäftning, nyansmätning, prickbildning, blåsbildning, tjockleksmätning. Att alla ytor är felfria och enligt specifikation.

4. **Vad är din spontana reaktion på att man skulle upphandla funktion inom rostskyddsmålningsområdet?**
   Positiv, om man kan ställa relevanta funktionskrav. Trafikverket har nog varit tekniskledande för 20-30 år sedan vad det gäller väg/bro byggnad och tillämpning av rostskyddsfärger. Detta har förändrats något, idag anlitar Trafikverket konsulter i ganska stor utsträckning. Vi behöver vara ödmjuka inför att vi inte alltid sitter på de bästa lösningarna.

5. **Vilka nackdelar kan du se med funktionsupphandling inom rostskyddsmålning?**
   Nackdelar kan vara att man får sämre kontroll över entreprenaden. Ett av målen med funktionskrav och totalentreprenad är att vi ska bli mer produktiva, dvs mer väg och järnväg för pengarna. Men om produktionsmetoderna rationaliseras tillkommer en stor del av vinsterna Entreprenören. Om man kan rationalisera en utförandeentreprenad skulle vinsterna tillkomma Trafikverket i större utsträckning.

6. **Vilka fördelar kan du se?**
   Att vi kan anpassa tekniker och få ett mer industriellt byggande. Riskdelningen blir annorlunda. En viss riskdelning är viktigt för att entreprenören ska bli delägare i de problem som kan tänkas uppkomma under entreprenadens genomförande.

7. **En av anledningarna till att man vill försöka gå över till funktionsupphandling är att man tror att användningen av nya färgsystem som är mer miljöanpassade gynnas. Hur ser du på det? Vad skulle kunna hindra denna utveckling?**
   Användningen av miljövänligare alternativ kan öka. Men ofta är miljöanpassade alternativ dyrare, vilket blir ett problem. Utformning av det tekniska underlaget vid totalentreprenad kan göras med hjälp av konsulter. Ett annat alternativ är att den görs som en samverkan med entreprenörer. Då ges Trafikverket större möjlighet att påverka. När det kommer till utvärdering av anbuden är det framförallt priset som avgör vilken entreprenör som får avtalet. Detta gör att mjukare mål ofta kommer i andra hand.

8. **LOU (lagen om offentlig upphandling) kräver att beställaren tar lägsta priset vid likvärdiga offerter. Hur tycker du en funktionsupphandling ska gå till för att man som beställare ska kunna lita på att man får den mycket långa livslängd (hög kvalitet) som man förväntar sig att få?**
   Ofta är det priset som blir avgörande. Det är svårt att väga in andra parametrar, för det krävs att man är expert på många områden. Särskilt om det är ny teknik som offererats. Sundsvallsbron byggdes med metodik som inte har prövats tidigare, hur utvärderar man ett sådant projekt? Inom beställarleden finns också en viss rädsla för överklaganden som kan leda till fördyringar och att projektet drar ut på tiden.

9. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser inte går att funktionsbeställa?**
   Alla parametrar som går att mäta på den färdiga produkten lämpar sig bra för funktionskrav.

10. **Finns det delar inom rostskyddsmålning som du anser går att funktionsupphandla?**
    Parametrar som inte går att mäta, tex rostskyddets förväntade livslängd.

11. **Utveckling av färgsystem sker mest i övriga delar av världen. Kommer det att kunna påverkas av om man i Sverige inom offentlig upphandling ställer funktionskrav?**
    Ja det tror jag, Trafikverket är en stor nationell beställare

12. **Hur tror du att branschen ser på möjligheten att funktionsupphandla rostskyddsmålning? Har du några kommentarer till det?**
    Positiva

13. **Har du varit med om att man funktionsupphandlat inom rostskyddsmålningsområdet någon gång? Om ja, hur gick det till och vad blev resultatet?**
    Ja, Sundsvallsbron upphandlades som Totalentreprenad. Upphandlingen ledde till en konstruktion som inte prövats tidigare. Nya frågeställningar kring korrosion av den spont som användes har blivit viktiga och fått stort fokus. Även målningen av bron var funktionsbaserad i den mening att den inte utfördes med standardprodukter. Inom projektet söktes dispens för att använda grundfärg med lägre zinkhalt. Problem med målningen har resulterat i att bron nu kommer att målas om redan efter ett år. Det ska dock poängteras att målningsproblemen inte har med grundfärgen att göra. Bron färdigmålades i verkstad i samband tillverkningen i Polen, Bättringsmålning och målning av förband skedde på plats. Enligt entreprenör och färgleverantör är det vidhäftning mellan mellanskikt och täckfärg som orsakat problem med rostskyddsmålningen.

14. **Har du varit med om någon riktigt bra upphandling? Om ja, hur gjordes**

    Nej

15. **Vad är din uppfattning till att det blev bra?**

    -

16. **Hur tycker du att en upphandling av rostskyddsmålning ska utföras föra att beställaren ska få det de beställt, är offererat och som leverantören lovat att leverera?**
    Mätbara krav under processen ska kontrolleras. Tex att stålytan är ren och har rätt blästerprofil är en förutsättning för att den slutgiltiga funktionen ska kunna nås, därför måste den kontrolleras före målningsarbetet påbörjas. I projektet med sundsvalsbron har vi haft egna kontrollanter på plats i Polen där bron målades, men något har ändå gått fel.

17. **Garantitid och förväntad livslängd för en rostskyddsmålning är ej överensstämmande. Hur tycker du att man ska göra för att erhålla den förväntade livslängden?**
Det är ett problem, normalt sätt brukar vi förhandla om förlängd garantitid, ofta 5år. Vid Funktionsupphandling kan det vara intressant att förlänga garantitider eller på annat sätt få entreprenören att ta en större dela av risken. Sundsvallsbron är en del i projektet "E4 Sundsvall" som omfattar 20km väg, 5 trafikplatser och totalt 33 broar. Projektet upphandlades som totalentreprenad med tillhörande underhållsperiod. Vid upphandlingen valde man att bryta ut bron över Sundsvallsfjärden och göra en separat upphandling utan underhållsåtaganden för bron. Tanken var att man på detta sätt skulle skapa bättre internationell konkurrens inför upphandlingen av brobygget. Många utländska entreprenörer saknar ekonomiska incitament att sköta underhåll på en bro i Sverige.

18. **För att gynna utveckling av miljöanpassade färgsystem har ibland beställare och leverantör samarbetat. Beställaren har t.ex. godtagit att kvaliteten kanske inte blir den samma som med konventionella, beprövade färgsystem. Tror du att man skulle kunna arbeta så mer rutinmässigt eller ska all utveckling och risk ligga hos leverantörerna?**
Lagen om offentlig upphandling kan vara ett problem, ofta görs anbudsutvärderingen främst med utgångspunkt från kostnaden. Det är svårt att ta med mjukare parametrar som miljöfrågor, det finns oftast en viss rädsla för överklaganden om man skulle välja ett dyrare alternativ.

19. **Finns det andra vägar att gå för att kunna använda mer miljöanpassade produkter?**
Kanske man måste gynna användning av miljövänligare system vid anbudsutvärdering.

20. **I den bästa av världar – hur vill du se en upphandling av rostskyddsmålning?**

-