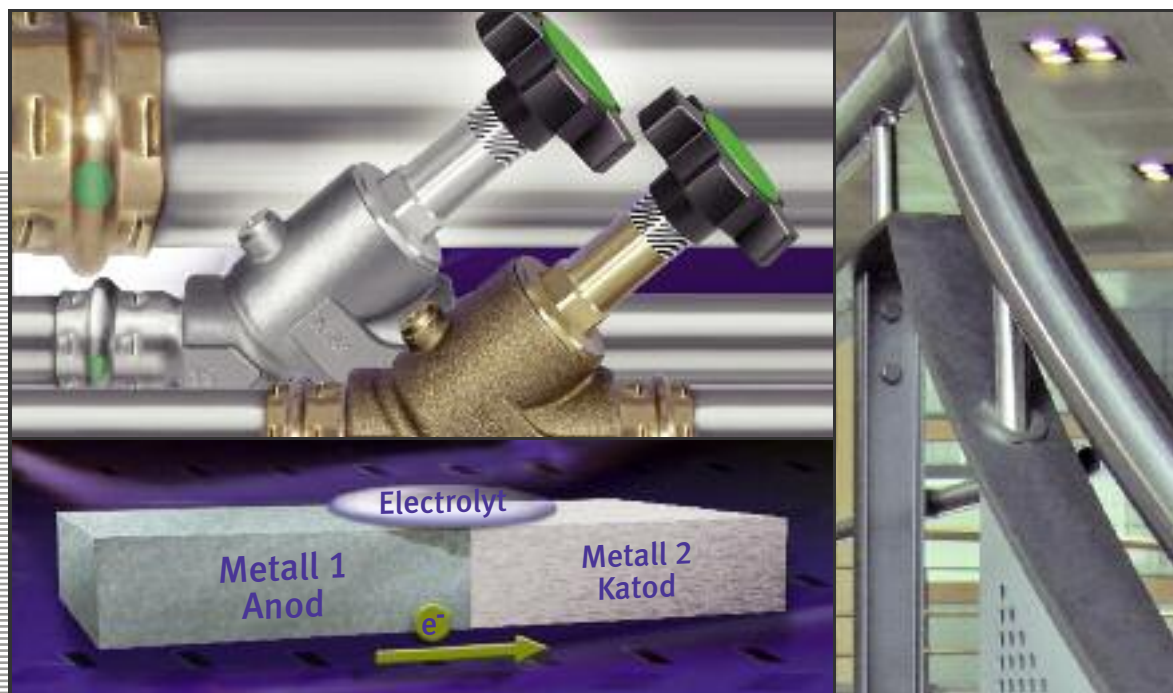


## Rostfritt stål i kontakt med andra metalliska material



## Euro Inox

Euro Inox är en europeisk organisation för marknadsutveckling av rostfritt stål.

Medlemmarna i Euro Inox innefattar:

- Europeiska producenter av rostfritt stål
- Nationella organisationer för marknadsutveckling av rostfritt stål
- Organisationer för marknadsutveckling av legeringsmetaller

Huvudsyftet med Euro Inox verksamhet är att skapa medvetenhet om de rostfria stålens unika egenskaper och vidareutveckla deras användning inom befintliga och nya marknadsområden. Som medel att nå dessa syften organiserar Euro Inox konferenser och seminarier, tillhandahåller information i tryckt och datoriserad form för att göra det möjligt för arkitekter, verkstäder och slutanvändare att bli mera bekanta med dessa stål. Euro Inox stöder också forskning inom teknik och marknad.

ISBN 978-2-87997-326-5

978-2-87997-263-3	Engelsk version
978-2-87997-322-7	Holländsk version
978-2-87997-323-4	Fransk version
978-2-87997-324-1	Tjeckisk version
978-2-87997-325-8	Finsk version
978-2-87997-327-2	Turkisk version
978-2-87997-328-9	Polsk version
978-2-87997-329-6	Italiensk version
978-2-87997-330-2	Spansk version

### Ordinarie medlemmar

#### Acerinox

[www.acerinox.com](http://www.acerinox.com)

#### Aperam

[www.aperam.com](http://www.aperam.com)

#### Outokumpu

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

#### ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

[www.acciaiterni.com](http://www.acciaiterni.com)

#### ThyssenKrupp Nirosta

[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

### Associerade medlemmar

#### Acroni

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

#### British Stainless Steel Association (BSSA)

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

#### Cedinox

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

#### Centro Inox

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

#### Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

#### International Chromium Development Association (ICDA)

[www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com)

#### International Molybdenum Association (IMOA)

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

#### Nickel Institute

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

#### Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

[www.turkpasder.com](http://www.turkpasder.com)

#### Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

[www.puds.pl](http://www.puds.pl)

#### SWISS INOX

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

Rostfritt stål i kontakt med andra metalliska material  
Serien: Material och användning, volym 10  
© Euro Inox 2011

Översatt och bearbetat från ARLT, N. / BURKERT, A. /  
ISECKE, B., Edeltahl Rostfrei in Kontakt mit anderen  
Werkstoffen (Merkblatt 829), Düsseldorf, Informations-  
stelle Edeltahl Rostfrei, 4:e upplagan 2005

Svensk översättning:  
Sten von Matern Consulting, Enköping, Sverige

#### Utgivare

Euro Inox  
Diamant Building, Bd. Aug. Reyers 80,  
1030 Bryssel, Belgien  
Tel +32 2 706 82 67 Fax +32 2 706 82 69

#### Fotobidrag från:

Atomium asbl / vzw, Bryssel (B)  
Centro Inox, Milano (I)  
Bundesanstalt für Materialprüfung und -forschung,  
Berlin (D)  
David Cochrane, Sidcup (UK)  
Benoît Van Hecke, Hasselt (B)  
Outokumpu, Tornio (FIN)  
Thomas Pauly, Bryssel (B)  
Christoph Seeberger, München (D)  
ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld (D)  
Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden (D)  
Viega GmbH & Co. KG, Attendorn (D)

## Innehåll

1	Introduktion	2
2	Principerna för galvanisk korrosion	3
3.	Påverkande faktorer och exempel	5
3.1	Elektrolytens ledningsmotstånd	5
3.2	Exponeringstid i fukt och miljö	6
3.3	Elektrodreaktionernas kinetik	8
3.4	Areaförhållandet mellan katod- och anod	8
4	Praktisk erfarenhet inom olika områden	10
4.1	Vatten- och avloppsrening	11
4.2	Komponenter i luftatmosfär	14
4.3	Rostfritt stål i byggnader och anläggningar	15
4.4	Rostfritt stål i transportmedel	18
	Vanliga frågor	20
5.	Förhindra galvanisk korrosion	22
6.	Litteratur	23

#### Friskrivningsklausul

Euro Inox har lagt särskild vikt vid att informationen i denna publikation skall vara tekniskt korrekt. Läsaren bör dock observera att innehållet endast är lämnat i allmänt informationssyfte. Varken Euro Inox, dess enskilda medlemsföretag eller konsulter, kan påtaga sig något ansvar för ekonomisk förlust eller skada på person eller egendom, orsakad av informationen i denna publikation.

#### Copyright

Denna publikation är skyddad med upphovsmannarätt. Euro Inox förbehåller sig alla rättigheter till översättning till varje språk, reproducering, återanvändning av bildmaterial, uppläsning samt radio- eller TV-utsändning. Ingen del av denna publikation får reproduceras, lagras i ett datasystem eller reproduceras i varje form eller på varje sätt, elektroniskt, mekaniskt, fotokopierat, inspelat eller på något annat sätt utan skriftligt tillstånd från innehavaren av denna copyright, Euro Inox, Luxemburg. Överträdelser kommer att bli föremål för lagföring med skadeståndskrav inklusive ersättning för rättegångskostnader och legala avgifter i enlighet med Luxemburgs lagar och regler för copyright inom den Europeiska Unionen.

# 1 Introduktion

I komplicerade konstruktioner kan det vara nödvändigt att kombinera olika metalliska material i samma komponent. Det finns också tillfällen då man kan se materialkombinationer som styrts enbart av vad som finns tillgängligt t.ex. i fästånordningar eller inlägg. Under vissa förhållanden kan sådana blandningar av material medföra korrosion på det ena materialets kontaktyta. Detta fenomen innefattar galvanisk korrosion<sup>1</sup>, där två olika metaller bildar en galvanisk cell.

Som ett resultat av att en galvanisk cell bildats, kan accelererad korrosion uppstå på den mindre ädla metallen. Den senare kan angripas med en korrosionshastighet som är långt högre än man kunde vänta sig utan någon kontakt med den ädlare metallen. Korrosionsskador som t.ex. ett oacceptabelt försämrat tillstånd, läckande rör eller försvagade fästelement kan minska livslängden drastiskt hos en komponent och tvinga till ett förtida utbyte. I flertalet användningsområden har rostfritt stål den högre positiva

elektrodpotentialen i kontakt med andra metaller; därför är det vanligen den andra metallen som riskerar korrosionsangrepp.

Men risken för att galvanisk korrosion skall uppstå är beroende av ett flertal faktorer. Förutom vilka material som används, är miljön och hur konstruktionen är utförd avgörande. Det är därför svårt att direkt förut säga hur olika metaller kan kombineras. Denna publikation beskriver principerna för galvanisk korrosion och de viktigaste parametrarna som gör det möjligt för konstruktören att bedöma risken för korrosion.

<sup>1</sup> Accelererad korrosion av en metall, som kan uppstå av effekten i en bimetallcell. Andra faktorer inkluderar koncentrationsceller, luftmiljöceller och aktiva/passiva celler.

## 2 Principerna för galvanisk korrosion

För att galvanisk korrosion skall uppstå måste det finnas:

- olika elektropotentialer hos metallerna inom ett givet system;
- en elektriskt ledande kontakt mellan de två metallerna;
- en elektriskt ledande vätskefilm (elektrolyt) i kontaktytan mellan de två metallerna

Fig. 1 visar de tre förutsättningarna i grafisk form.

Om galvanisk korrosion uppstår blir företrädesvis den mindre ädla metallen – anoden – angripen, medan den ädlare metallen – katoden – till och med skyddas mot korrosion. Principen för katodiskt skydd är faktiskt baserad på användning av offeranoder som skyddar mot korrosion.

I kontakten mellan två metaller med olika elektropotential i en elektriskt ledande lösning uppstår ett flöde av elektroner från anoden till katoden. De elektrokemiska reaktionerna är desamma som skulle uppstå na-

turligt om dessa är isolerade från varandra; men korrosionsangreppet på anoden är kraftigt accelererat. I vissa fall kan bildandet av galvaniska celler medföra att material, som vanligen är härdiga mot korrosion i samma miljö, angrips av korrosion. Detta kan bli fallet med passiva material som t.ex. aluminium, som kan bli lokalt polariserat i en viss miljö. I sådana fall kan lokala korrosionsfenomen som spaltkorrosion eller punktfrätning observeras. Detta kunde inte ha inträffat utan den potentialförändring som orsakats av att en galvanisk cell bildats.

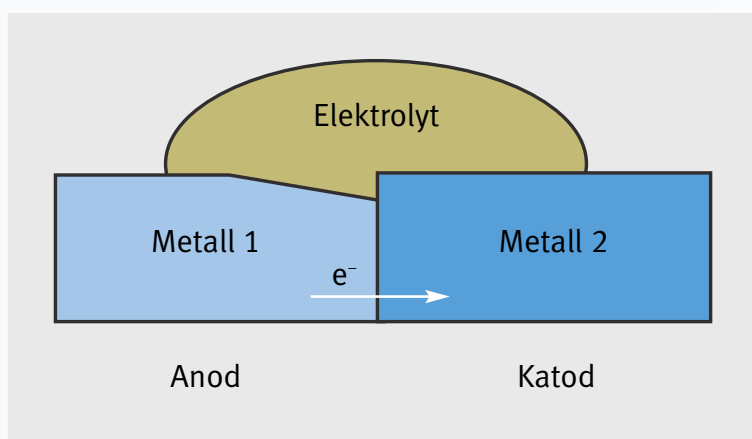


Fig. 1:  
Förutsättningar för korrosion mellan olika metaller.

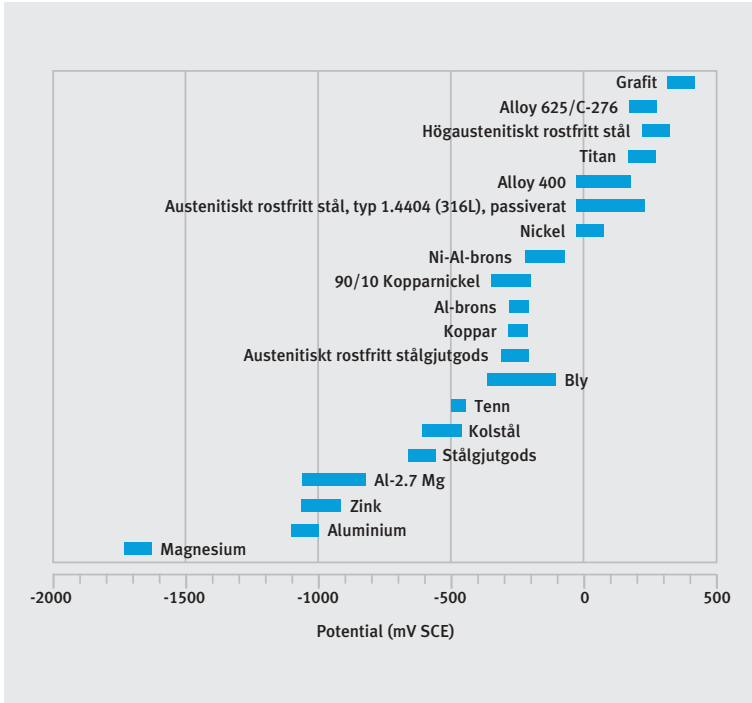
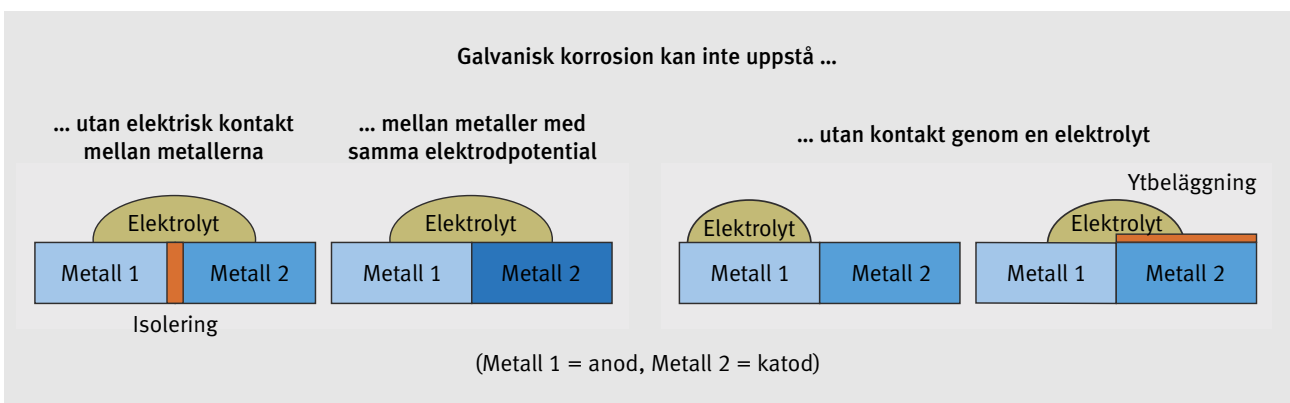


Fig. 2:  
Den galvaniska spänningsserien i havsvatten vid 10°C [11].

I motsats till en vanlig uppfattning är enbart skillnaden i elektrodpotential i en elektrokemisk cell inte en bra indikator på den verkliga risken för galvanisk korrosion. Denna är enbart en indikation på om det finns en sådan risk eller inte. I detta sammanhang bör man komma ihåg att det stora antal tabeller som publicerats över metallers normalpotentialer endast ger en ungefärlig uppfattning om skillnaderna i potential. Den avgörande faktorn är inte den skillnad i normalpotential som uppmätts under experimentella standardförhållanden, utan snarare potentialskillnaden under verkliga betingelser. Detta är skälet till att man har tagit fram empiriska tabeller över galvaniska spänningsserier för vissa typiska miljöer som t.ex. havsvatten. Dessa visar nivån för elektrodpotentialen hos olika metaller i en definierad miljö (Fig. 2).

Kännedom om förutsättningarna för galvanisk korrosion en klar förståelse av sambanden i Fig. 3 gör det möjligt att välja skyddsåtgärder, vilka kommer att diskuteras i avsnitt 5.

Fig. 3:  
Förhållanden då galvanisk korrosion inte kan uppstå.



### 3 Påverkande faktorer och exempel

Enligt Faradays lag är de elektrokemiska korrosionsprocesserna direkt relaterade till överföring av laddning, dvs. strömöverföring. Strömmängder eller strömtätheter används därför ofta för att mäta korrosion. Om förutsättningarna för galvanisk korrosion i princip är uppfyllda består den totala strömmängden  $I_{\text{tot}}$  av en strömandel från egenkorrosion  $I_s$  (dvs. den korrosion som är oberoende av kontakt med andra material) och en strömandel från cellen  $I_{\text{el}}$  (dvs. den korrosion som är orsakad av den galvaniska strömmen mellan materialen, *Formel 1*).

$$I_{\text{tot}} = I_s + I_{\text{el}} \quad (\text{Formel 1})$$

Intensiteten av den galvaniska korrosionen bestäms av potentialskillnaden mellan de två metallerna ( $\Delta U$ ), elektrolytens ledningsmotstånd ( $R_{\text{el}}$ ) och polarisationsmotståndet vid anoden ( $R_{\text{p,a}}$ ) respektive katoden ( $R_{\text{p,c}}$ ) (*Formel 2*).

$$I_{\text{el}} = \frac{\Delta U}{R_{\text{el}} + R_{\text{p,a}} + R_{\text{p,c}}} \quad (\text{Formel 2})$$

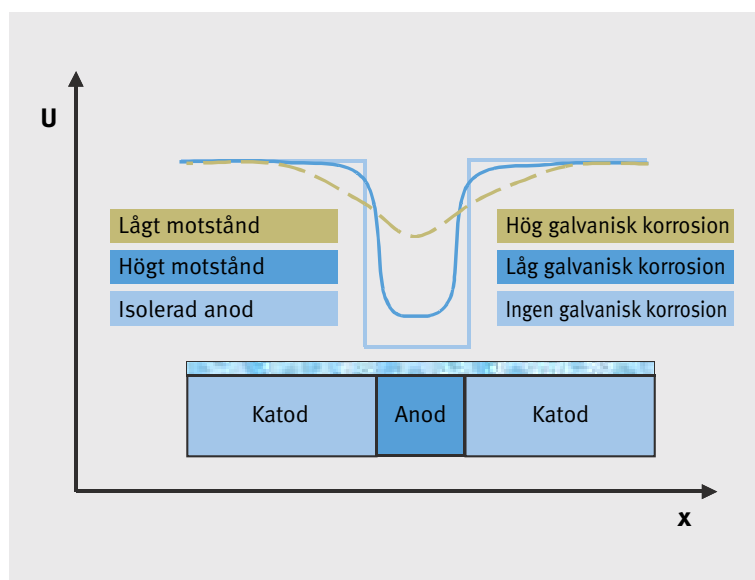
Med hjälp av denna formel kan man dra slutsatser om de faktorer som bestämmer den galvaniska korrosionen. Dessa faktorer är viktiga när det gäller att bedöma om korrosion av metallen kan bli ett relevant tekniskt problem eller inte. Effekten av dessa faktorer kommer därför att diskuteras var för sig.

#### 3.1 Elektrolytens ledningsmotstånd

Risken för galvanisk korrosion minskar med ökat ledningsmotstånd. Detta beror på

att styrkan hos den galvaniska strömmen minskar och att ändringen av anodpotentialen är begränsad, som visas i *Fig. 4*.

En potentialmätning på ytan visar, i fallet med en isolerad anod, att potentialerna vid katod och anod är oberoende av varandra. I övergångsområdet kan man observera en tydlig potentialstegring. Om det finns en elektriskt ledande kontakt mellan katod och anod, kan man observera en låg polarisation vid anoden mot mera positiva värden i fallet



*Fig. 4:*  
Inverkan av elektrolytens ledningsmotstånd på anodpolarisationen.

med en elektrolytfilm med högt ledningsmotstånd (t.ex. kondensvatten). Medan fallet med en elektrolytfilm med lågt motstånd (saltvatten) visar en mycket kraftig polarisation. Med ökande polarisation ökar korrosionshastigheten vid anoden (aktivt material) resp. sannolikheten för att nå mera kritiska (korrosionsinitierande) potentialnivåer med passiverat material. *Tabell 1* visar värden på konduktiviteten hos olika slag av vatten.

### 3.2 Exponeringstid i fukt och miljö

Det finns ett klart samband mellan elektrolytens ledningsmotstånd och tiden för fuktexponering. Detta är av avgörande betydelse, när komponenter inte är permanent utsatta för väta. I de tidigare beskrivningarna av förutsättningarna för galvanisk korrosion har den elektrolytiska filmen en nyckelroll. Utan en sådan film kan ingen galvanisk korrosion uppstå. Detta medför att i praktiken är alla kombinationer av metalliska material riskfria ur korrosionssynpunkt, om det inte finns någon elektrolytfilm närvarande. Detta är fallet vid inomhusmiljöer fria från kondens. För belysningsinstallationer eller inredningsföremål kan praktiskt taget alla materialkombinationer användas i normalt ventilerade och uppvärmda utrymmen utan restriktioner vad gäller risk för korrosion (Fig. 5).

Både exponeringstid och elektrolytens ledningsmotstånd är starkt beroende av de lokala förhållandena. I marin atmosfär, industrimiljö eller miljön vid en inomhuspool är sannolikheten för galvanisk korrosion avsevärt högre än i en omgivning med lantluft. Fig. 6 visar inverkan av miljön på korro-

Tabell 1:  
Typiska värden på  
konduktiviteten hos  
olika slags vatten

Miljö	Konduktiviteten i $(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$
Rent vatten	$5 \cdot 10^{-8}$
Avmineraliserat vatten	$2 \cdot 10^{-6}$
Regnvatten	$5 \cdot 10^{-5}$
Dricksvatten	$2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
Bräckt flodvatten	$5 \cdot 10^{-3}$
Havsvatten	$3,5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$



sionshastigheten hos zink med och utan kontakt med rostfritt stål. Den visar att andelen galvanisk korrosion (dvs. differensen mellan korrosionshastigheterna) är högre än egenkorrosionen (d.v.s. korrosionshastigheten för zink utan kontakt med rostfritt stål) i kustatmosfär och i en stänkzon med havsvatten.

Förutom den omgivande atmosfären har konstruktionsdetaljerna en avgörande betydelse. Faktorer som underlättar snabb torkning av fuktfilmer (lämplig luftväxling, undvikande av spalter, fri dränering av regnvatten) minskar det korrosiva angreppet. Permanent fukt i spalter eller slutna utrymmen, stillastående vatten och smutsiga ytor kan ge avsevärt accelererad galvanisk korrosion.



Fig. 5:  
Eftersom det inte finns elektrolyter i normalt uppvärmda och ventilerade utrymmen inomhus innebär kombinationen av rostfritt stål med andra metaller som målat kolstål normalt inte någon risk för galvanisk korrosion under sådana förhållanden.

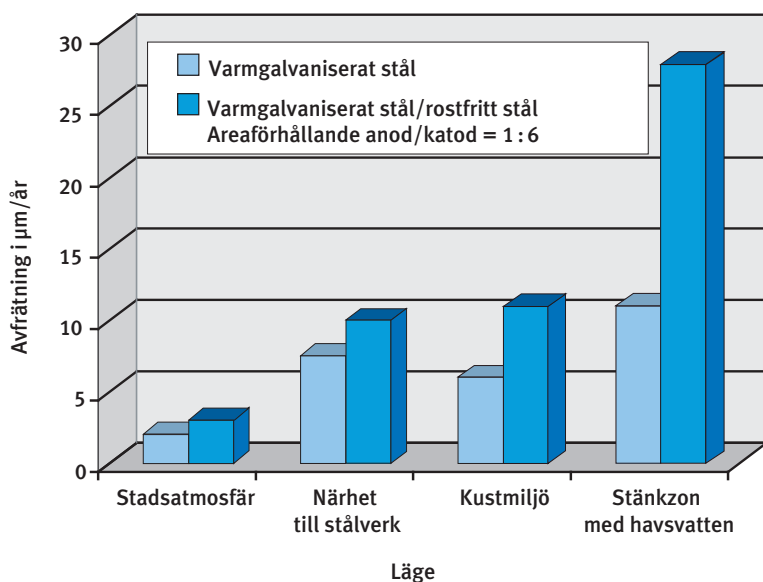


Fig. 6:  
Korrosionshastigheter hos varmgalvaniserat stål, med och utan kontakt med rostfritt stål, i olika miljöer

### 3.3 Elektrodreaktionernas kinetik

Elektrodreaktionernas kinetik beräknas enligt *Formel 3* med värdena på polarisationsmotståndet vid anoden och katoden. Så låga potentialskillnader som 100 mV kan medföra korrosion, medan metaller med avsevärt högre potentialskillnader kan förenas utan svårigheter. Det är ett faktum att potentialskillnaden inte ger någon information om kinetiken vid galvanisk korrosion. Reaktionshastigheten är beroende av metallen. Titan t.ex. reducerar mängden löst syre avsevärt långsammare än koppar. Detta förklarar varför kolstål korroderar mycket snabbare i kontakt med koppar än med titan, trots att den senare har högre positiv potential än koppar.

I detta sammanhang kan också ett bildat skikt av korrosionsprodukter ha en avgörande betydelse. Det kan reducera materialets potential avsevärt och bli ett hinder för anodens och/eller katodens delreaktion.

### 3.4 Areförhållandet mellan katod och anod

En faktor för beräkningen av strömtätheten hos en cell,  $i_{el}$  (ytrelaterad ström), är förhållandet mellan de katodiska ( $A_c$ ) och anodiska ( $A_a$ ) areorna. Detta har kraftig inverkan på hastigheten hos den galvaniska korrosionen (*Formel 3*).

$$i_{el} = \frac{A_c}{A_a} \cdot \frac{\Delta U}{R_{el} + R_{p,a} + R_{p,c}} \quad (\text{Formel 3})$$

Så länge som den katodiska ytan (den ädlare metallen i det galvaniska paret) är mycket liten i förhållande till den anodiska (den mindre ädla metallen) kan man inte se

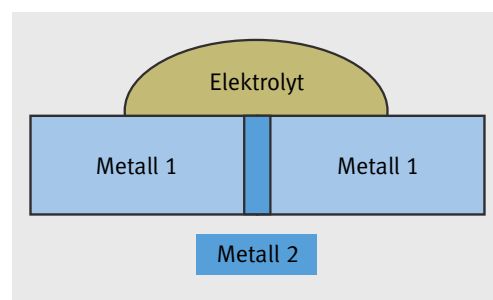


Fig. 7:  
Eftersom katoden (metall 2) är liten i förhållande till anoden (metall 1) uppstår inget angrepp.



Fig. 8a, 8b:  
Fästelement av rostfritt stål på avsevärt större komponenter av galvaniserat stål orsakar normalt ingen korrosion.



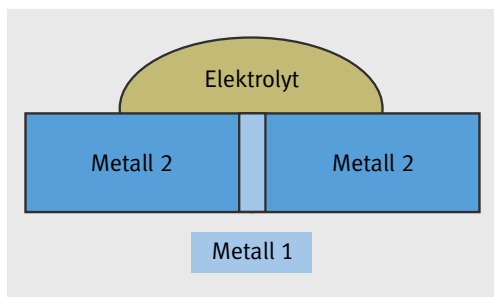
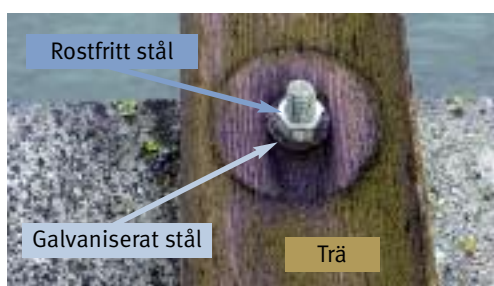


Fig. 9:  
Galvanisk korrosion kommer troligen att uppträda om anoden (metall 1) är liten och katoden (metall 2) är stor.

något korrosionsangrepp. Denna situation visas i Fig. 7.

Man kan se typiska exempel på detta när man använt fästelement av rostfritt stål på komponenter av aluminium eller galvaniserat kolstål. Två praktiska exempel visas i Fig. 8. Inte ens i korrosiv miljö orsakar detta material någon galvanisk korrosion.

I atmosfärisk miljö är det ibland svårt att bestämma förhållandet mellan de anodiska och katodiska ytorna, men i praktiken kan en sådan beräkning inte vara nödvändig. Normalt är det tillräckligt att göra en allmän bedömning av situationen. Vid kombinationer av olika material bör fästelement alltid väljas i ett ädlare material, så att katodytan blir liten.



Men den motsatta situationen kan orsaka problem. Om en liten anod är omgiven av en stor katod, kan galvanisk korrosion uppstå, vilket visas i Fig. 9.

Typiska exempel på en sådan situation visas i Fig. 10. I dessa fall är det tydligt att man under korrosiva förhållanden måste räkna med att kontaktmetallen kan angripas av accelererad korrosion.



Fig. 11:  
För att undvika galvanisk korrosion bör man bara använda fästelement av rostfritt stål på fasadpaneler av rostfritt stål.

Fig. 10a, 10b:  
Praktiska exempel på principen som visas i Fig. 9 (galvaniserat kolstål i kontakt med rostfritt stål i marin atmosfär).

## 4 Praktisk erfarenhet inom olika områden

Det finns omfattande forskning och praktisk erfarenhet om hur korrosion uppstår vid olika materialkombinationer under olika förutsättningar. Några typiska resultat visas i *Tabellerna 2 till 5*. Alla resultat hänför sig till stabiliserade rostfria stålsorter med högre kolhalt. I princip kan resultaten även tillämpas för stålsorter med lägre kolhalter som

t.ex. 1.4307 eller 1.4404. Ytterligare vägledning kan man finna i litteratur inom samma område, förutsatt att korrosionsförhållandena bedöms i sin helhet.

Bortsett från de siffermässiga resultaten, kan erfarenhet möjliggöra vissa generella formuleringar, som kommer att sammanfattas i följande avsnitt.

Tabell 2: Korrosionshastigheter hos olika metalliska materia i kontakt med rostfritt stål.

Galvanisk cell		Miljö	Areaförhållande	Korrosionshastighet (mm/år)
1.4016	Kolstål	Dricksvatten, luftat	1:1	0,47
	Zn 99.9			0,26
	Al 99.9			0,17
	Cu-DGP			0,07
	Ti			< 0,01
1.4541	SF-Cu	Syntetiskt havsvatten	1:1	0,12
			1:10	0,07
			10:1	1,00
	Kolstål		1:1	0,38
			1:10	0,25
			10:1	1,10
	Zn		1:1	0,61
			Ti	1:1

Tabell 3: Korrosionshastigheter hos ZnCuTi i kontakt med rostfritt stål av typ 1.4541 och 1.4571 i 0,1 N NaCl (luftad, CO<sub>2</sub>-mättad, rumstemperatur) enligt DIN 50919

Galvanisk cell		Areaförhållande	Korrosionshastighet (mm/år)
1.4541	ZnCuTi	1:1	4,39
		1:5	1,43
1.4571	ZnCuTi	1:1	3,88
		1:5	0,91

Tabell 4: Korrosionshastigheter hos olika metalliska material i kontakt med olika rostfria stål i NaCl-lösning i vatten med 5 vol.% NaCl vid 35°C, ytförhållandet 1:1 (DIN 50919).

Galvanisk cell	Korrosionshastighet (mm/år)		
	X6CrMo17-1 1.4113	X2CrTi12 1.4512	X5CrNi18-10 1.4301
Kolstål	0,62	0,66	0,69
Varmförzinkat stål	0,51	0,51	0,55
ZnAl 4 Cu 1	0,66	0,66	0,69
AlMg 1	0,15	0,29	0,29
Cu-DGP	0,04	0,04	0,04
CuZn 40	0,04	0,04	0,04

Tabell 5: Korrosionshastigheter hos olika material i kontakt med rostfritt stål av typ 1.4439 i nordsjövatten (fältprovning), under 1 år.

Galvanisk cell		Areaförhållande	Korrosionshastighet (mm/år)
1.4439	Kolstål	1:1	0,31
		4:1	0,75
		10:1	2,10
1.4439	AlMg 4.5 Mn	1:1	0,17
		4:1	0,26
		10:1	0,95
1.4439	CuNi 10 Fe	4:1	0,07
1.4439	CuZn 20 Fe	4:1	0,18

#### 4.1 Vatten- och avloppsrening

Beroende på vattens innehåll kan korrosionseffekten på rostfritt stål variera kraftigt: Avjoniserat vatten utan föroreningar är inte korrosivt (utom vid extremt höga temperaturer). Dricksvatten och vatten av liknande sammansättning innehåller låga halter av kloridjoner (max. 250 mg/l, enligt dricksvattendirektiv). Under ogynnsamma omständigheter kan detta leda till punkt- eller spaltkorrosion och under samtidig inverkan av höga temperaturer och kloridkoncentration till sprickbildning genom spänningkorrosion. Oftast är de austenitiska CrNiMo-stå-

len som 1.4401, 1.4404 och 1.4571 korrosionshårdiga om de monterats på riktigt sätt. Det finns också åtskilliga fall där användning av typ 1.4301 gått bra.

I dricksvatten är risken för galvanisk korrosion låg. Under många år har kombinationen av rostfritt stål, koppar, kopparlegeringar och mässing använts med framgång för både kall- och varmvatten i rör, rördelar och tankar utan skador genom bimetallkorrosion (Fig. 12). Medan kolstål kan kombineras med rostfritt stål i vatten med låg syrehalt, riskerar kombination mellan galvaniserat stål och aluminiumlegeringar att den senare angrips av galvanisk korrosion [2].



I avloppssystem är förutsättningarna mindre tydliga. Ett stort antal vattensammansättningar har undersökts, vissa med hög ledningsförmåga. Risken för galvanisk korrosion ökar också genom att avloppsvatten i allmänhet är mera korrosivt mot många material. *Tabell 6* ger en översikt av möjligheterna att kombinera olika material i luftat avloppsvatten. För lödning av fogar är det viktigt att välja en korrosionshärdig lödmetall.

*Fig. 12:*  
För rörarbeten används med fördel kombinationer av rostfritt stål med koppar och kopparlegeringar som t.ex. brons.

*Tabell 6: Möjligheter att kombinera material i luftat avloppsvatten*

		Material med liten yta				
		Kolstål/ stålgjutgods	Zn/ galvaniserat stål	Al	Cu	Rostfritt stål
Material med stor yta	Kolstål/stålgjutgods	+	+	-	o / -	+
	Zn/galvaniserat stål	-	+	-	o*	+
	Al	-	o / -	+	-	+
	Cu	-	-	-	+	+
	Rostfritt stål	-	-	-	o	+
	Stål i betong	-	-	-	+	+

Nyckel: + bra o osäkert - dåligt

\* Även om dessa metaller bara har en obetydlig inverkan på varandra, så kan kombinationen inte rekommenderas på grund av den höga egenkorrosionen hos den mindre ädla kontaktmetallen.

Havsvatten (med en typisk kloridjonkoncentration av omkring 16000 mg/l) och liknande högkloridhaltiga typer av vatten är starkt korrosiva och kräver normalt mera höglegerade ståltyper som EN 1.4462, 1.4439, 1.4539 och 1.4565 eller nickelbaslegeringar. Rekommendationer för att undvika korrosion på metaller i olika vatten kan hämtas från EN 12502, del 1 till 5 [2]. Risken för galvanisk korrosion beror i huvudsak på vattnets ledningsförmåga (se kapitel 2). Avjoniserat vatten är normalt riskfritt i detta avseende.

Eftersom havsvatten är en miljö med hög ledningsförmåga har detta en tendens att främja galvanisk korrosion. Inte enbart detaljer av aluminiumlegeringar, zink eller galvaniserat kolstål är i riskzonen, utan även de som är av koppar eller brons. Fig. 13 visar inverkan av areaförhållandet katod/anod på korrosionshastigheten i materialkombinationer med rostfritt stål och kolstål. Det är tydligt att i denna miljö med hög ledningsförmåga har avståndet mellan katod och anod inget avgörande inflytande. Metall detaljer kan vara benägna för kontaktkorrosion även om de befinner sig på relativt stort avstånd från varandra, förutsatt att det finns en elektriskt ledande kontakt mellan dem (t. ex via en gemensam jordkontakt).

Det finns en allmän risk för korrosion i vattenreningsutrustning där rostfritt stål kommer i kontakt med aktivt kol, som ofta används vid filtrering. I vissa fall kan partiklar från filtermaterialet lossna och komma i kontakt med det rostfria stålet. Kolet med sin stora aktiva yta övertar då rollen som "ädlare" material, blir katod och kastar om polarisationen mot det rostfria stålet med 200 till 300 mV i positiv riktning. Denna

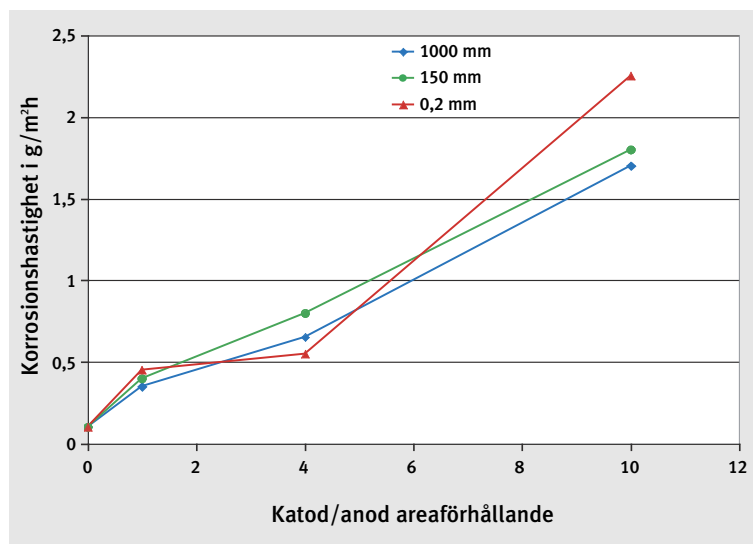


Fig. 13:  
Inverkan av areaförhållandet och avståndet mellan anod och katod på korrosionshastigheten hos kolstål i kontakt med rostfritt stål i havsvatten (permanent nedsänkt i nordsjövatten).

omkastning medför att det rostfria stålet blir anod och att spalt- och punktkorrosion kan uppträda på ferritiska och icke-molybdenlegerade austenitiska stål, till och med vid låga kloridhalter. Ett exempel på detta förlopp visas i Fig. 14. Här inträffade korrosionsangreppet i ett reningsverk, där vissa matarvattenbassänger hade en genomsnittlig kloridhalt av 150 mg/l. Detta medförde att fästbultarna av rostfritt stål för förankringen av filterdysans basplåtar mot den armerade betongen angreps särskilt. Punkt- och spaltkorrosion kunde bara konstateras i de filterbassänger, där aktivt kol hade använts som filtermaterial och kunde komma i kontakt med fästbultarna under sköljoperationerna. Förutom de specificerade ståltyperna 1.4301, 1.4571 och 1.4401 för de olika fästdelarna hade ferritiskt rostfritt stål av typ 1.4016 använts av misstag. Det var inte oväntat att denna stålsort var den som visade det kraftigaste korrosionsangreppet.

Fig. 14:  
Galvanisk korrosion på fästbultar av rostfritt stål i en filtreringsbassäng i ett vattenreningsverk, där aktivt kol använts: Monterad (vänstra) och demonterad (högra) ankarbult av typ 1.4016 rostfritt stål visar förlorad tvärsektion genom korrosion.



## 4.2 Komponenter i luftatmosfär

Även om en elektrolyt normalt alltid finns närvarande i rörledningar och behållare för vattenhaltiga media, är detta inte alltid fallet för komponenter i luftatmosfär. Under sådana förhållanden kan korrosion endast uppstå vid exponering mot fukt. Ytan behöver inte nödvändigtvis komma i direkt kontakt med regn eller vattenstänk. Ofta kan en mikroskopiskt tunn film bildas av vattenånga i omgivande luft. Även synlig kondens kan bildas. Smuts och hygroskopiska beläggningar kan ha en avgörande inverkan på fuktens varaktighet. Dåligt ventilerade spalter, t.ex. under packningar eller mellan överlappande plåtar, kan medföra i det närmaste konstant närvaro av fukt. Till skillnad mot korrosionsceller i vattenlösningar, kan de celler som bildas här påverka en mycket begränsad yta. De två materialen påverkar varandra enbart inom ett mycket smalt område utefter kontaktlinjen, utan att den större ytan av kontaktmetallen får någon avgörande inverkan. I detta fall har areaförhållandet bara en begränsad inverkan, varför de välkända reglerna om ytrelationer inte gäller på vanligt sätt.

På grund av korrosionselementens begränsade räckvidd i omgivande luft, är det

vanligen tillräckligt att täcka över det rostfria stålets yta i den smala kontaktzonen för att motverka korrosion. Ständigt fuktiga spalter mellan rostfritt stål och mindre ädla metaller som aluminium, zink eller galvaniserade komponenter kan bli problemområden. Elastiska packningar som fyller igen spalten är en beprövad lösning. Men packningar, som kan bli spröda och spricka inom en spalt, kan förvärra situationen.

*Tabell 7* ger information om hur olika material kan kombineras i luftatmosfär.



### 4.3 Rostfritt stål i byggnader och anläggningar

Användningen av rostfritt stål i byggnader och anläggningar ökar. Förutom sina möjligheter till arkitektoniska konstruktioner, är materialets egenskaper som hög bearbetbarhet och korrosionshårdighet av stor betydelse. Rostfritt stål används för synliga ytor, bärande konstruktioner och fästelement (som skruv och bult). De vanligaste stålsorterna är av typ 18/8 CrNi och 17/12/2 CrNi-Mo – den senare speciellt för höga krav på ytor inom industri och stadsmiljö eller svåråtkomliga byggnadskomponenter som fästen för fasadplåtar. Det kan vara svårt att undvika fogar mellan rostfritt stål och andra metaller. Risken för kontaktkorrosion är i hög grad påverkad av konstruktionssättet: På ytor som väts av regn eller kondens i inomhus- eller utomhusmiljö, har reaktionen mellan metallerna vanligen begränsad räckvidd och påverkar enbart ytan utmed kontaktlinjen.

För komponenter som exponeras fritt i utomhusatmosfär och kondens är tiden i väta utslagsgivande. Tillfällig och kortvarig beläggning med hinnor av fukt leder inte normalt till galvanisk korrosion. Av detta framgår att det är konstruktionens utformning som är avgörande. Alla faktorer som underlättar snabbt avlägsnande av fukt (bra luftväxling, undvikande av spalter, fri avrinning av regnvatten, släta ytor) minskar risken för korrosionsangrepp. Men permanent fuktiga ytor (i spalter eller övertäckta ytor), kvarstående vatten och smuts kan öka risken för galvanisk korrosion avsevärt. Komponenter som exponeras för väder och vind, där smuts avlägsnats av regnvatten och där tillräcklig luftväxling finns för snabb torkning, är mindre utsatta för korrosion. Däremot blir områden med fördjupningar som, även om de är skyddade mot regn, behåller fukt över lång tid och samlar smuts, mera utsatta.

Även om regeln om areaförhållandena är begränsat användbar för bedömningen av risken för korrosion i luftatmosfär, bör man

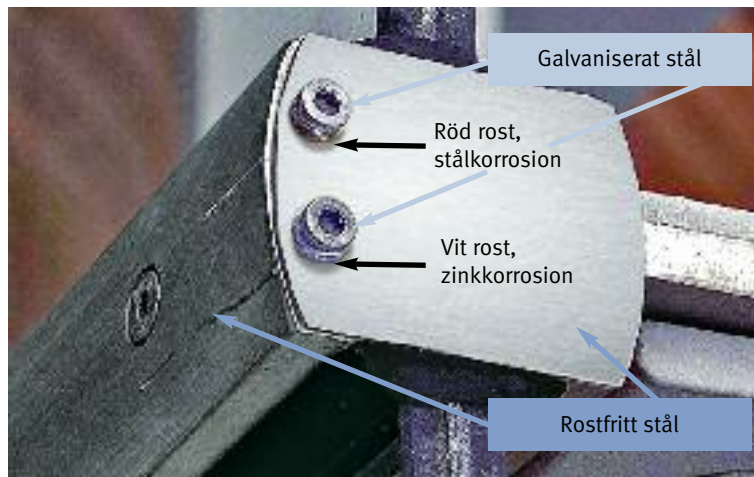
Tabell 7: Kombination av olika material i luftatmosfär.

		Material med liten yta				
		Kolstål/ stålgjutgods	Zn/ galvaniserat stål	Al	Cu	Rostfritt stål
Material med stor yta	Kolstål/stålgjutgods	+	–	–	+	+
	Zn/galvaniserat stål	+	+	+	o	+
	Al	o / –	o	+	o / –	+
	Cu	–	–	–	+	+
	Rostfritt stål	–	–	o / –	+	+

Nyckel: + bra o osäkert – dåligt

\* Även om dessa metaller endast har obetydlig inverkan på varandra, så kan kombinationen inte rekommenderas på grund av den höga egenkorrosionen hos den mindre ädla metallen.

Fig. 15:  
Infästning av en täckplåt  
av rostfritt stål (på ett  
fasadmontage) med  
galvaniserade skruvar;  
skruvarna har fått vit rost  
och påbörjad missfärg-  
ning (röd rost) efter ett  
år i stadsatmosfär.



undvika konstruktioner med små anoder omgivna av relativt stora katoder. Om man inte tar hänsyn till detta kan man inte utsluta att galvanisk korrosion uppstår trots god luftväxling.

Fig. 15 visar ett exempel på detta. Änden av en profil av rostfritt stål har täckts med en vertikal plåt, som är fäst med två galvaniserade skruvar i en stål- och glasfasad. I spalten mellan täckplåt och skruv syns tydligt en vit rostbildning och även ett mindre angrepp på basmaterialet. Detta angrepp kunde observeras redan efter 12 månader, vilket indikerar att detta inte var en hållbar lösning. Skruvar av rostfritt stål skulle ha använts i stället för de galvaniserade.

Vid anläggning av tak – både för nybyggen och renovering – används i första hand skruv av rostfritt stål för infästning mot andra

metalliska material eller material som har täckts med metall. På grund av det gynnsamma ytförhållandet mellan anod och katod finns det ingen risk för kontaktkorrosion i sådana materialkombinationer. Vid reparationer av tak är det inte ovanligt att fästa större ytor av rostfritt stål mot ett annat material. Sådana kombinationer kan också bedömas som riskfria om inte ytförhållandet mellan delen av rostfritt stål och delen av t.ex. aluminium eller galvaniserad plåt är avsevärt större än 1:1.

Fig. 16 – 19 visar praktiska exempel på hur man effektivt förhindrar risk för galvanisk korrosion i byggnadsfasader.



Fig. 16:  
Infästning av fasadpaneler av rostfritt stål på en stödstruktur av kolstål på Atomium i Bryssel.



Fig. 17:  
Ytterpanelen av rostfritt stål hålls isolerad från den galvaniserade stålplåten på insidan med lämpligt utförda fogar.

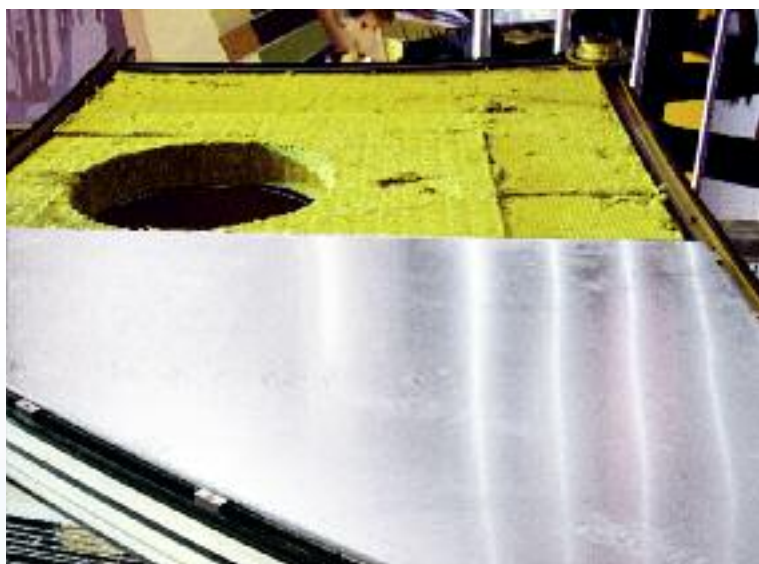


Fig. 18:  
Tillverkning av isolerade paneler med yttre skikt av rostfritt stål och inre av kolstål.



Fig. 19:  
För att förhindra galvanisk korrosion har infästningen av panelen av rostfritt stål mot den inre stommen av kolstål gjorts inom fukt fria områden.



*Fig. 20:  
I bilars avgassystem är rostfritt stål ett vanligt val. Gummidetaljer i fästordningarna hindrar galvanisk korrosion.*

*Fig. 21:  
Rostfritt stål används allt oftare i bränsletankar. Fästordningarna håller dem på plats och ser till att det inte finns någon elektrisk ledningsförmåga i fogarna.*



#### 4.4 Rostfritt stål i transportmedel

I personbilar och andra vägfordon används rostfritt stål (ferritiska med 12 % till 18 % krom och austenitiska med ca 18 % krom) för dekorationslister, avgassystem (Fig. 20), bränsletankar (Fig. 21) och i ökande omfattning komponenter i kaross och chassi. För järnvägsvagnar är ferritiska stålsorter kombinerade med ytskydd ett vanligt alternativ (Fig. 22, 23, 24). Det finns också en lång tradition att använda austenitiska rostfria stål för persontågskarosser (Fig. 25) i många delar av världen, utan problem med galvanisk korrosion.



Fig. 22:  
Enkel isoleringsteknik  
gör att spårvagnens ka-  
ross av ferritiskt rostfritt  
stål kan kombineras med  
chassit av kolstål.

Fig. 23:  
I denna sidovägg på ett  
pendeltåg är stommen  
och den yttre panelen av  
olika typer av rostfritt  
stål. Eftersom dessa har  
identiska potentialer kan  
ingen galvanisk korro-  
sion uppstå.



Fig. 24:  
Rostfritt stål i stadsbus-  
sar och turistbussar  
(vanligen ett målat ferri-  
tiskt stål) har visat sig  
kunna kombineras med  
ett chassi av kolstål.

Här är det också viktigt att undvika spalter mellan komponenter av rostfritt stål och mindre ädla material, där korrosion kan uppträda på grund av smuts och fukt. Återigen är det viktigt att se till att spalterna kan fyllas igen med en lämplig polymer. Ett annat effektivt skydd mot galvanisk korrosion i transportmedel är den lokala beläggningen av kontaktzonen på den rostfria ytan, som beskrivits ovan.



Fig. 25:  
Vagnskorgar för person-  
tåg med ytterpaneler av  
austenitiskt rostfritt stål  
har använts i många de-  
lar av världen utan pro-  
blem med galvanisk  
korrosion.

## Vanliga frågor

### Fråga:

Finns det risk för galvanisk korrosion om rostfria stålsorter av olika kemisk sammansättning kombineras?

### Svar:

Mellan rostfria stål av typer (även bland typer med olika korrosionshårdighet) är det i allmänhet ingen galvanisk korrosion, efter-

vara tillräckligt resistent i den aktuella miljön (Fig. 26).

### Fråga:

Kan rostfritt stål användas i kombination med koppar eller galvaniserat stål vid reparation av rörsystem i bostäder?

### Svar:

Man kan inte vänta sig några problem när rostfritt stål kombineras med rör av koppar, eftersom båda materialen har liknande elektrodpotential i dricksvatten. Rördelar gjorda av varmgalvaniserat stål kan också kombineras med rostfritt stål. Men rörkopplingar av koppar-zink-legeringar eller mässing rekommenderas.

### Fråga:

Kan armering av rostfritt stål kombineras med kolstål i armerad betong?

### Svar:

Ja, en sådan kombination orsakar normalt inga korrosionsproblem för armeringen av kolstål, då elektrodpotentialen i denna miljö är identisk. En sådan kombination kan

Fig. 26:  
Ingen galvanisk korrosion uppstår mellan olika typer av rostfritt stål, även om de inte har samma korrosionshårdighet.



som den fria korrosionspotentialen hos båda metallerna är identiska. Men korrosionshårdigheten hos varje legeringstyp måste bedömas var för sig. Även det material som har den lägre korrosionshårdigheten måste

användas för att förhindra galvanisk korrosion när armeringen tränger utanför betongen eller kommer i kontakt med genomgående rör. Kontakten måste då ligga väl innanför betongen med ett minsta täcksjikt av 3 cm. Om armeringen av kolstål är aktiverad (d.v.s. den är depassiverad på grund av inverkan av klorider och/eller karbonatisering) kan galvanisk korrosion uppstå. Men i de flesta fall är denna effekt mycket mindre än vid den oundvikliga galvaniska effekten mellan en aktiv och passiv armering av kolstål (galvanisk korrosion i en aktiv/passiv cell), eftersom den katodiska syrgasreduktionen för rostfritt stål går mycket långsammare än för kolstål (Fig. 27).

**Fråga:**

Är brickor av isolerande polymer effektiva för att förhindra kontaktkorrosion i mekaniska fogar?

**Svar:**

Även om en sådan fog inte förhindrar metallisk kontakt mellan materialen i den gängade delen, kan sådana brickor rekommenderas

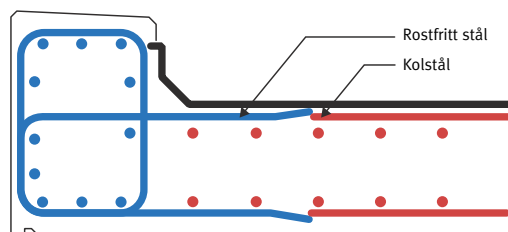


Fig. 27:

Armering av rostfritt stål kan användas i kombination med kolstål utan risk för galvanisk korrosion, förutsatt att armeringen har ett tillräckligt täcksjikt av betong så att kolstålet behåller sitt passiva tillstånd.

deras eftersom de ytor som är mest i riskzonen får ett extra ytskydd.

**Fråga:**

Kan ett räcke med spjälor av rostfritt stål kombineras med stöd av kolstål?

**Svar:**

Om utförandet förhindrar att elektrolyt (till exempel regn eller smältande snö) kan bildas över en längre period, är en sådan direktkontakt acceptabel. I annat fall måste man använda isolerande hylsor av plast.

## 5 Förhindra galvanisk korrosion

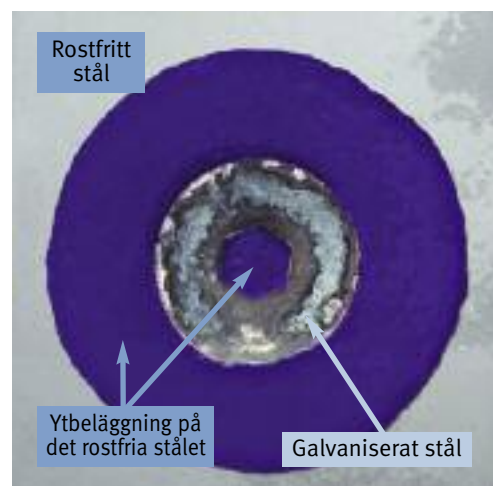
Det rätta sättet att förhindra galvanisk korrosion är naturligtvis att välja lämpligt kompatibla material på konstruktionsstadiet. Om materialen som måste användas kan komma att reagera med varandra, måste andra skyddsåtgärder vidtas. Avsnitt 2 ger vägledning om sätten för detta. *Fig. 3* beskriver de praktiska möjligheterna:

- Elektrisk isolering mellan komponenterna (isoleringsmaterial, plasthylsor eller -brickor)
- Placering av fogen i område som inte är utsatt för fukt
- Ytbeläggning av en katod eller både anod och katod (antingen på stora ytor eller lokalt intill fogen).

Man bör observera att enbart ytbeläggning av anoden inte är ett lämpligt sätt att förhindra galvanisk korrosion. Ofullständigt ytskydd eller lokala skador, som kan vara svåra att undvika på plats, skapar ett kritiskt korrosionselement; varje skada på ytbeläggningen medför en liten exponering av anoden, som då snabbt kan korrodera.

För att minska den katodiska effekten från komponenten av rostfritt stål är det ofta tillräckligt att täcka den rostfria ytan omkring fogen (*Fig. 28*). Bredden på det täckta området är beroende av ledningsförmågan i det korrosiva området. För komponenter som exponeras i inomhusatmosfär med en ganska tunn och svagt ledande elektrolytisk film, är det ofta tillräckligt att bara täcka den rostfria ytan till några centimeters bredd utefter kontaktlinjen. Med salthaltig vätskefilm av flera millimeters tjocklek blir den effektiva katodarean bredare än 10 cm.

*Fig. 28:*  
Förebyggande av risk för kontaktkorrosion på galvaniserat stål genom att täcka över en mindre del av det rostfria stålets yta. Resultat från 48 timmars provning i saltånga: Utan ytskydd uppstår galvanisk korrosion (till vänster), medan ytskyddet på det rostfria stålet i kontaktområdet förhindrar galvanisk korrosion (till höger).





## 6 Litteratur

- [1] DIN EN ISO 8044,  
Ausgabe:1999-11  
Korrosion von Metallen und  
Legierungen – Grundbegriffe  
und Definitionen
- [2] DIN EN 12502  
Teil 1 bis 5, Ausgabe:2005-03  
Korrosionsschutz metallischer  
Werkstoffe – Hinweise zur  
Abschätzung der Korrosionswahr-  
scheinlichkeit in Wasserverteilungs-  
und Speichersystemen
- [3] H. Gräfen,  
”Korrosionsschutz durch  
Information und Normung“  
Kommentar zum DIN-Taschenbuch  
219, Verlag Irene Kuron, Bonn (1988)  
S. 37
- [4] H. Spähn, K. Fäßler  
”Kontaktkorrosion“  
Werkstoffe und Korrosion 17 (1966)  
S. 321
- [5] D. Kuron  
”Aufstellung von Kontaktkorrosions-  
tabellen für Werkstoffkombinationen  
in Wässern“  
Werkstoffe und Korrosion 36 (1985)  
S. 173
- [6] D. Kuron, E.-M. Horn, H. Gräfen  
”Praktische elektrochemische  
Kontaktkorrosionstabellen von  
Konstruktionswerkstoffen des Chemie-  
Apparatebaues“  
Metalloberfläche 26  
(1967) Nr. 2, S. 38
- [7] H. Spähn, K. Fäßler  
”Kontaktkorrosion im  
Maschinen- und Apparatebau“  
Der Maschinen Schaden 40 (1967)  
Nr. 3, S. 81
- [8] W. Schwenk  
”Probleme der Kontaktkorrosion“  
Metalloberfläche 35  
(1981) Nr. 5, S. 158
- [9] K.-H. Wiedemann, B. Gerodetti, R.  
Dietiker, P. Gritsch  
”Automatische Ermittlung von  
Kontaktkorrosionsdaten und ihre  
Auswertung mittels  
Polarisationsdiagrammen“  
Werkstoffe und Korrosion 29 (1978)  
S. 27
- [10] E. Hargarter, H. Sass  
”Kontaktkorrosion zwischen verschie-  
denen Werkstoffen in Meerwasser“  
Jahrbuch der Schiffbautechnischen  
Gesellschaft 80  
(1986) S. 105
- [11] R. Francis  
”Galvanic Corrosion:  
a Practical Guide for Engineers“  
NACE International (2001)  
Houston Texas 77084  
ISBN 1 57590 110 2
- [12] GfKorr-Merkblatt 1.013  
”Korrosionsschutzgerechte  
Konstruktion“  
(2005)
- [13] Allgemeine bauaufsichtliche  
Zulassung Z-30.3-6  
”Erzeugnisse, Verbindungsmittel und  
Bauteile aus nichtrostenden Stählen“  
(jeweils gültige Fassung)  
Sonderdruck 862 der Infor-  
mationsstelle Edelstahl Rostfrei



ISBN 978-2-87997-326-5