

Beatrice Heale
Magnus Palm
Bo Carlsson

**Jämförelse av tillgängliga rost-
skyddssystem för kulturmiljövård
– Resultat av fältstationsprovning-
ar samt jämförelse med resultat
från accelererad provning**

SP Rapport 2006:05
KM
Borås 2006

Abstract

Different protective coatings were investigated with respect to their performance as corrosion protection compared to lead oxide containing coatings. The overall objective with this project was to find alternatives for lead oxide containing coatings when repainting old steel structures of certain historical value. Lead oxide is highly toxic and its use in Sweden is non-significant today. Samples were exposed at two outdoor exposure sites: a marine environment (Bohus-Malmön, Sweden) and an inland environment (Borås, Sweden). The duration of the exposures was four years. The results were also compared with results from a cyclic accelerated corrosion test carried out on the same coating systems. The results showed significant differences between the systems, some were almost as high-performing as the lead oxide coatings and some were not performing as well. All coating system except the coatings based on traditional formulations performed quite well however. The results also showed an unexpected good correlation between the accelerated cyclic exposure and the out-door exposures.

Keyword: lead oxide, protective coatings

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2006:05
ISBN 91-85303-88-7
ISSN 0284-5172
Borås 2006

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2006:05

Postal address:
Box 857, SE-501 15 BORÅS, Sweden
Telephone: +46 33 16 50 00
Telefax: +46 33 13 55 02
E-mail: info@sp.se
Internet: www.sp.se

Innehållsförteckning

Sammanfattning	6
1. Bakgrund och inledning.....	7
1.1 Undersökta färgsystem	7
2 Provnings- och utvärderingsmetoder	10
2.1 Utomhusprovningar.....	10
2.2 Utvärderingar.....	11
3 Resultat.....	12
3.1 Utomhusexponeringar vid Kvarnvik Bohus Malmön	12
3.2 Korrelation mellan resultat från utomhusexponeringar på Bohus Malmön och resultat från accelererad provning	14
3.3 Rangordning av undersökta färgsystem efter effektiv korrosionsskyddsförmåga	21
3.4 Resultat från utomhusprovning vid SPs utomhusstation i Borås	24
3.5 Resutat angående vidhäftning, glans och kulör efter 4 års utomhusexponering	26
4 Slutsatser	32
5 Referenser	33
Bilaga 1: Resultat från utomhusprovningar på Kvarnvik Bohus Malmön ...	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga 2: Resultat från utomhusprovningar vid SP i Borås	Fel! Bokmärket är inte definierat.

Förord

Denna rapport utgör en redovisning av resultat från fyra års fältstationsprovningar vid Bohus Malmön och Borås inom projektet: Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård. Arbetet redovisat i denna rapport har finansierats av Riksantikvarieämbetet och FORMAS.

Projektet kom till stånd på initiativ av Mille Thörnblom, Riksantikvarieämbetet som även aktivt tar del i projektarbetet.

Projektgruppen utgörs dessutom av:

Magnus Palm, SP	Projektledare fr o m augusti 2005
Bo Carlsson, Högskolan i Kalmar	Projektledare t o m juli 2005
Beatrice Heale; SP German Mara; SP	Korrosionsprovning och utvärdering av korrosions- skyddsförmåga hos undersökta färgsystem
Hans Gustafsson, SP	Utredning av miljö- och hälsoaspekter förenade med an- vändning av undersökta färgsystem för rostskyddsmål- ning
Kerstin Lyckman, KTH	Forskning om traditionella/ursprungliga färgsystem
Anders Berglund, Gatubolaget Göteborg	Konsult rostskyddsmålning
Kåre Ehn, MYTEC Ytbehandling AB	Representant för kontrakterad målningsentreprenör

Till projektet är dessutom en referensgrupp knuten med följande medlemmar:

Björn Christensson, Banverket/Vägverket
Erik Gravenfors och Göran Gabrielsson, Kemikalieinspektionen
Bror Sederholm, Korrosionsinstitutet
Anders Zander, Statens Fastighetsverk
Arne Holmström, SP och CTH
Bengt Spade, Industriminnesbyrå
Bertil Svensson, Varbergs kommun
Torbjörn Nilsson, Kornarps vägsamfällighet
Bengt Johansson, Falkenbergs kommun
Göran Sigfridsson, Teknos Tranemo
Lars Kjellberg och Carel Pattyranie, Introteknik i Stockholm AB
Thomas Carlsson, INDUF AB
Thomas Edberg och Gunilla Östberg, Alcro Beckers AB
Mats Nordin, Tikkurila AB

Inom projektet har följande rapporter hittills publicerats:

- [1] "Historiska målningsbehandlingar på järn, en litteraturstudie", Kerstin Lyckman, Delrapport 2002-09-29
- [2] "Hälso- och miljöaspekter på blymönja och moderna blyfria alternativa färgsystem", Hans Gustafsson, SP-Rapport 2002:14, ISBN 91-7848-905-9, 2002
- [3] "Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård - Resultat av accelererad korrosionsprovning", Bo Carlsson m.fl., SP-rapport 2002: 07, ISBN 91-7848-896-6, 2002
- [4] "Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård– Förutsättningar för referensobjektsstudie av två järnvägsbroar samt rapport från inledande målningsarbete; Bo Carlsson m.fl., SP-rapport 2004:28, ISBN 91-85303-04-6
- [5] "Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård – Resultat av konditionsbesiktningar av referensobjekt ett år efter ommålning"; Bo Carlsson och Beatrice Heale, SP-AR 2004:26; (Kan beställas från bo.carlsson@sp.se)
- [6] "Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård – Resultat av fältstationsprovningar efter tre år samt jämförelse med resultat från accelererad provning, Bo Carlsson och Beatrice Heale, SP-AR 2004:27
- [7] "Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård – Resultat av konditionsbesiktningar av referensobjekt två år efter ommålning"; Magnus Palm och Beatrice Heale, SP-AR 2005:

Sammanfattning

På initiativ av Riksantikvarieämbetet har ett projekt initierats med huvudfrågeställningen om det idag finns mer miljövänliga och prestandamässigt sett likvärdiga alternativ till linoljeblymönja som rostskyddsgrundfärg för kulturmiljövård. Inom projektet ryms inledande analys av kommersiellt tillgängliga rostskyddsfärgssystem och deras miljöegenskaper, bestämning av korrosionsskyddsförmåga hos färgsystemen genom accelererad korrosionsprovning, utvärdering av färgsystemen genom fältstationsprovningar samt utvärdering av färgsystemen genom faktisk utförd underhållsmålning av två referensobjekt under minst en tioårsperiod.

I denna rapport redovisas resultat från fältstationsprovningar av färgsystemen vid Kvarnvik Bohus Malmön och vid SP i Borås efter fyra år. Resultaten jämförs även med vad som kom fram vid tidigare utvärderingar av färgsystemens korrosionsskyddsförmåga genom accelererad korrosionsprovning.

Hittills genomförda fältundersökningar ger därmed resultat som väl överensstämmer med resultat från tidigare genomförda accelererade provningar.

I termer av C-klasser, korrosivitetsklasser, indikerar resultaten att de flesta färgsystemen uppvisar en något bättre prestanda sett utifrån den klassificering av rostskyddsfärgssystem som ges i BSK 99 utgående från använda färgtyper och skiktjocklekar. Ungefär hälften av de moderna färgsystemen visar prestanda bättre än C4 medel.

För undersökta testsystem med två ursprungliga färger, tillverkade utgående från recepturer funna i äldre litteratur, behövs ytterligare förbättrande utvecklingsarbete då korrosionsskyddsklassen bestämdes vara sämre än C2. Det bör dock påpekas att aktuella färgsystem verkar att klarat sig bättre under provningen på Bohus Malmön jämfört med under den accelererade provningen.

Fältstationsundersökningarna visar som de accelererade provningarna på appliceringens betydelse för att ett tillfredsställande rostskydd skall kunna fås. Kritiska ställen i en konstruktion utgör spalter och vassa kanter där speciell uppmärksamhet måste till vid appliceringen för att få tillfredsställande lokal skiktjocklek.

På frågan om moderna rostskyddsfärgssystem är jämförbara i prestanda med ett rostskyddssystem med oljeblymönja som grundfärg ger hittills utförda provningar inte något entydigt svar. Oljeblymönjesystemet är dock det färgsystem som ligger i topp vad avser effektiv korrosionsskyddsförmåga där hänsyn tas inte bara till förmågan att hämma utbredningen av korrosionsdefekter från en avsiktligt gjord repa utan också till förmågan att skydda korrosion i spalter och i anslutning till vassa kanter. Det finns dock moderna färgsystem som uppvisar likartad prestanda.

Resultat från de fullskaleförsök som nyligen initierats behövs dock för att utgående från mer realistiska förhållanden kunna bedöma relevansen av resultaten från de accelererade korrosionsprovningarna och fältstationsprovningarna.

För kvalificering och korrosionsskyddsklassning av rostskyddsfärger har undersökningarna visat på den accelererade provningsmetodens lämplighet eftersom resultaten är i stor överensstämmelse med dem som fås vid utomhusexponeringarna vid Bohus Malmön. Det i denna undersökning föreslagna kvalifikationsschema baserad på resultat också från accelererad provning av provobjekt med överpanel och spalt är därför att rekommendera.

1. Bakgrund och inledning

Inom vården av kulturobjekt av järn och stål hör det till undantagen att alla ytor före underhållsmålning helt kan rengöras från rost, vilket alla kända rostskyddssystem utom linoljeblymönja anses kräva för att fungera tillfredsställande. På initiativ från Riksantikvarieämbetet initierades därför ett projekt med huvudfrågeställningen om det idag finns mer miljövänliga och prestandamässigt sett likvärdiga alternativ till linoljeblymönja som rostskyddsgrundfärg för kulturmiljövård. Inom projektet rymms inledande analys av kommersiellt tillgängliga rostskyddsfärgssystem och deras miljöegenskaper, bestämning av korrosionsskyddsförmåga hos färgsystemen genom accelererad korrosionsprovning, utvärdering av färgsystemen genom fältstationsprovningar samt utvärdering av färgsystemen genom faktisk utförd underhållsmålning av två referensobjekt under minst en tioårsperiod. De två första aktiviteterna inom projektet är idag avslutade och rapporterade [1,2,3].

Utvärdering av färgsystemen genom faktisk utförd underhållsmålning har initierats genom att två f.d. järnvägsbroar under sommaren 2003 målades med de utvalda färgsystemen. En redovisning av målningensarbete och presentation av förutsättningarna för referensobjektsundersökningen ges i rapporten [4]. En arbetsrapport som redovisar resultatet ett år efter ommålning har sammanställts [5].

I aktuell arbetsrapport redovisas resultat från fältstationsprovningar av färgsystemen vid Kvarnvik Bohus Malmön och vid SP i Borås efter fyra år. Resultaten jämförs även med vad som framkom vid utvärderingen av färgsystemens korrosionsskyddsförmåga genom accelererad korrosionsprovning vars resultat tidigare redovisats i [3].

1.1 Undersökta färgsystem

I undersökningen studeras elva färgsystem; se *Tabell 1*. Referenssystemet, 1, utgörs av ett färgsystem med linoljeblymönja.

Tre färgsystem, är alkydsystem med grundfärger som innehåller rostskyddspigment och korrosionsinhibitorer som zinkfosfat (2, 3 och 4). Ett annat alkydfärgsystem använder sig av en opigmenterad penetrerande yttolerant linoljealkyd, Isotrol, som grundbehandling följt av en mellanfärg och en toppfärg av alkydtyp, 5. Mellanfärgen innehåller järnoxidpigment för korrosionsskydd. Ytterligare ett alkydfärgsystem finns med en fiskoljebaserad fukt och yttolerant penetrerande grundfärg med zinkfosfat som korrosionsinhibitor, 6. Mellanfärgen är av alkydtyp och toppfärgen är en uretanmodifierad alkydfärg.

Flera färgsystem av tvåkomponentstyp som bygger på korrosionsskydd genom barriärverkan finns med i undersökningen. Ett sådant är ett epoxy/polyuretan system där grundfärgen använder sig av järnglimmer som huvudsakligt pigment, 7. I ett annat epoxy/polyuretan system utgörs grundfärgen av aluminiumpigmenterad epoxy, 8. Ett tredje sådant system använder sig dessutom av en opigmenterad penetrerande yttolerant linoljealkyd som grundbehandling följt av ett tvåkomponents epoxy / polyuretan system, 9.

De två traditionella rostskyddsfärgssystemen utan linoljeblymönja, färgsystem 10 och 11, tillverkades för projektets räkning utgående från litteraturuppgifter om recepturer för några typiska äldre färgsystem, se delrapporten "Historiska målningensbehandlingar på järn – En litteraturstudie" av Kerstin Lyckman [1]. Det bör påpekas att de traditionella linoljefärgsystemen utan blymönja inte skall ses som några färdigutvecklade system, utan är ett första steg i ett eventuellt utvecklingsarbete. De är således inte optimerade i ett industriellt utvecklingsarbete till skillnad från övriga system.

Tabell 1 Rostskyddsfärgssystem i projektet

	Grundfärg	Mellanfärg/Täckfärg	Anmärkning
Referenssystem			
1	Protect Rostskydd Oljemönja	TEMA LACK AB 70	Referenssystem från Alcro Beckers
Moderna färgsystem			
2	TEKNOSYNT PRIMER 1228	TEKNOSYNT 1360	Teknos Tranemo
3	Protect roststopp	TEMA LACK AB MIO / TE-MA LACK AB 70	Alcro Beckers
4	TEMA PRIME AB	TEMA LACK AB MIO / TE-MA LACK AB 70	Tikkurila
5	ISOTROL	ISOGUARD PANSAR /ISOTROL FINNISH	Introteknik
6	Rust-Oleum Röd Primer 769	Rust-Oleum Alkythane	INDUF
7	INERTA MASTIC MIOX	INERTA 51 MIOX / TEKNO-DUR 50/90	Teknos Tranemo
8	TEMABOND ST 200	TEMACOAT GPL-S MIO /TEMADUR 50	Tikkurila
9	ISOTROL	ISOMASTIC/ISODUR	Introteknik
Traditionell färgsystem utan linoljeblymönja			
10	Linoljearnmönja	Linolja	Traditionellt kokt linolja med omkring 0,3 % Pb
11	Enkelsystem med linolja pigmenterad med kimrök och grafit		Som ovan

För provningarna applicerades färgsystemen på förkorroderade varmvalsade C-stålpaneler som förbehandlats till St 2. Som rekommenderad skiktjocklek angavs värdet 160 µm. Täckfärgerna skulle vara halvmatta med glansvärden mellan 40-60 enheter. Kulören skulle vara mellangrå enligt specifikationen NCS 5502-B.

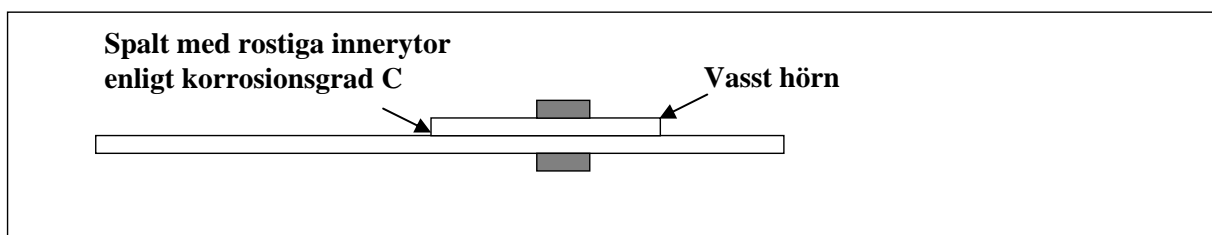
Enligt BSK 99 [6] anges följande relevanta rekommendationer på färgsystem för användning i olika korrosivitets- och hållbarhetsklasser:

Tabell 2 Specifikation av färgsystem för olika korrosivitetsklasser enligt BSK 99

Korrosivitetsklass	Hållbarhet	Beteckning	Förbehandling	Grundfärg	Täckfärg
C2	medel	S 2.03	St 2	alkyd, 80 µm	alkyd, 40 µm
C3	medel	S 3.05	St 2	alkyd, 80 µm	alkyd, 120 µm
C2	medel	S2.15	Sa 2 1/2	epoxy, 80 µm	epoxy/PU, 40 µm
C3	medel	S3.17	Sa 2 1/2	epoxy, 80 µm	epoxy/PU, 80 µm

Enligt BSK 99 krävs för kvalificerande provning dock ej förkorroderade paneler som i denna undersökning. Bortses från detta faktum borde färgsystemen i denna undersökning klara kraven uppställda för C2 medel men ej nödvändigtvis för C3 medel.

Två slag av provobjekt användes, dels en plan provpanel med dimensionen 10 cm x 15 cm x 3mm och dels en provkropp bestående av den plana provpanelen med en fastsatt överpanel med dimensionen 3,8 cm x 10 cm x 3mm, vars utseende återges schematiskt i **Figur 1**.



Figur 1 Provkropp med spalt som användes i projektet

Överpanelen skruvades fast i underpanelen med samma vridande moment för alla provkroppar. Därefter utfördes stålborstning till förbehandlingsgraden St2. På så sätt erhöles en spalt med innerytor med rost i en omfattning motsvarande korrosionsgrad C. Övre hörnen på överpanelen slipades ej för att skapa en vass kant där tjockleken av färgskikten skulle bli minimal.

Backsidan av panelerna och provkroppen skyddades enbart med grundfärgen. Panelerna försågs ej med annat kantskydd än grund- och täckfärgen.

Färgsystem 1 till och med 9 applicerades av respektive färgtillverkare. Färgsystem 10 och 11 applicerades genom projektgruppens försorg.

I **Tabell 3** ges bestämda medelvärden för skiktjockleken för de provade färgsystemen. Skiktjocklekan bestämdes med magnetisk metod enligt SS-ISO 2178 [4]. Före korrosionsprovning försågs de enkla provpanelerna med en 1 mm bred repa.

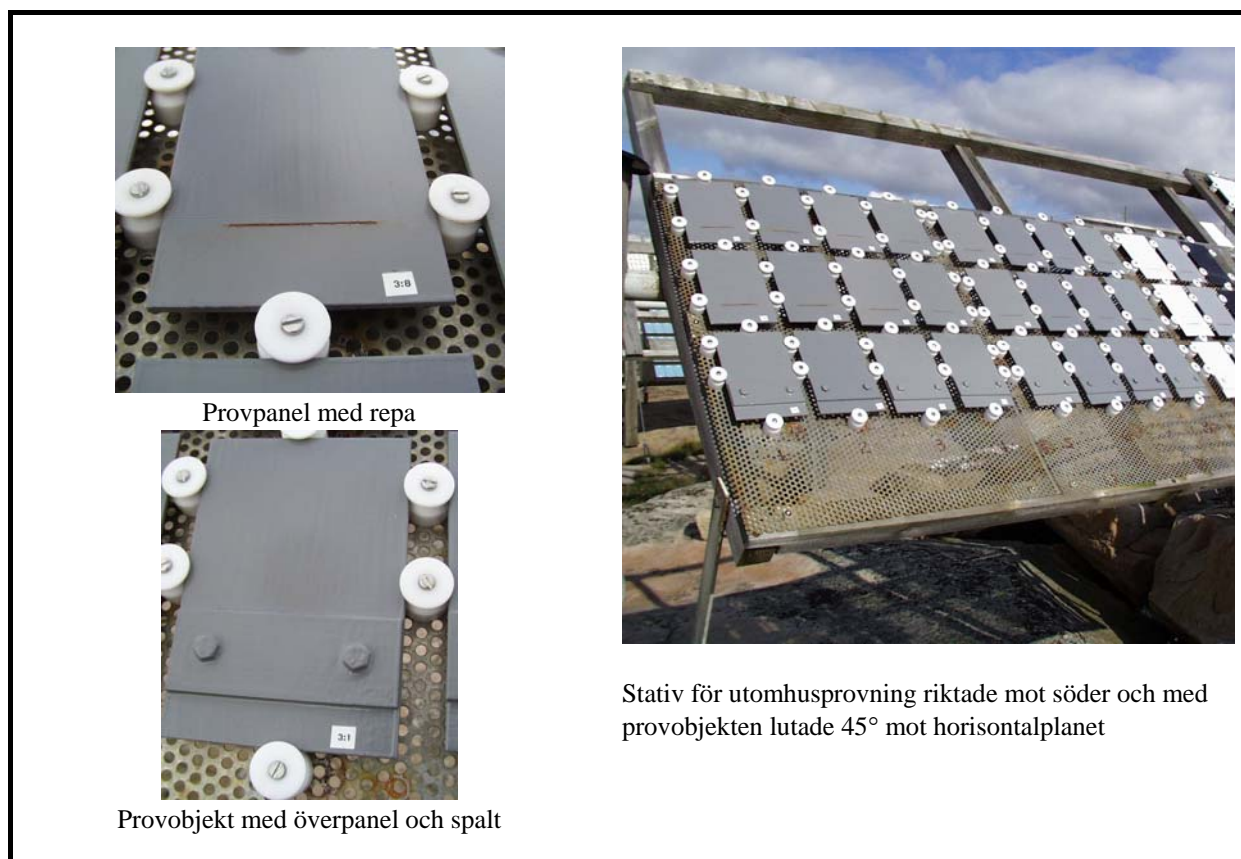
Tabell 3 Uppmätt total skiktjocklek

Primer i färgsystem	Nr	Total skiktjocklek (μm)
Ref. Oljeblymönja (Alcro Beckers)	1	241
Teknosynt Primer (Teknos Tranemo)	2	129
Protect roststopp (Alcro Beckers)	3	186
Tema Prime AB (Tikkurilla)	4	158
Isotrol/Isoguard (Introteknik)	5	115
Rust-Oleum Röd (Induf)	6	110
Inerta Mastic MIOX (Teknos Tranemo)	7	119
Temabond ST 200 (Tikkurilla)	8	175
Isotrol/Isomastic (Introteknik)	9	206
Linoljefärgmönja	10	50 ?
Enkelsystem med linolja	11	67

2 Provnings- och utvärderingsmetoder

2.1 Utomhusprovningar

Utomhusprovningarna utfördes med provobjekten placerade på stativ riktade mot söder i en vinkel av 45° mot horisontalplanet som beskrivs i ISO 8565 [7]. Provobjekten var placerade med kortsidan nedåt som visas i *Figur 2*.



Figur 2 Exponering av provobjekten vid utomhusprovningarna

Provningarna startade på Kvarnvik Bohus Malmön 2001-09-12 och vid SPs utomhusstation i Borås i 2001-10-19. I *Tabell 4* ges uppgifter om korrosivitetsförhållandena vid dessa fältstationer under aktuell tidsperiod som provningarna varat. Värden för 2004/2005 har ej erhållits ännu. Värdena för Bohus Malmön 2001/2005 baseras på utsatta kuponger på stativen för de fyra år som exponeringen varat.

Tabell 4 Korrosivitetsförhållandena vid Kvarnvik Bohus Malmön och vid SPs utomhusstation i Borås under 2001- 2004.

Kvarnvik, Bohus Malmön

År	2001/2002 (okt-okt)	2002/2003 (okt-okt)	2003/2004	2001/2005	Medelvärde[8] 86/89
Korrosion av stål ($\mu\text{m}/\text{år}$)	181 ± 7	66 ± 13	76 ± 12	38	54
Korrosion av zink ($\mu\text{m}/\text{år}$)	$1,8 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,0$	-	1,7	1,4
Korrosion av koppar ($\mu\text{m}/\text{år}$)				0,9	
Korrosion av Aluminium ($\mu\text{m}/\text{år}$)				0,7	

Forts. tabell 4

SPs utomhusstation Borås

År	2001/2002 (okt-okt)	2002/2003 (okt-okt)	2003/2004 (okt –okt)	2004/2005 (okt –okt)	Medelvärde [8] 86/89
Korrosion av stål ($\mu\text{m}/\text{år}$)	17	12	13	16	13
Korrosion av zink ($\mu\text{m}/\text{år}$)	1,3	0,8	0,7	0,7	0,56
Korrosion av koppar ($\mu\text{m}/\text{år}$)				0,9	
Korrosion av Aluminium ($\mu\text{m}/\text{år}$)				0,1	

2.2 Utvärderingar

Under korrosionstestet besiktigades provpanelerna med avseende på observerbara defekter enligt ISO 4628 [9]. För bestämningen av utbredning av defekter från repan delades övre respektive neder del av repan in i tre lika stora delar. För varje sådan del av repan bestämdes sedan med hjälp av skjutmått den maximala utbredningen av defekter. Medelvärdet av de sex mätningarna beräknades sedan och användes som mått för utbredningen. Förfarandet överensstämmer med vad som beskrivs i ISO 4623-1[10].

Utbredning av defekter från spalten mellan under och överpanel för den speciella provkroppen med överpanel gjordes på analogt sätt. Spalten på uppåtriktade sidan av överpanelen och spalten på nedåtriktade sidan av överpanelen delades upp i tre lika stora delar och maximala utbredningen av defekter ut från spalten bestämdes för varje del. Medelvärdet av de sex mätningarna beräknades sedan och användes som mått på utbredningen.

Rostgrad (Ri) på den fria ytan bedömdes enligt ISO 4628-3[13].

Vid bestämning av den andel av färgytan på överpanelen som uppvisade korrosionsdefekter efter 1, 2 och 3 år användes ett bildbehandlingsprogram för analys av foton av ytan. I det aktuella fallet kunde andelen av en yta som uppvisade korrosionsangrepp uppskattas utgående från kvoten mellan antalet röda pixels per ytenhet i förhållande till antalet blåa pixels per ytenhet för hela ytan, a, och motsvarande kvot för en del ytan som inte uppvisade korrosionsskador, b. Andelen rostangripen yta kunde därmed uppskattas från $(a - b)/a$. Efter 4 år gjordes bestämningen genom visuell besiktning.

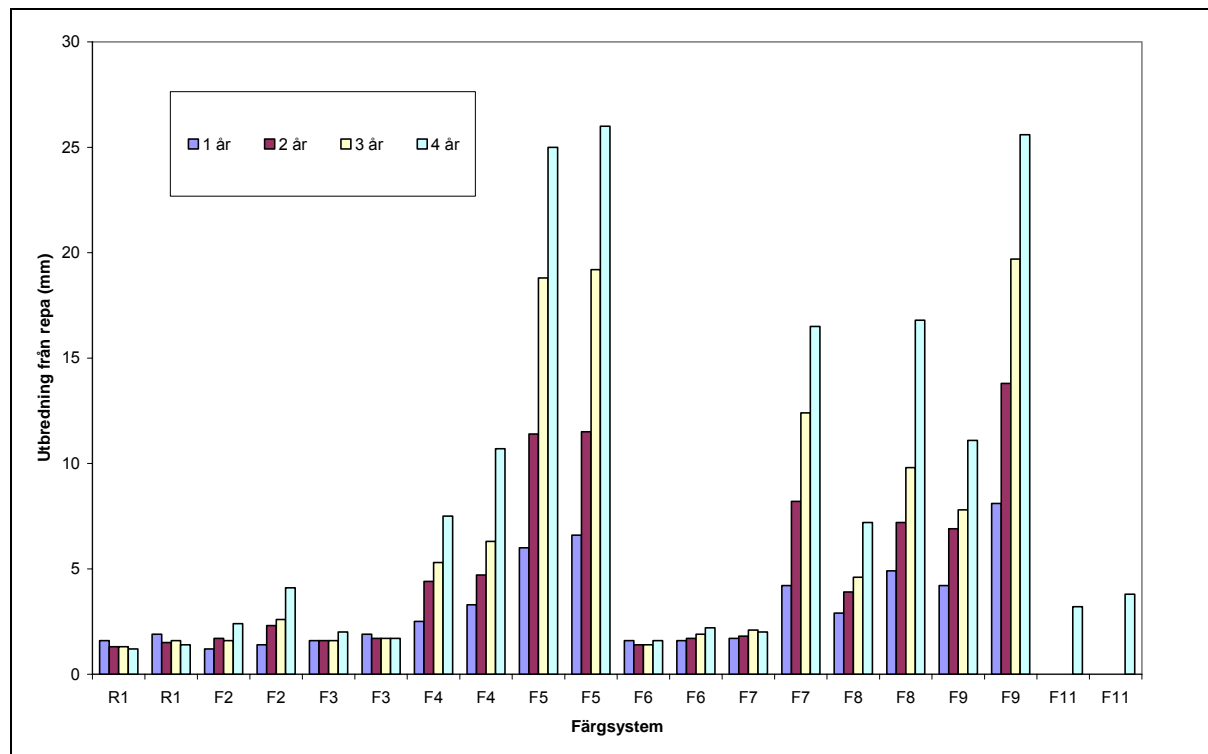
Efter de ytliga besiktningarna uppmättes kulör enligt ISO 7724/1(D65 10° %R SCI UV Inc.)[14], glans enligt EN ISO 2813 [15] vid mätvinkel 60° och vidhäftning enligt SS-EN ISO 4624 [16] efter avspolning med avjoniserat vatten och torkning med tryckluft. Dragprovstorna ruggades upp något med grovt sandpapper och torkades av med etanol Till dragprovningen användes dragprovkroppar med diametern 20 mm och ett cyanoakrylatlim Loxeal 27 som fick härda i ca 24 tim. Draghastigheten var 1,5 mm/min. 6 dragprov utfördes på varje exponerat system.

Överlappspanelerna kapades och tvärsnitten på spalterna fotograferades i mikroskop vid 65 ggr förstoring, för att åskådliggöra inträngning i spalt. Se bilaga 1 och 2.

3 Resultat

3.1 Utomhusexponeringar vid Kvarnvik Bohus Malmön

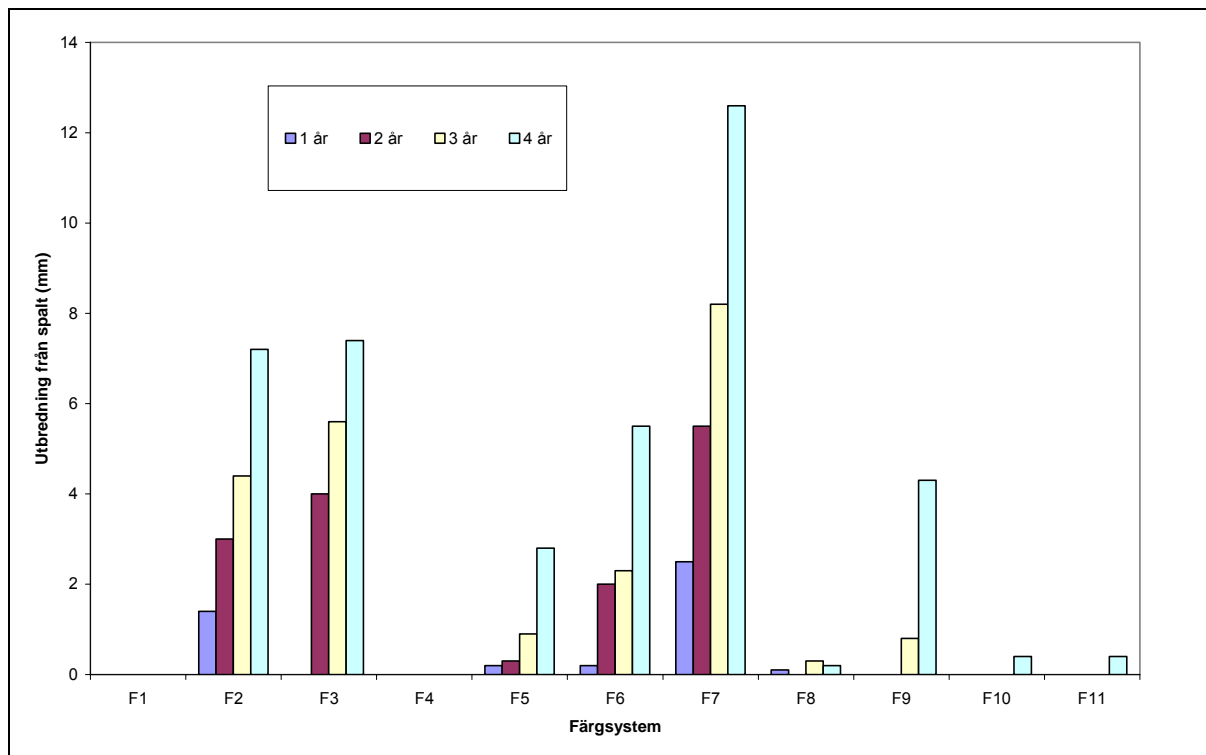
Bilder av proverna finns i Bilaga 1. Resultaten från utomhusexponeringarna på Kvarnvik Bohus Malmön redovisas i **Figurerna 4-6**



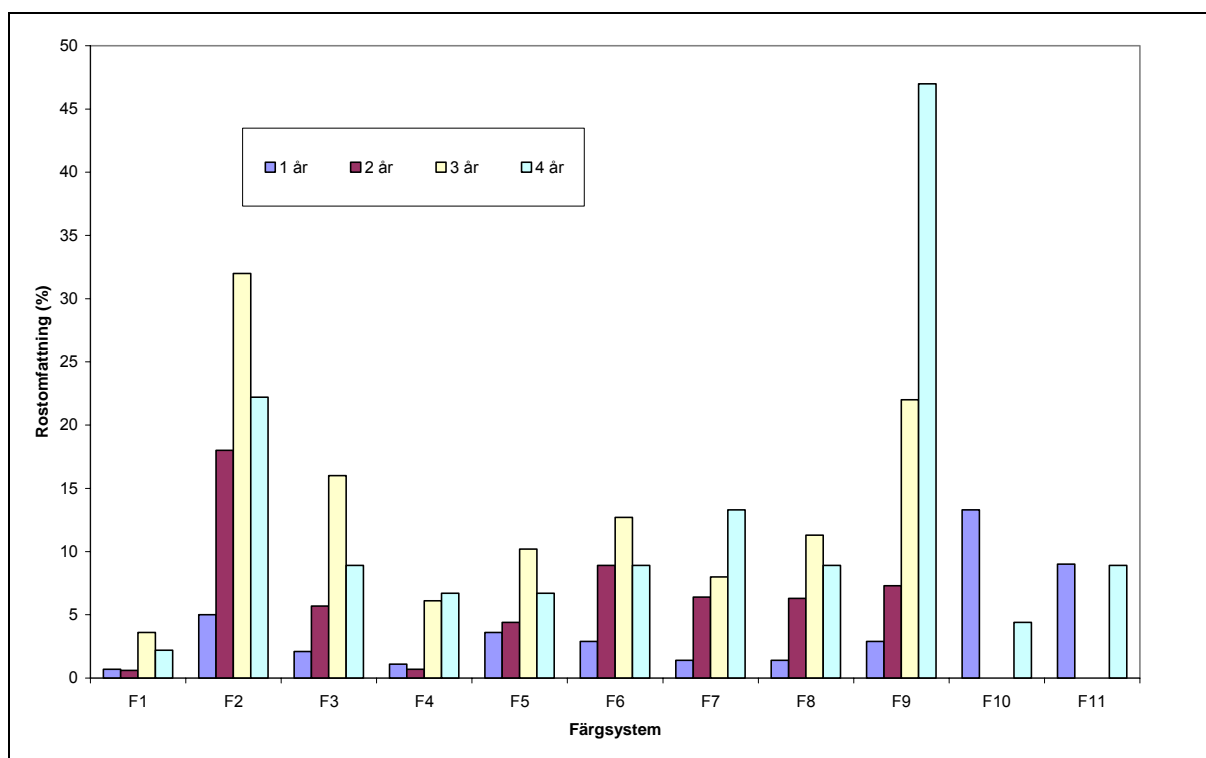
Figur 4 Utbredning av defekter från repa för de olika färgsystemen specificerade i Tabell 1. Resultat ges för var och en av de dubbelprov som provas

Som framgår av **Figur 4** är utbredningen av defekter från repa efter fyra år på Bohus Malmön mycket liten för alkydfärgsystemen R1, F2, F3 och F6 medan den är relativt stor för färgsystemet F5 och för färgsystemen av tvåkomponenttyp F7, F8 och F9. Anmärkningsvärt är dock den stora skillnaden i resultat som fås för de två panelerna med färgsystemet F7. Det bör också nämnas att rostgraden för färgsystemen F10 och F11 på enkelpanelerna efter 1 års exponering motsvarar Ri 4 och efter 4 år Ri 5 resp. Ri 4, varför vissa resultat för dessa färger har utelämnats i **Figur 4**.

Tar man även med i bilden de korrosionsskador som syns hos spaltprovkroppen blir bilden något anorlunda. Färgsystemen F2 och F7 ger kraftig korrosion utanför spalten vilket sammanhänger främst med avsaknad av täckande färg i spalten, vilket kunde konstateras i tidigare undersökning av resultaten efter accelererad provning [3]. I denna undersökning kunde också konstateras bristande täckning eller minimal färgskiktjocklek vid övre kanten på överpanelen speciellt för färgsystemen F2, F3, F6 och F7. Detta skulle därmed kunna förklara den större utbredningen av defekter från spalt som kan observeras för dessa färgsystem, se **Figur 5**. Det bör dock påpekas att korrosionsdefekterna hos färgsystem 3 inte är lika synlig som hos F2 och F7. För färgsystemet F2 uppträder även en högre rostomfattning på överpanelen vid exponeringen, se **Figur 6**.



Figur 5 Utbredning av korrosionsdefekter från spalt observerad hos provobjektet med överpanel vid utomhusexponering på Bohus Malmön med färgsystemen specificerade i Tabell 1.



Figur 6 Rostomfattning på överpanelen observerad hos provobjektet med spalt vid utomhusexponering på Bohus Malmön med färgsystemen specificerade i Tabell 1.

När det gäller rostangreppen som kan observeras på överpanelen är dessa till stor del lokaliserade till bultskallarna och därmed färgernas bristande förmåga att ge tillräckligt skydd i de skarpa kanter som finns där, se fotografierna i Bilaga 1. Det bör påpekas att provobjekten med spalt för färgsystemen F10 och F11 togs in för ommålning efter ett års exponering på Bohus Malmön då rostangreppen i dessa fall nått en oacceptabel nivå efter denna tid.

3.2 Korrelation mellan resultat från utomhusexponeringar på Bohus Malmön och resultat från accelererad provning

Av stort intresse för aktuell undersökning var att utvärdera hur väl man genom accelererad provning kan förutsäga resultat från utomhusprovningar av korrosionsskyddsförmåga utförda på Bohus Malmön. Vid tidigare bestämning av korrosionsskyddsförmågan hos undersökta färger genom accelererad provning [3] var utgångspunkten de rekommendationer som ges i **Tabell 5** och **Tabell 6** och som tidigare ges av SP [3]. Rekommendationerna bygger på resultat från tidigare provningar av en serie miljöanpassade försvarsfärger och baserar sig på sambandet att 6 veckors provning enligt VDA 621-415 grovt sett motsvarar i genomsnitt 0,5 års provning på Bohus Malmön [12].

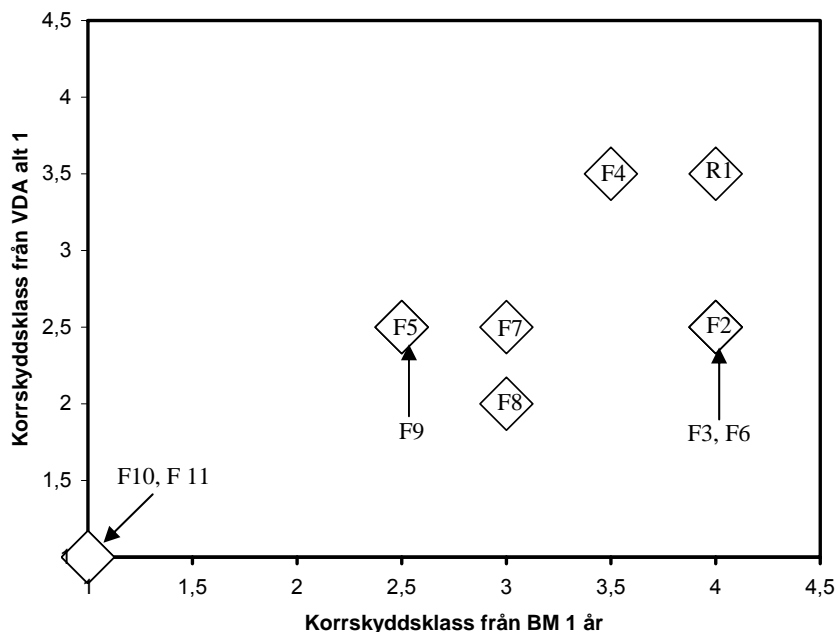
Tabell 5 Av SP tidigare rekommenderade regler för bestämning av korrosivitetsklass baserade på provning enligt VDA 621-415 [11]

Korrosivitetsklass	Krav utbredning av defekter från repa vid hållbarhetsklass: Medel (mm)	Andra krav
Efter 10 veckor		
≥ C4	≤ 2	Inga andra observerbara defekter, tillfredsställande vidhäftning (> 2 MPa), Rostgrad Ri ≤ 1
C3,5	≤ 3	
C3,0	> 3	
Efter 5 veckor		
≥ C3,0	≤ 2	Inga andra observerbara defekter, tillfredsställande vidhäftning (> 2 MPa), Rostgrad Ri ≤ 1
C2,5	≤ 5	
C2,0	> 5	
Efter 3 veckor		
≥ C2	≤ 5	Inga andra observerbara defekter, tillfredsställande vidhäftning (> 2 MPa), Rostgrad Ri ≤ 1
C1,0	>5	

Tabell 6 Använda regler för bestämning av korrosivitetsklass baserade på utomhusprovning vid Bohus Malmön enligt BSK 99 [11]

Korrosivitetsklass	Krav utbredning av defekter från repa vid hållbarhetsklass: Medel (mm)	Andra krav
Efter 1 år		
≥ C4	≤ 2,5	Inga andra observerbara defekter, tillfredsställande vidhäftning (> 2 MPa), Rostgrad Ri ≤ 1
C3,5	≤ 3,8	
C3,0	≤ 5	
C2,5	≤ 12,5	
C2,0	> 12,5	
Efter 0,5 år		
C2,0	≤ 10	Inga andra observerbara defekter, tillfredsstältnade vidhäftning (> 2 MPa), Rostgrad Ri ≤ 1
C1,0	> 10	

Genom att utnyttja rekommendationerna givna i **Tabell 5** och i **Tabell 6** samt provningsresultaten från den accelererade provningen givna i [3] och resultaten efter 1 års utomhusexponering på Bohus Malmön givna i Figur 4 kunde korrelationsdiagrammet enligt **Figur 7** räknas fram. Standardavvikelsen mellan korrosionsskyddsklass bestämd från accelererad provning och den bestämd genom utomhusexponering ligger på 0,66. I inget fall erhålls ett värde på korrosionsskyddsklass från accelererad provning som ligger över bestämd klass från ett års resultaten från Bohus Malmön.



Figur 7 Korrelation mellan korrosionsskyddsklass bestämd utgående från provningar enligt VDA 621-415 och utgående från resultat från utomhusprovning på Bohus Malmön enligt rekommendationer givna i [11]

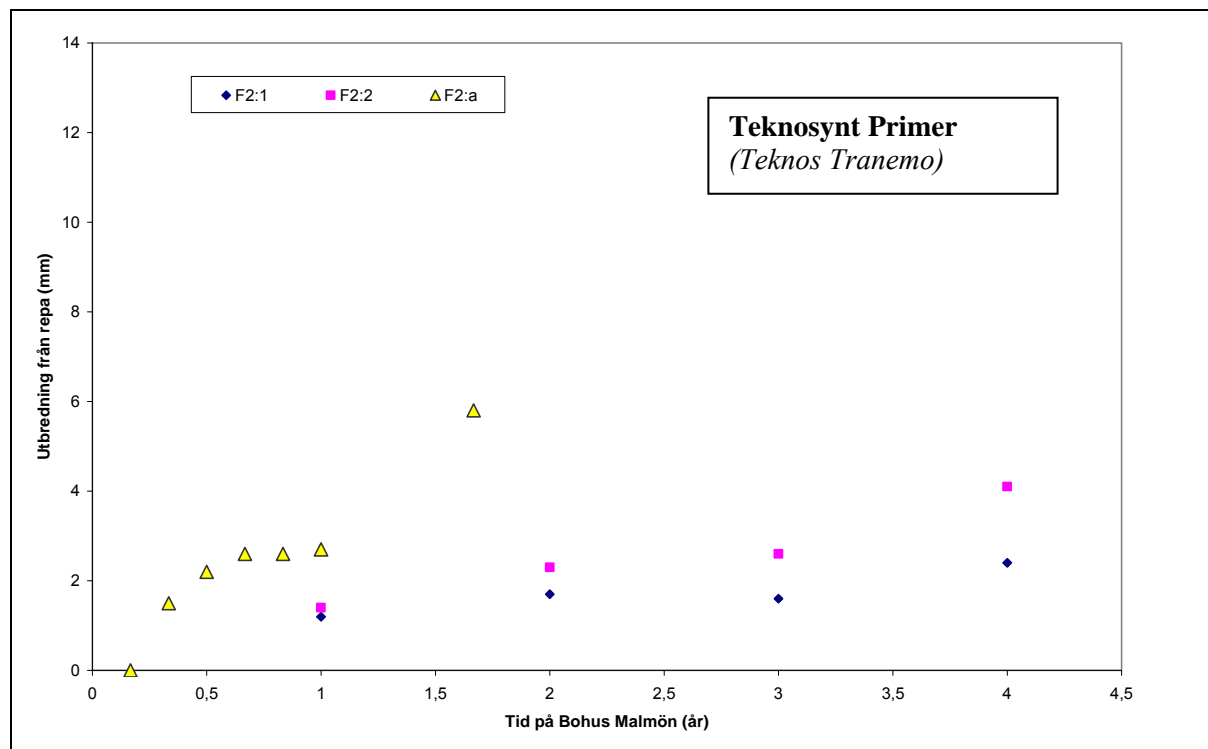
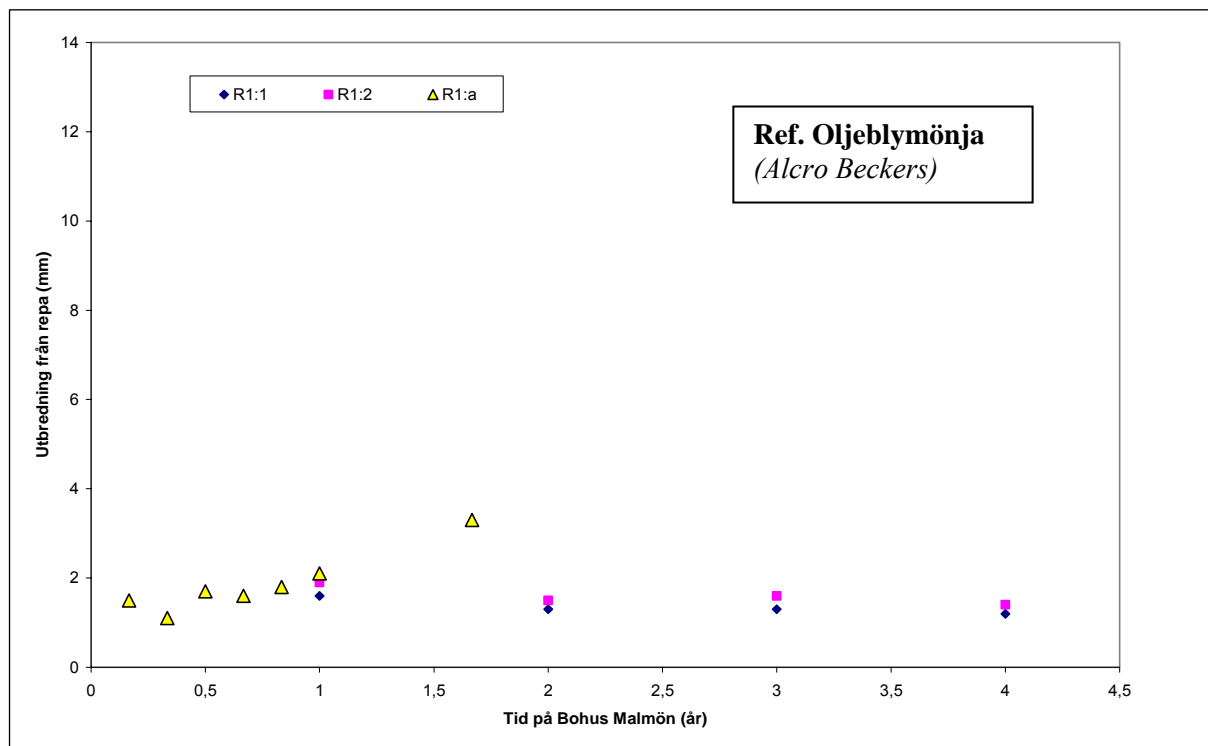
Den korrelationsfaktor på 0,5 som lades fast efter den tidigare undersökningen av de miljöanpassade försvarsfärgerna varierade mellan 0,4 och 0,7 beroende på vilket färgsystem som togs hänsyn till. Förhållandena på Bohus Malmön under provningstiden, från höst till höst, var relativt hårda ur korrosionssynpunkt. Detta kan därmed till viss del förklara skillnaderna mellan de från accelererad provning predikterad korrosionsskyddsklass och från utomhusexponering bestämda klasserna.

För att i nu aktuellt fall få den bästa korrelationen visade det sig lämpligast att anta att 6 veckors exponering enligt VDA 621-415 motsvarar 1 års exponering på Bohus Malmön. Genom denna definition erhöles dock i en del fall högre värden på korrosionsskyddsklassen bestämd genom accelererad provning än från resultaten från utomhusexponeringen. I det följande kommer dock den senare korrelationen att ligga som grund.

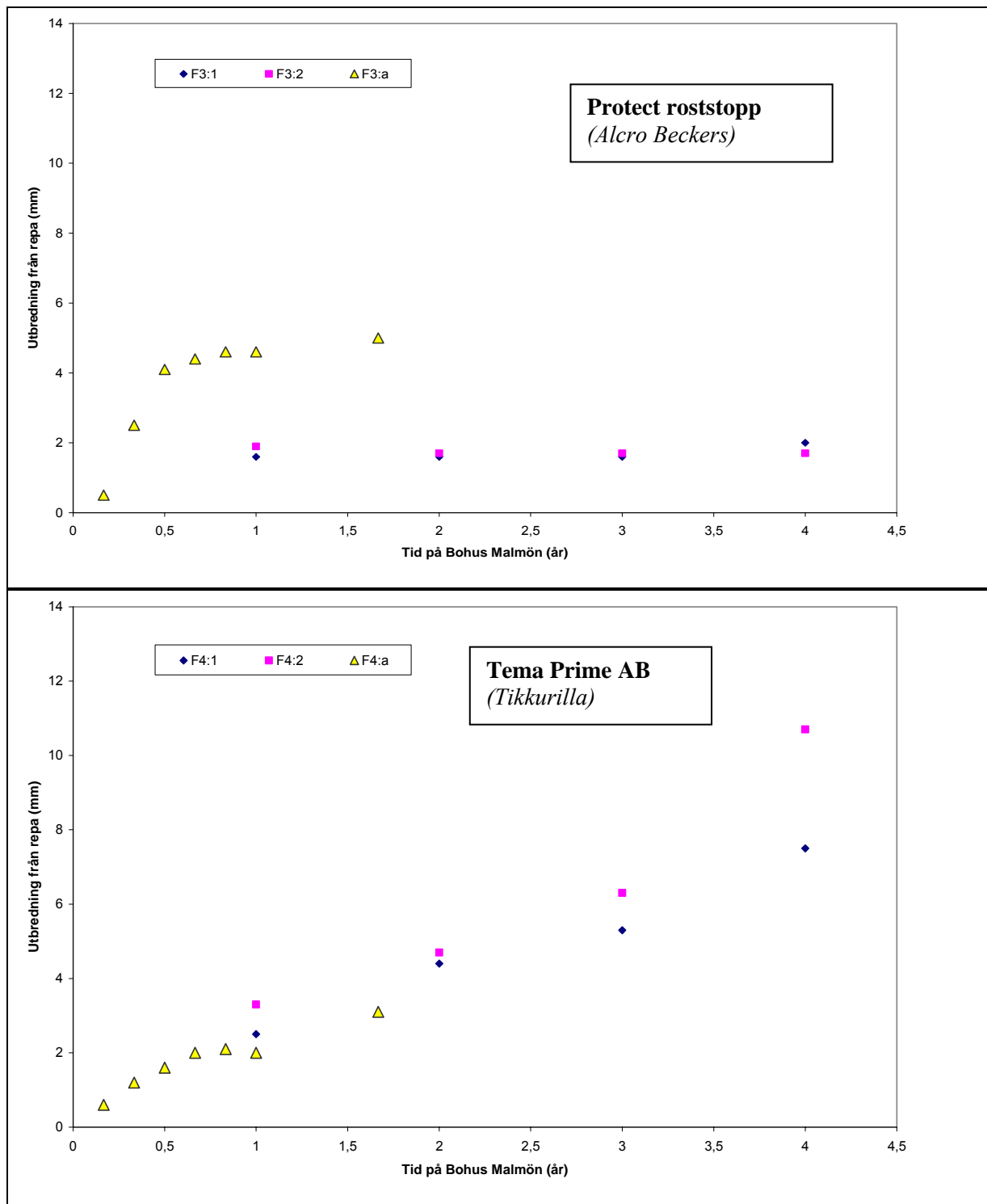
För att illustrera hur utbredningen av defekter från repa utvecklas med tiden för de olika färgsystemen har tidssambanden plottats i **Figur 8**. I de olika diagrammen har också resultaten från tidigare utförda accelererade provningar förts in genom att anta att 6 veckors provning enligt VDA 621-415 motsvarar 1 års utomhusprovning på Bohus Malmön.

Utbredningen av defekter från repa utvecklas med tiden på ett skovliknande sätt för de flesta av färgsystemen. Den stokastiska eller den slumpmässiga karaktären av förloppet understryks av det faktum att för ett av F7 proven som exponeras på Bohus Malmön ökar utbredningen i stort sett linjärt med tiden medan för det andra utomhusexponerade provet utbredning ligger kvar på en låg nivå även efter tre års utomhusexponering. Det förlopp som kan observeras hos provet som testats enligt VDA metoden överstämmer kvalitativt sett med det hos det först nämnda utomhusexponerade provet.

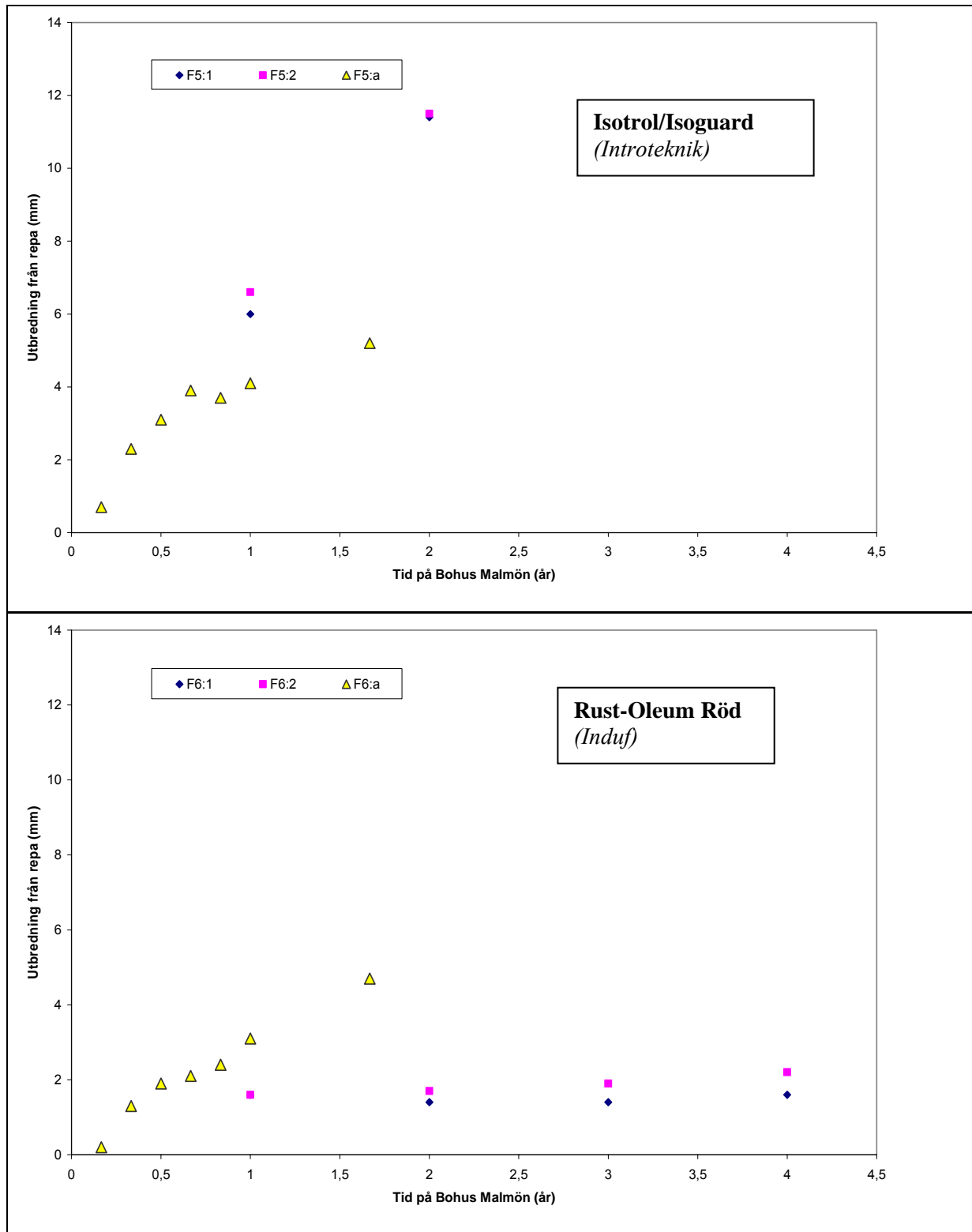
Sammanfattningsvis kan sägas att för de flesta av färgsystemen erhålls en relativ god överensstämmelse mellan hur utbredningen av defekter från repa utvecklas med tiden under den accelererade provningen och under utomhusprovningen på Bohus Malmön. Hur stor överensstämmelsen är uttryckt i korrosionsskyddsklass illustreras i **Figur 9**. Vid omräkning av provningsresultaten till korrosionsskyddsklass har det schema som ges i **Tabell 6** använts. Regler för kvartsklassvärden har också definierats för att få en bättre översikt hur väl de två olika metoderna för bestämning av korrosionsklass överensstämmer sinsemellan.



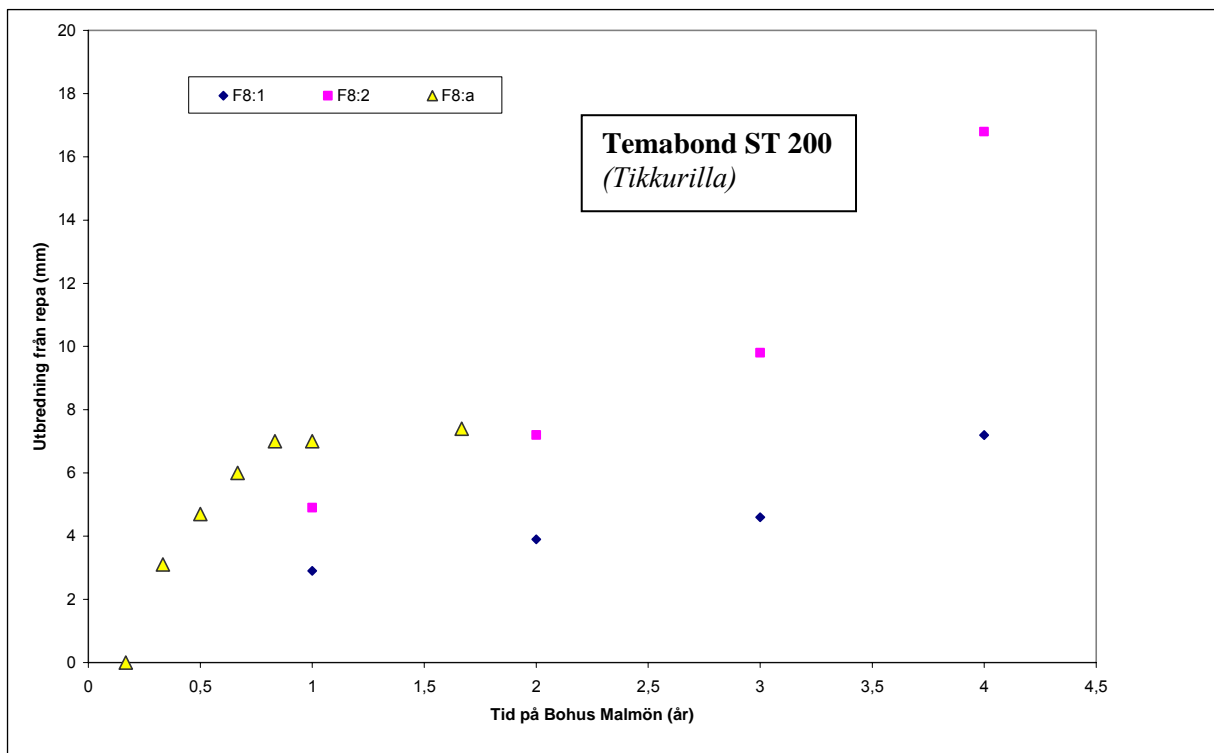
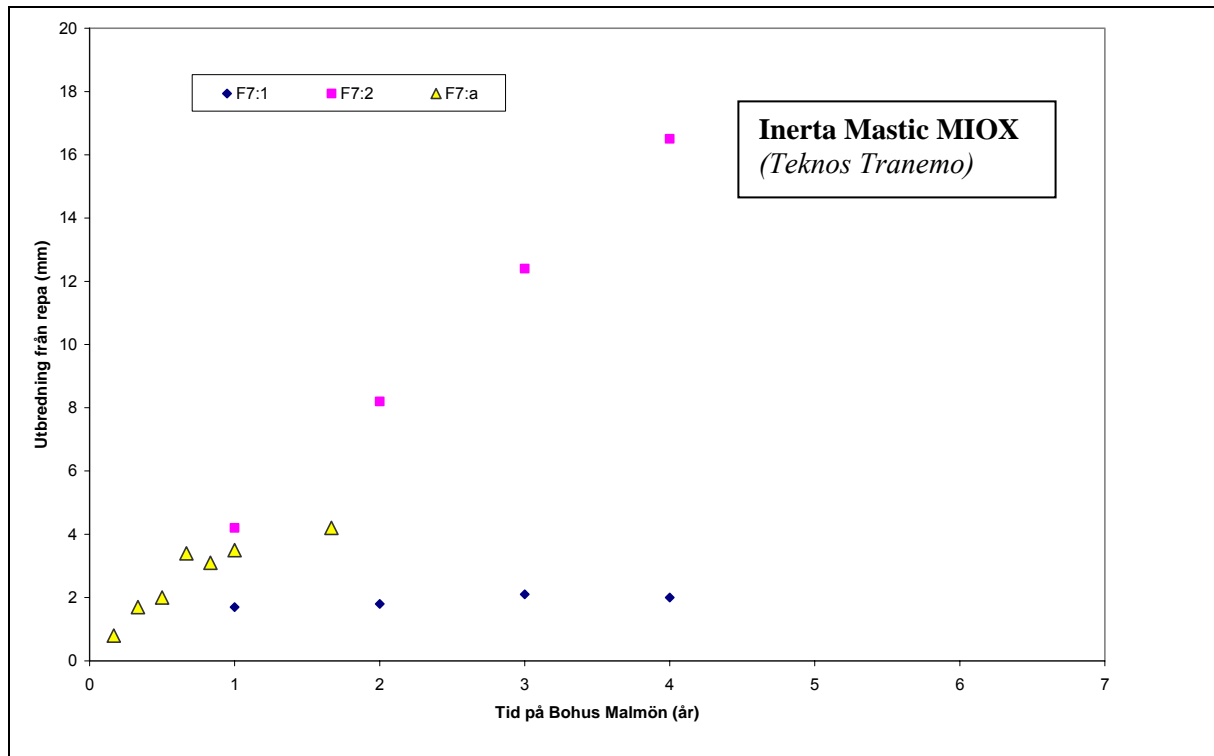
Figur 8 Utbredning av defekter från repa för de olika färgsystemen vid olika tider av utomhusexponering på Bohus Malmön. Fyllda punkter hänför sig till utomhusexponerade prover medan ofyllda punkter till accelererad provning enligt VDA 621-415. Exponeringstiderna från den accelererade provningen har omräknats till tid på Bohus Malmön under antagandet att 6 veckors exponering enligt VDA 621-415 motsvarar 1 år på Bohus Malmön.



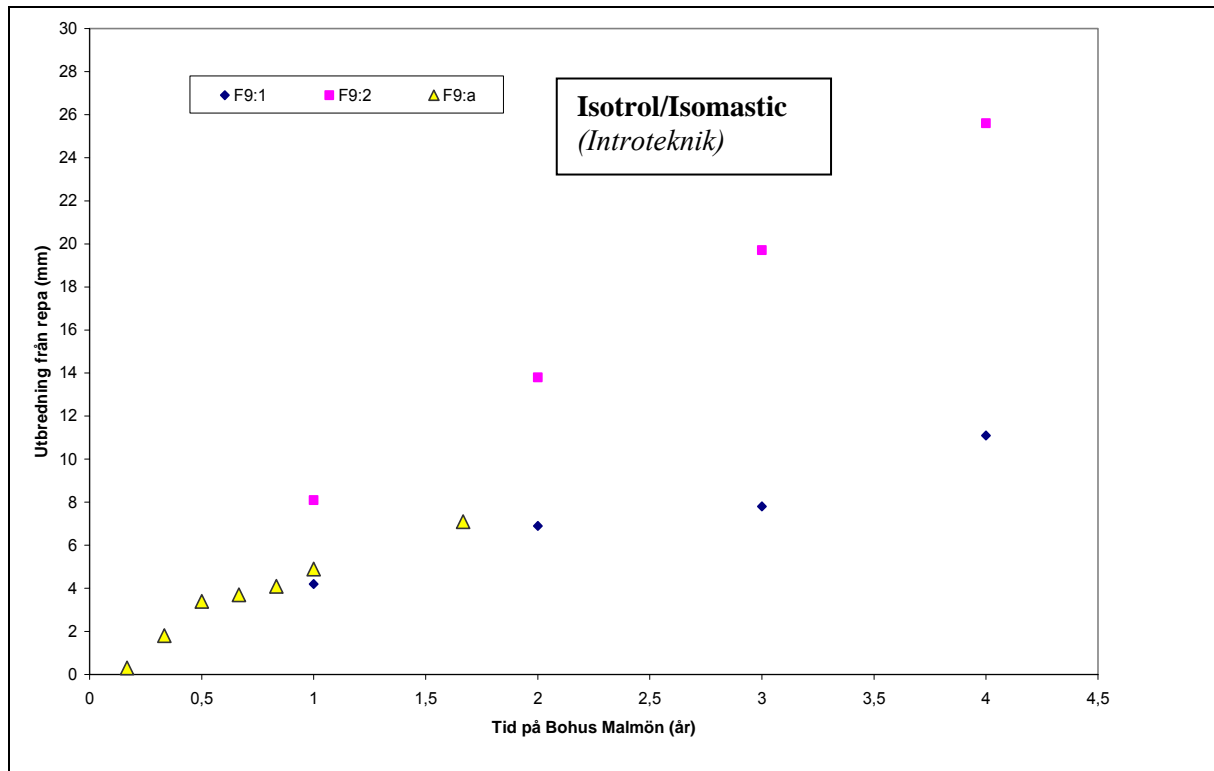
Figur 8 forts Utbredning av defekter från repa för de olika färgsystemen vid olika tider av utomhus-exponering på Bohus Malmön. Fyllda punkter hänför sig till utomhusexponerade prover medan ofyllda punkter till accelererad provning enligt VDA 621-415. Exponeringstiderna från den accelererade provningen har omräknats till tid på Bohus Malmön under antagandet att 6 veckors exponering enligt VDA 621-415 motsvarar 1 år på Bohus Malmön.



Figur 8 forts Utbredning av defekter från repa för de olika färgsystemen vid olika tider av utomhus-exponering på Bohus Malmön. Fyllda punkter hänför sig till utomhusexponerade prover medan ofyllda punkter till accelererad provning enligt VDA 621-415. Exponeringstiderna från den accelererade provningen har omräknats till tid på Bohus Malmön under antagandet att 6 veckors exponering enligt VDA 621-415 motsvarar 1 år på Bohus Malmön.



Figur 8 forts Utbredning av defekter från repa för de olika färgsystemen vid olika tider av utomhus-exponering på Bohus Malmön. Fyllda punkter hänför sig till utomhusexponerade prover medan ofyllda punkter till accelererad provning enligt VDA 621-415. Exponeringstiderna från den accelererade provningen har omräknats till tid på Bohus Malmön under antagandet att 6 veckors exponering enligt VDA 621-415 motsvarar 1 år på Bohus Malmön.

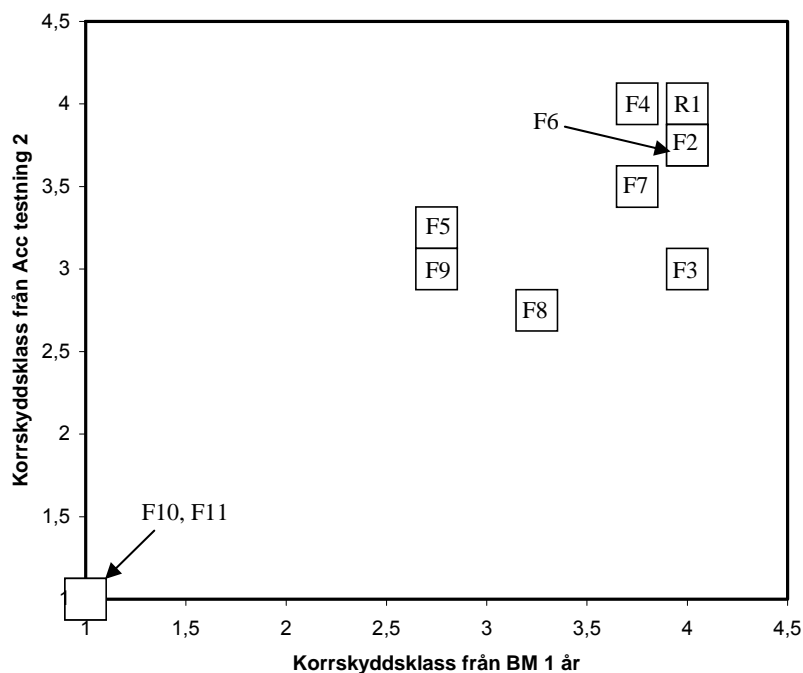


Figur 8 forts Utbredning av defekter från repa för de olika färgsystemen vid olika tider av utomhus-exponering på Bohus Malmö. Fyllda punkter hänför sig till utomhusexponerade prover medan ofyllda punkter till accelererad provning enligt VDA 621-415. Exponeringstiderna från den accelererade provningen har omräknats till tid på Bohus Malmö under antagandet att 6 veckors exponering enligt VDA 621-415 motsvarar 1 år på Bohus Malmö.

Tabell 7 Modifierade regler för bestämning av korrosivitetsklass baserade på provning enligt VDA 621-415 och utomhusprovning vid Bohus Malmö

Korrosivitetsklass	Krav utbredning av defekter från repa vid hållbarhetsklass: Medel (mm)	Andra krav
Efter 6 veckors provning enligt VDA621-415 eller 1 års utomhusprovning vid Bous Malmö		
≥ C4	$u \leq 2,5$	Inga andra observerbara defekter, tillfredsställande vidhäftning (> 2 MPa), Rostgrad $R_i \leq 1$
C3,75	$2,5 < u \leq 3, 1$	
C3,5	$3,1 < u \leq 3,8$	
C3,25	$3,8 < u \leq 4,4$	
C3,0	$4,4 < u \leq 5$	
C2,75	$5 < u \leq 7,5$	
C2,50	$7,5 < u \leq 10$	
C2,25	$10 < u \leq 12,5$	
C2,0	$12,5 < u \leq 20$	
C 1,0	> 20	Eller $R_i > 1$ eller vidhäftning < 2MPa

Som framgår av korrelationsdiagrammet i Figur 9 blir överensstämmelsen bättre genom att en annan korrelationsfaktor används. Standardavvikelsen mellan korrosionsskyddsklass bestämd från accelererad provning och den bestämd genom utomhusexponering ligger omkring 0,41. I tre fall erhålls ett värde på korrosionsskyddsklass från accelererad provning som ligger över bestämd klass från ett års resultaten från Bohus Malmö.



Figur 9 Korrelation mellan korrosionsskyddsklass bestämd utgående från provningar enligt VDA 621-415 och utgående från resultat från utomhusprovning på Bohus Malmö enligt rekommendationer givna i Tabell 6

3.3 Rangordning av undersökta färgsystem efter effektiv korrosionsskyddsförmåga

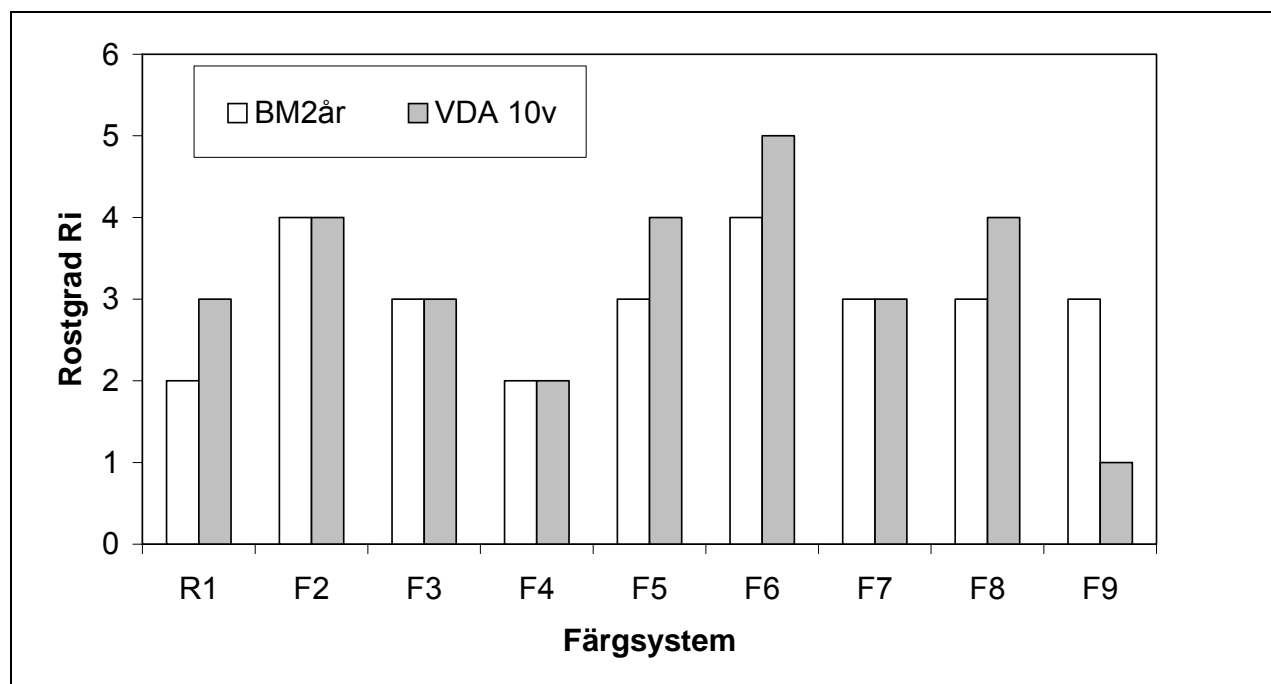
Utbredning av korrosionsdefekter från repa är bara en egenskap av många som kan sägas spegla ett färgsystems korrosionsskyddsförmåga. Den speciella provkroppen med spalt som användes i undersökningen ger annan slag av information om färgsystemens korrosionsskyddsförmåga av betydelse. För att de olika färgsystemens för- och nackdelar rätt skall kunna bedömas är det därför av intresse att utvärdera hur den accelererade korrosionsprovningemetoden förmår framkalla den typ av korrosionsskador som kan observeras på provobjektet med överpanel och spalt.

För att möjliggöra denna jämförelse bestämdes först andelen av överpanelens yta som var rostangripen, inklusive nitar och utbredning från nitar, efter 10 veckors provning enligt VDA 621-415. För detta användes de foton som finns återgivna i tidigare rapport om de accelererade provningarna [3]. Dessa resultat omräknades sedan tillsammans med motsvarande resultat från två års utomhusexponering på Bohus Malmö återgivna i **Figur 6** för att bestämma rostgraden för ytorna enligt ISO 4628-3, se **Tabell 8**. Resultatet återges i **Figur 11**.

Tabell 8 Innebörd av rostgraden R_i enligt ISO 4628-3

Rostgrad	$A_R =$ Andelen av ytan med rostangrepp (%)
Ri 0	$0 \leq A_R < 0,05$
Ri 1	$0,05 \leq A_R < 0,5$
Ri 2	$0,5 \leq A_R < 1$
Ri 3	$1 \leq A_R < 8$
Ri 4	$8 \leq A_R < 40$
Ri 5	$A_R > 40$

Som framgår av resultatet i **Figur 11** kan den accelererade korrosionsprovningmetoden relativt väl förutsäga den rostgrad som visade sig uppträda på överpanelen under utomhusprovningen på Bohus Malmön efter 2 år. Enbart för färgsystemet F9 uppträder en rostgrad som är mer än en klass högre än vad som kan förväntas från resultatet av den accelererade provningen. I detta fall är det övre kanten på överpanelen som uppvisar korrosionsangrepp under provningen på Bohus Malmön, se Bilaga 1.



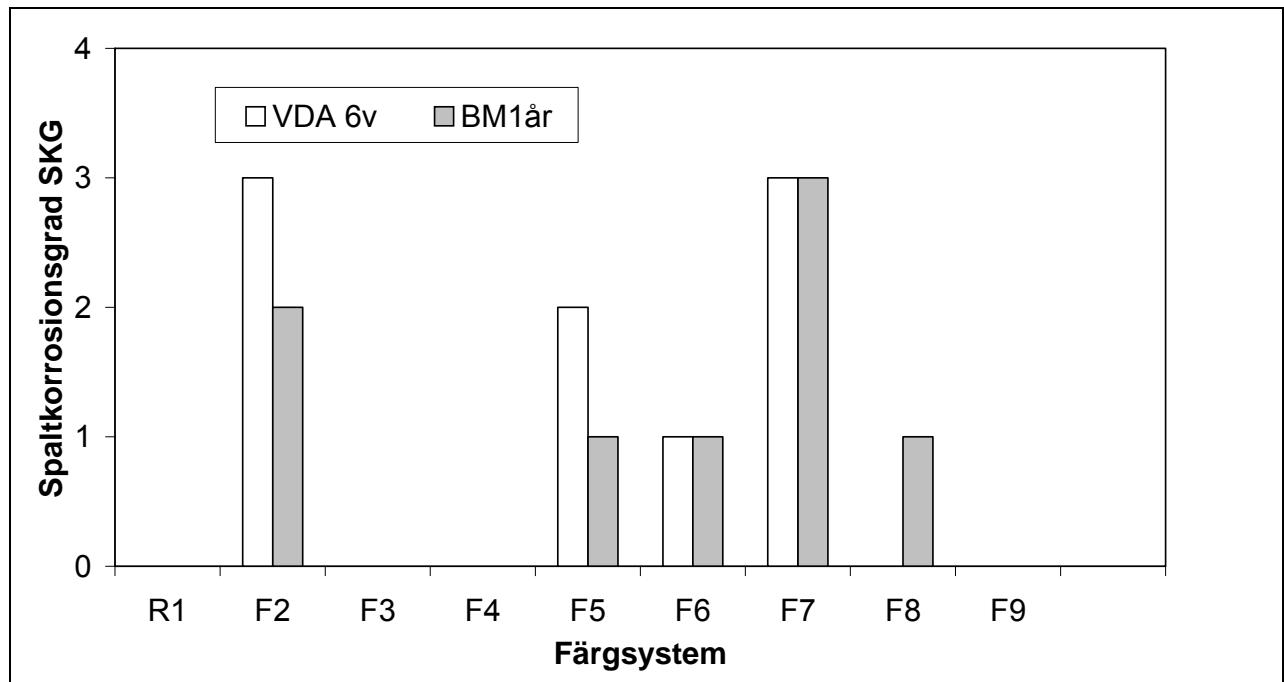
Figur 11 Rostgrad, inkl. rostangrepp på nitar och runt nitar, på överpanelen av provobjektet med spalt observerad efter två års exponering på Bohus Malmön och efter 10 veckors provning enligt VDA 621-415.

Tabell 9 Innebörd av begreppet spaltkorrosionsgrad

Spaltkorrosionsgrad	$U_S =$ Utbredning av defekter från spalt under överpanelen (mm)
SKG 0	$U_S = 0$
SKG 1	$0 < U_S \leq 1$
SKG 2	$1 < U_S \leq 2$
SKG 3	$2 < U_S \leq 8$
SKG 4	$U_S > 8$

För att få ett mått på hur bra överensstämmelsen är om observerad utbredning av korrosionsdefekter från spalten av provobjektet med överpanel också beaktas gjordes följande. Först definierades spaltkorrosionsgrader analogt med rostgrader enligt schemat redovisat i **Tabell 9**. Detta schema tillämpades sedan på uppmätta utbredningar från spalt efter 6 veckors provning enligt VDA 621.415 och 1 års utomhusexponering vid Bohus Malmön. Resultat redovisas i **Figur 12**.

Som framgår av **Figur 12** är överensstämmelsen mellan spaltkorrosionsgraderna bestämda med de två olika metoderna relativt god. Avvikelsen uppgår till maximalt en grad för tre av de nio färgsystemen.



Figur 12 Spaltkorrosionsgrad, se Tabell 7, för provobjekten med överpanel observerade efter ett års exponering på Bohus Malmön och efter 6 veckors provning enligt VDA 621-415.

För att få ett samlat mått på överensstämmelsen i resultat mellan de två korrosionsprovningssmetoderna infördes slutligen begreppet effektiv korrosionsskyddsklass, C_{eff} , definierad enligt följande:

$$C_{\text{eff}} = C_{\text{UR}} - 0,25 \cdot R_{i\text{öP}} - 0,25 \cdot \text{SKG}_{\text{öP}} \quad (1)$$

där

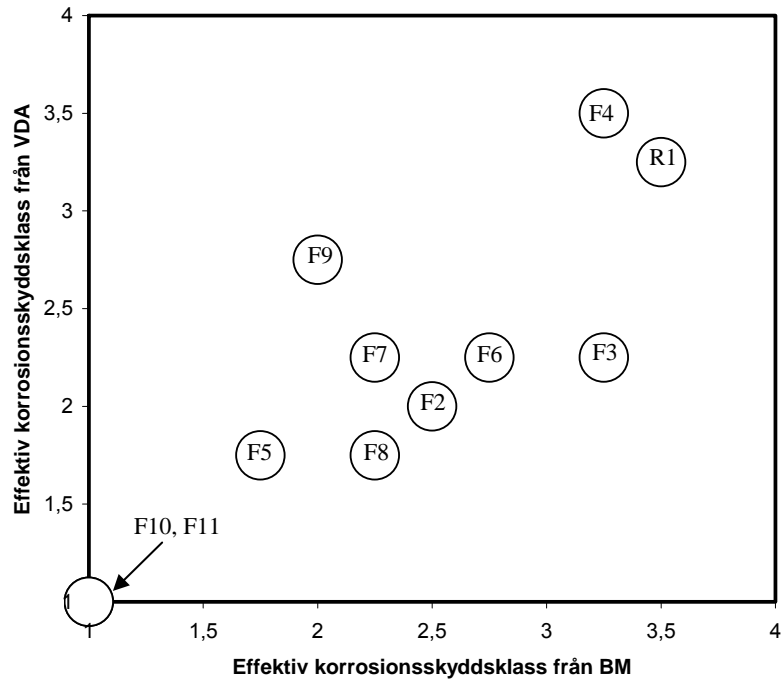
C_{UR} = korrosivitetsklass baserad på utbredning av defekter från repa och andra defekter enligt **Tabell 7**

$R_{i\text{öP}}$ = rostgrad för överpanelen enligt **Tabell 8** och **Figur 11**

$\text{SKG}_{\text{öP}}$ = Spaltkorrosionsgrad enligt **Tabell 9** och **Figur 12**

Korrelationsdiagrammet i **Figur 13** visar att överensstämmelsen i effektiv korrosionsskyddsklass bestämd med de olika metoderna är relativt god. Standardavvikelsen mellan bestämda effektiva korrosionsskyddsklasser med de två metoderna ligger på 0,46.

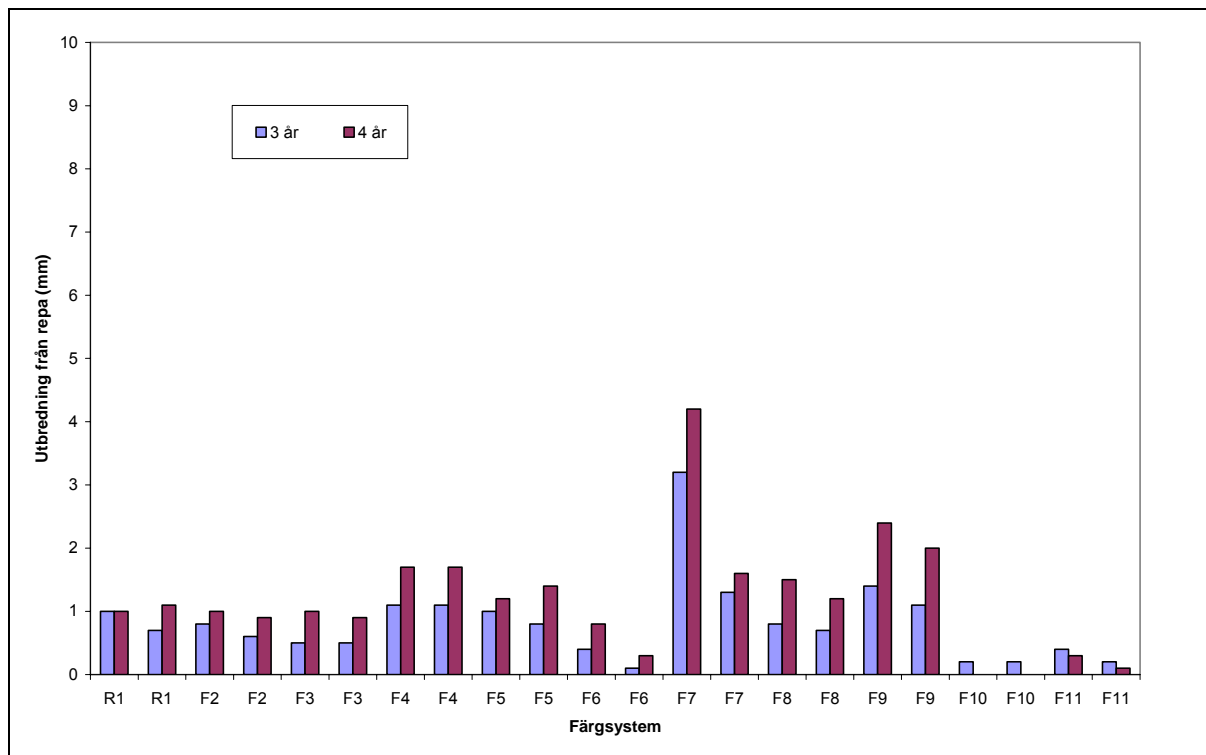
Största avvikelserna finner man för färgsystemet F9, skillnad = 0,75, vars korrosionsskyddsförmåga verkar överskattas i den accelererade provningen, och för färgsystemet F3, skillnad = 1, vars korrosionsskyddsförmåga underskattas i den accelererade provningen. I det första fallet sammanhänger skillnaden främst med rostangrepp som observeras på överpanelen under provningarna på Bohus Malmön men inte i den accelererade testen. Avvikelsen kan bero på skillnad i hur vass den övre kanten är för de två aktuella provobjekten. I det andra fallet sammanhänger skillnaden med observerad utbredning av defekter från repa under den accelererade provningen. Som framgår av **Figur 8** sker initialt under den accelererade provningen en kraftig blåsning vid repa som redan efter tre veckors provning enligt VDA 621-415 resulterar i en utbredning på runt 4 mm. Därefter förblir utbredningen av defekter från repa i stort sett densamma även efter 10 veckors provning. Skulle i detta fallet 10 veckors resultatet tagits som utgångspunkt för beräkningen av korrosionsskyddsklassen borde denna ha ökat med mer än en halv klassenhet.



Figur 13 Korrelation mellan effektiv korrosionsskyddsklass enligt ekvation (1) bestämd utgående dels från provningar enligt VDA 621-415 och dels utgående från resultat från utomhusprovning på Bohus Malmön

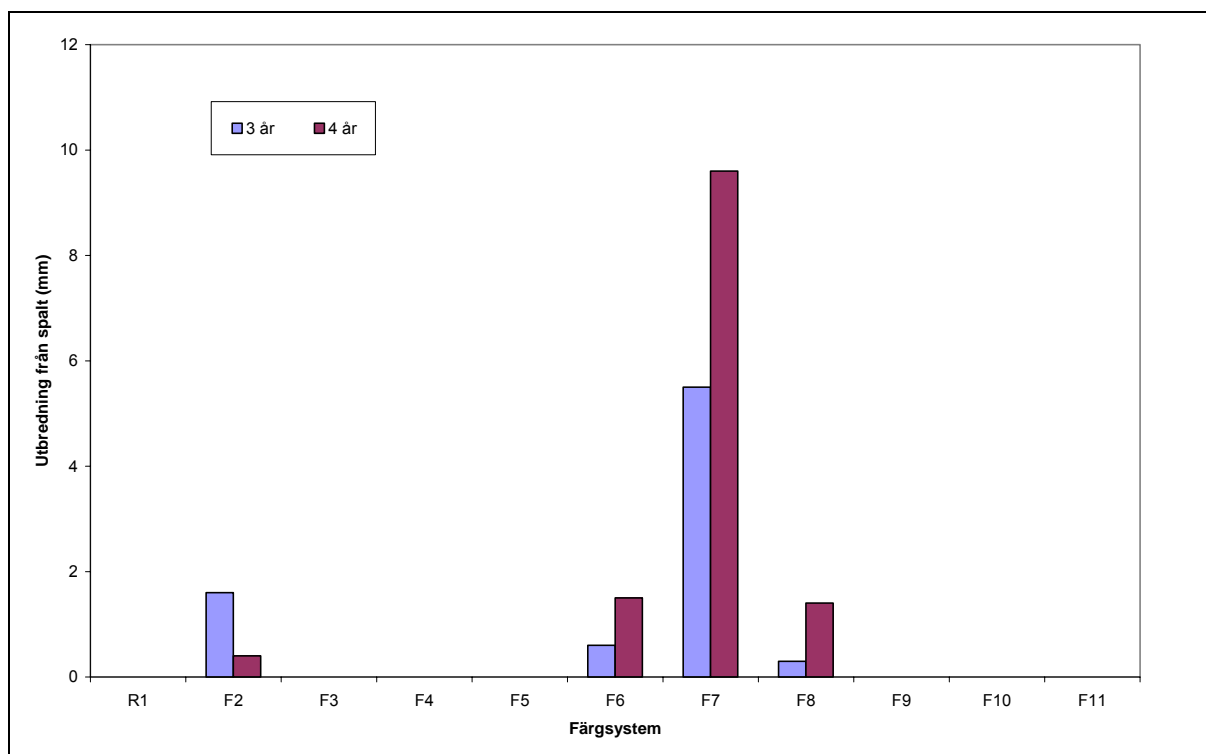
3.4 Resultat från utomhusprovning vid SPs utomhusstation i Borås

Bilder av proverna finns i Bilaga 2. I Figur 14 redovisas resultaten från de fyra år som utomhusprovningen pågått vid SPs utomhusstation i Borås vad avser utbredning av defekter från repa. Korrosiviteten är ungefär en femtedel av den vid Bohus Malmön.



Figur 14 Utbredning av defekter från repa efter 3 och 4 års utomhusexponering i Borås med de olika färgsystemen specificerade i Tabell 1.

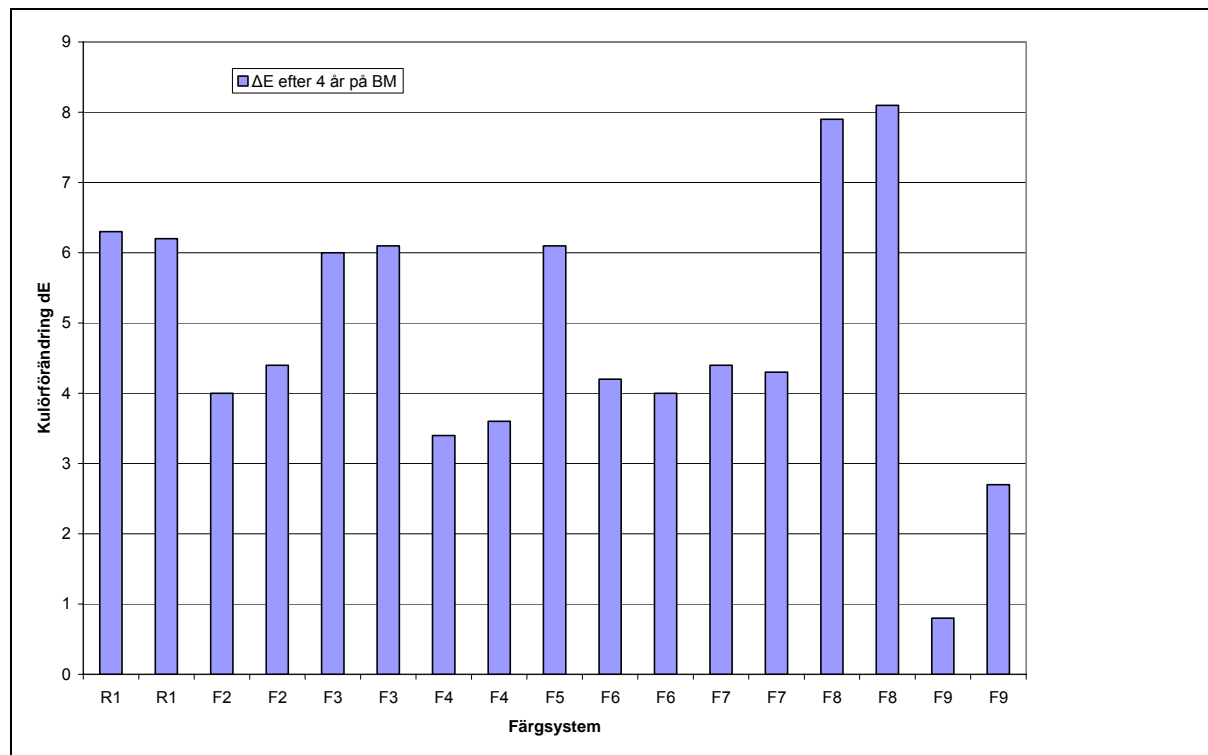
För färgsystemet F11 observeras på enkelpanelerna en rostgrad $R_i = 3$, se Bilaga 2. På Bohus Malmön observerades rostgraden $R_i = 4$. Dock är rostgraden på enkelpanelerna av färgsystemet F10 på $R_i = 0$ vilket är bättre än väntat, då rostgraden är $R_i = 5$ på Bohus Malmön.



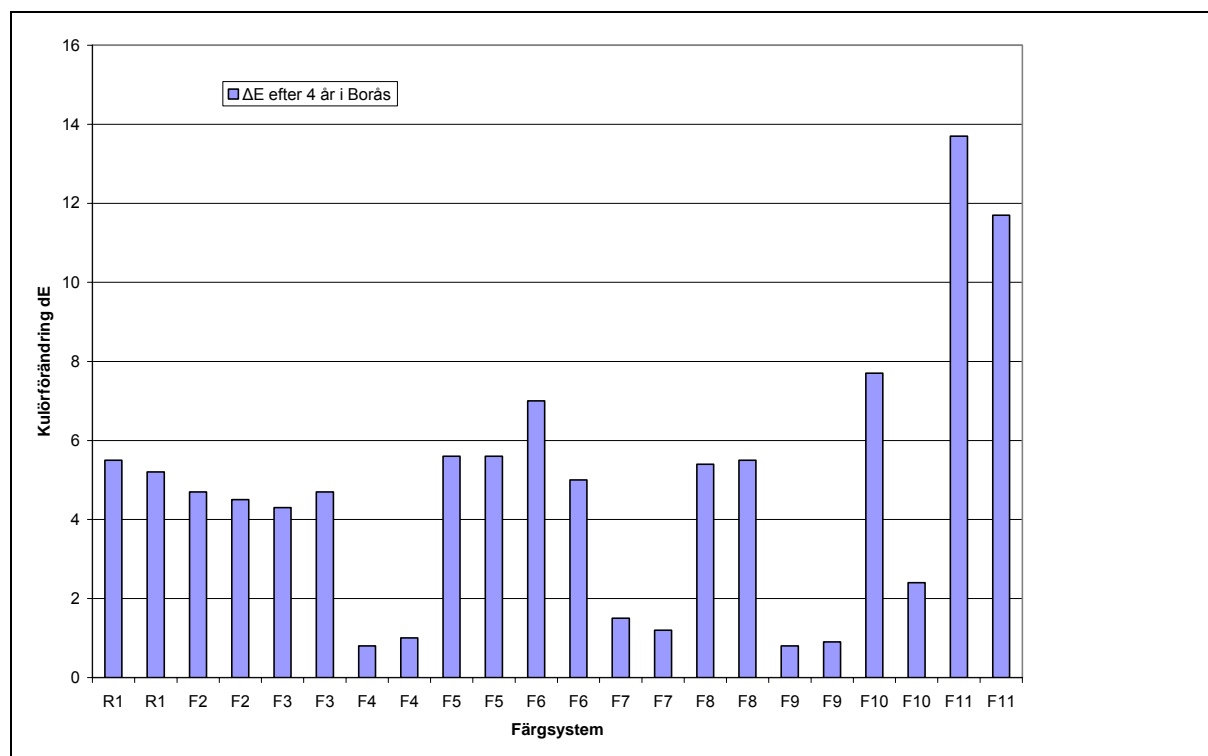
Figur 15 Utbredning av korrosionsdefekter från spalt observerad hos provobjektet med överpanel vid utomhusexponering efter 3 år och 4 år i Borås med färgsystemen specificerade i Tabell 1.

3.5 Resultat angående vidhäftning, glans och kulör efter 4 års utomhusexponering

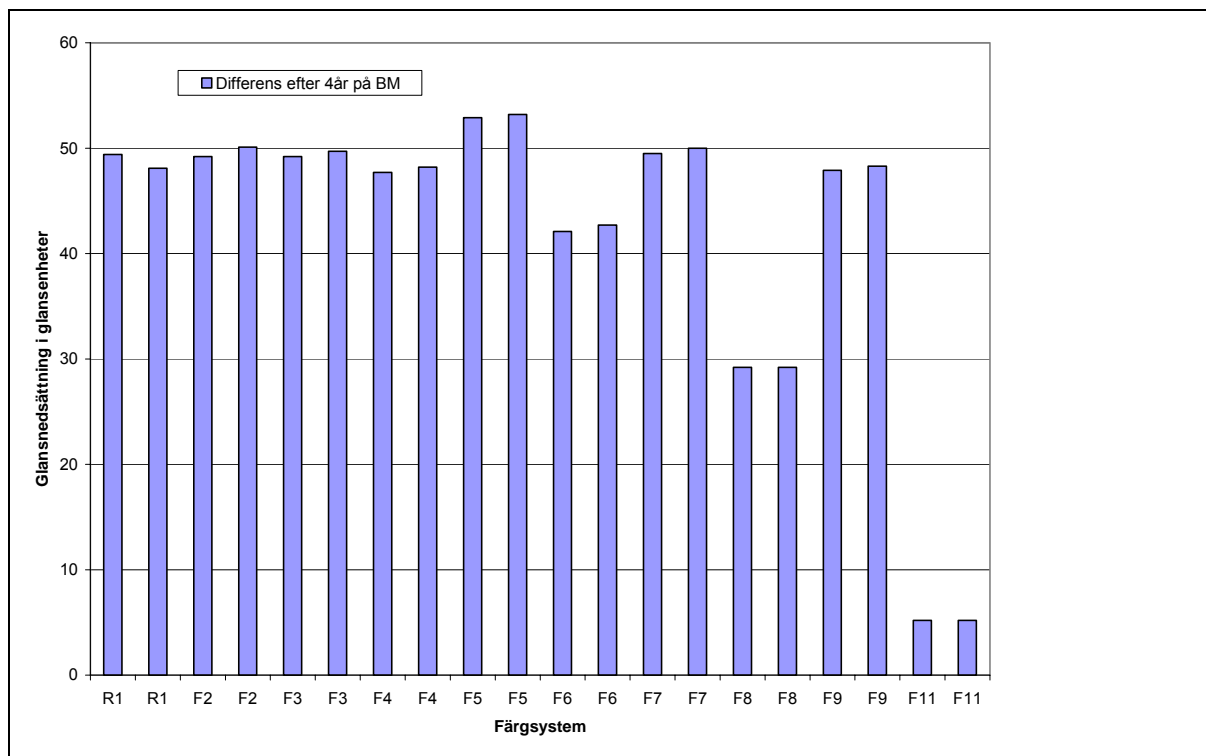
Kulör



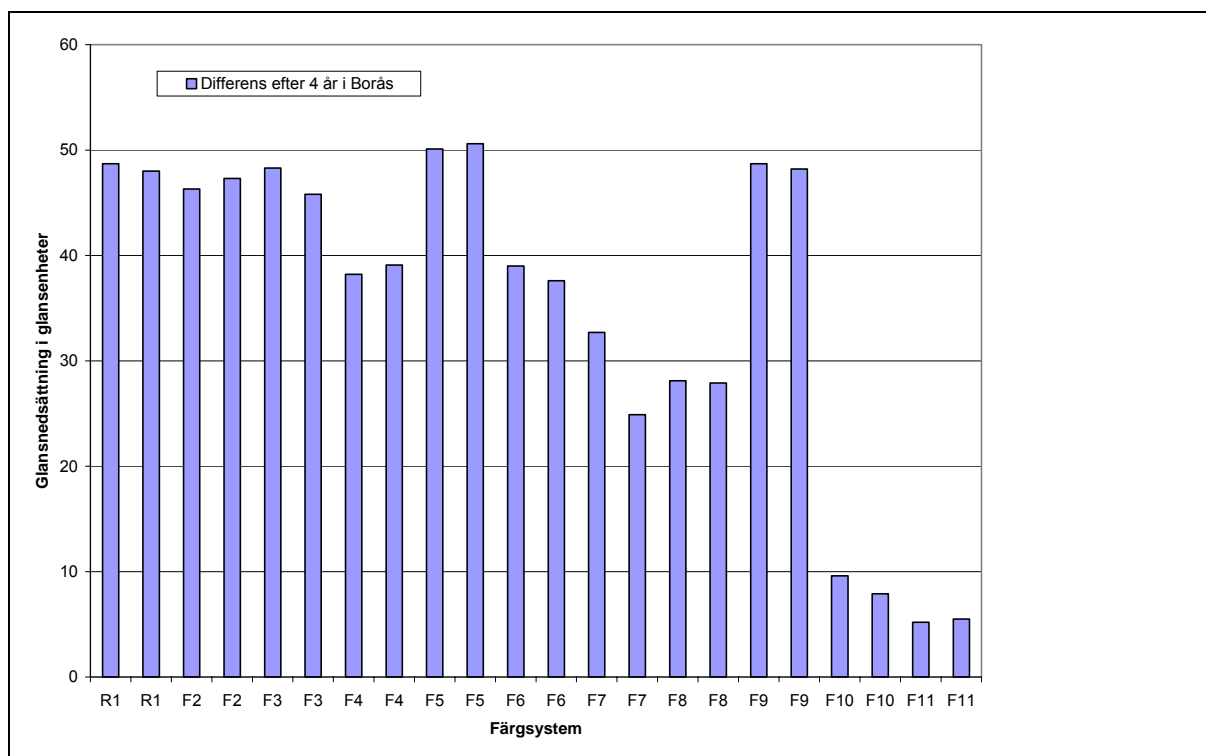
Figur 16 Kulörförändring ΔE vid D65 efter 4 år på Bohus Malmö. F9 var vit från början. Det kan förklara den relativt lilla kulörförändringen.



Figur 17 Kulörförändring ΔE vid D65 efter 4 år på Borås utomhusstation. F9 var vit från början. Det kan förklara den relativt lilla kulörförändringen.



Figur 18 Glansnedsättning efter 4 år på Bohus Malmön från en initial glans på ca 50 glansenheter. Färgsystemet F8 hade en initial glans på ca 30 glansenheter, därav den låga differensen i glansenheter. F10 var korroderad och kunde inte mätas.



Figur 19 Glansnedsättning efter 4 år på Borås utomhusstation från en initial glans på ca 50 glansenheter. Färgsystemet F8 hade en initial glans på ca 30 glansenheter, F10 ca 9 glansenheter och F11 hade en initial glans på ca 6 glansenheter, därav den låga differensen i glansenheter.

Vidhäftning

Dragprovningen utfördes 05-10-13 på paneler från Bohus Malmön.

Brottyp: A = Brott i underlaget
A/B= Vidhäftningsbrott mellan 1:a Färg/underlag
B = Brott i 1:a färgskikt

Tabell 10 Resultat från dragprovning efter 4 år på Bohus Malmön.

Färgsystem	Mätning	Brottstyrka i MPa	Brottyp
R1	:1	2,3	10% A/B, 90% B
	:2	2,0	15% A/B, 85% B
	:3	---	40% A/B, 60% B
	:4	1,9	5% A/B, 95% B
	:5	2,2	5% A/B, 95% B
	:6	1,8	10% A/B, 90%B
Medel		2,0	
F2	:7	1,6	100% A
	:8	---	”-
	:9	---	”-
	:10	1,3	”-
	:11	---	”-
	:12	---	”-
Medel		1,5	
F3	:13	1,7	95% A, 5% B
	:14	1,2	90% A, 10% B
	:15	2,0	”-
	:16	1,9	”-
	:17	2,3	”-
	:18	1,8	”-
Medel		1,8	
F4	:19	2,2	100% A
	:20	---	”-
	:21	---	”-
	:22	1,8	”-
	:23	2,3	”-
	:24	1,0	”-
Medel		1,8	
F5	:25	1,2	90% A, 10% A/B
	:26	---	85% A, 15% A/B
	:27	1,0	95% A, 5% A/B
	:28	1,7	95% A, 5% A/B
	:29	2,7	75% A, 10% A/B, 15% B
	:30	2,8	75% A, 10% A/B, 15% B
Medel		1,9	

Forts. tabell 10

Färgsystem	Mätning	Brottstyrka i MPa	Brotttyp
F6	:31	1,3	20% A, 80% B
	:32	2,5	20% A, 80% B
	:33	1,5	20% A, 80% B
	:34	1,0	75% A, 25% B
	:35	(0,4)	80% A, 20% B
	:36	1,1	75% A, 25% B
Medel		1,5	
F7	:37	1,3	100% A
	:38	1,8	-"-
	:39	1,6	-"-
	:40	1,3	-"-
	:41	---	-"-
	:42	---	-"-
Medel		1,5	
F8	:43	2,2	15% A, 85% B
	:44	2,6	-"-
	:45	1,1	-"-
	:46	2,5	30% A, 70% B
	:47	1,4	-"-
	:48	1,2	-"-
Medel		1,8	
F9	:49	---	100% A
	:50	1,7	-"-
	:51	0,9	-"-
	:52	1,0	-"-
	:53	---	-"-
	:54	0,9	-"-
Medel		1,1	

Färgsystem F10 och F11 var så korroderade att det inte gick att utföra någon mätning på dem.

Huvudsakligen gick brotten i underlaget varpå det gör det svårt att jämföra systemen.

Dragprovningen utfördes 05-11-09 på paneler från Borås utomhusstation.

Brottyp: A = Brott i underlaget
 A/B= Vidhäftningsbrott mellan 1:a Färg/underlag
 B = Brott i 1:a färgskikt

Tabell 11 Resultat från dragprovning efter 4 år på Borås utomhusstation.

Färgsystem	Mätning	Brottstyrka i MPa	Brottyp
R1	:1	3,5	20% A, 80% B
	:2	3,6	-"-
	:3	---	50% A, 50%B
	:4	2,5	5% A, 95% B
	:5	2,4	20% A, 80% B
	:6	2,0	25% A, 75% B
Medel		2,8	
F2	:7	3,3	100% A
	:8	---	-"-
	:9	---	-"-
	:10	2,5	-"-
	:11	1,8	-"-
	:12	1,5	-"-
Medel		2,3	
F3	:13	1,2	100% A
	:14	1,1	-"-
	:15	2,3	-"-
	:16	1,1	-"-
	:17	2,8	-"-
	:18	1,9	-"-
Medel		1,7	
F4	:19	2,4	100% A
	:20	2,9	-"-
	:21	2,6	-"-
	:22	2,3	-"-
	:23	2,4	-"-
	:24	1,8	-"-
Medel		2,4	
F5	:25	2,1	100% A
	:26	---	-"-
	:27	---	-"-
	:28	1,8	-"-
	:29	1,1	-"-
	:30	0,5	-"-
Medel		1,4	

Forts. tabell 11

Färgsystem	Mätning	Brottstyrka i MPa	Brotttyp
F6	:31	1,3	15% A, 85% B
	:32	2,6	50% A, 50% B
	:33	2,4	-"-
	:34	2,3	-"-
	:35	---	75% A, 25% B
	:36	---	-"-
Medel		2,2	
F7	:37	1,7	100% A
	:38	---	-"-
	:39	1,4	-"-
	:40	1,7	-"-
	:41	1,7	-"-
	:42	1,6	-"-
Medel		1,6	
F8	:43	3,3	50% A, 50% B
	:44	3,4	-"-
	:45	3,7	-"-
	:46	2,5	-"-
	:47	1,5	-"-
	:48	1,5	-"-
Medel		2,7	
F9	:49	3,2	100% A
	:50	2,7	-"-
	:51	3,3	-"-
	:52	4,2	-"-
	:53	3,0	-"-
	:54	2,8	-"-
Medel		3,2	
F10	:55	4,1	75% A, 25% B
	:56	3,3	60% A, 40% A/B
	:57	4,2	5% A, 40% A/B
	:58	5,4	100% A
	:59	2,2	75% A, 25% A/B
	:60	4,8	15% A, 85% A/B
Medel		4,0	
F11	:61	3,2	100% B
	:62	3,6	-"-
	:63	2,8	-"-
	:64	3,1	-"-
	:65	3,1	-"-
	:66	2,7	-"-
Medel		3,1	

Huvudsakligen gick brotten i underlaget varpå det gör det svårt att jämföra systemen.

4 Slutsatser

Hittills genomförda fältundersökningar ger resultat som väl överensstämmer med resultat från tidigare genomförda accelererade provningar.

I termer av C-klasser, korrosivitetsklasser, indikerar resultaten att de flesta färgsystemen uppvisar en något bättre prestanda sett utifrån den klassificering av rostskyddsfärgssystem som ges i BSK 99 utgående från använda färgtyper och skiktjocklekar. Ungefär hälften av de moderna färgsystemen visar prestanda bättre än C4 medel.

För testsystemen med de ursprungliga färgerna, färgsystemen F10 och F11, behövs ytterligare förbättrande utvecklingsarbete. Det bör dock påpekas att aktuella färgsystem verkar att klarat sig bättre under provningen på Bohus Malmön jämfört med under den accelererade provningen. Hade skiktjockleken för F10 och F11 inte varit så låga som 50-70 μm utan enligt riktvärdet 160 μm så kanske de hade klarat sig bättre när det gäller rostgrad.

Fältstationsundersökningarna visar precis som de accelererade provningarna på appliceringens betydelse för att ett tillfredsställande rostskydd skall kunna uppnås. Kritiska ställen i en konstruktion utgör spalter och vassa kanter där speciell uppmärksamhet måste till vid appliceringen för att få tillfredställande lokal skiktjocklek.

På frågan om moderna rostskyddsfärgssystem är jämförbara i prestanda med ett rostskyddssystem med oljeblymönja som grundfärg ger hittills utförda provningar inte något entydigt svar. Oljeblymönjesystemet är dock det färgsystem som ligger i topp vad avser effektiv korrosionsskyddsförmåga där hänsyn tas inte bara till förmågan att hämma utbredningen av korrosionsdefekter från en avsiktligt gjord repa utan också till förmågan att skydda korrosion i spalter och i anslutning till vassa kanter. Det finns dock moderna färgsystem som uppvisar likartad prestanda.

Resultat från de fullskaleförsök som nyligen initierats behövs dock för att utgående från mer realistiska förhållanden kunna bedöma relevansen av resultaten från de accelererade korrosionsprovningarna och fältstationsprovningarna.

För kvalificering och korrosionsskyddsklassning av rostskyddsfärger har undersökningarna visat på den accelererade provningsmetodens lämplighet eftersom resultaten är i stor överensstämmelse med dem från utomhusexponeringarna vid Bohus Malmön. Det i denna undersökning föreslagna kvalifikationsschema baserad på resultat också från accelererad provning av provobjekt med överpanel och spalt är därför att rekommendera.

5 Referenser

- [1] Historiska målningsbehandlingar på järn, en litteraturstudie, Kerstin Lyckman, Delrapport 2002-09-29
- [2] Hälso- och miljöaspekter på blymönja och moderna blyfria alternativa färgsystem, Hans Gustafsson, SP-Rapport 2002:14, ISBN 91-7848-905-9, 2002
- [3] Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård - Resultat av accelererad korrosionsprovning", Bo Carlsson m.fl., SP-rapport 2002: 07, ISBN 91-7848-896-6, 2002
- [4] Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård– Förutsättningar för referensobjektsstudie av två järnvägsbroar samt rapport från inledande målningsarbete; Bo Carlsson m.fl., SP-rapport 2004:28, ISBN 91-85303-04-6
- [5] Jämförelse av tillgängliga rostskyddssystem för kulturmiljövård – Resultat av konditionsbesikningar av referensobjekt ett år efter ommålning; Bo Carlsson och Beatrice Heale, SP-AR 2004:26; (Kan beställas från bo.carlsson@sp.se)
- [6] Boverkets Handbok för Stålkonstruktioner BSK 99; Diarienummer: B6084-3285/97; Boverket Publikationsservice, Box 534, 371 23 Karlskrona
- [7] ISO 8565 Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests International Standardisation Organisation, Geneva 1992, www.iso.ch
- [8] Korrosionsprovning av rostskyddsfärger i svaveldioxidhaltig atmosfär, Else-Hanna Elgåsen, SP-Rapport 1995:37, ISBN 91-7848-896-6, Elgåsen, SP-Rapport 1995:37, ISBN 91-7848-8
- [9] ISO 4628 Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings, International Standard Organisation, Geneva 2003, www.iso.ch
- [10] ISO 4623-1:2000, Paints and varnishes -- Determination of resistance to filiform corrosion - Part 1: Steel substrates, International Standardisation Organisation, Geneva 2000, www.iso.ch
- [11] Provning av rostskyddsfärger; Bo Carlsson, Ytforum 1996:1
- [12] Livslängdsteknisk utvärdering genom accelererad provning - Förslag till arbetsmetodik för kvalificering och verifiering av rostskyddsfärger, Bo Carlsson, Anneli Berglund Åhman och Kurt Jutengren, SP-Rapport 1995:65
- [13] ISO 4628-3, Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings-Designation of intensity, quantity and size of common types of defect-Part 3:Designation of degree of rusting, International Standard Organisation, 1982
- [14] ISO 7724/1, Paints and varnishes – Colorimetry – Part 1: Principles, International Standardisation Organisation, 1984
- [15] EN ISO 2813, Paints and varnishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20°, 60° and 85° (ISO 2813:1994, including Technical Corrigendum 1:1997), European committee for standardization, Brussel 1999.
- [16] SS-EN ISO 4624, Färg och lack – Bestämning av vidhäftning – Dragprovning (ISO 4624:2002), Swedish Standards Institute, Stockholm 2003