

Magnus Palm

**Gränsnivåer för klorider efter
PVC-bränder**

SP Rapport 2002:16
Kemi och Materialteknik
Borås 2002

Abstract

Levels of chloride after PVC fires

The objectives with this project were:

- To identify contaminants on surfaces exposed to smoke and gases from a PVC fire
- To find the corrosivity of these contaminants
- To see how the most common field analysis method correlates with laboratory analysis
- To suggest new acceptance levels for chloride (if need be)

Experiments with PVC fires were carried out and the results show that the type of surface is crucial for the deposition of chlorides. This fact should be recognised in a field situation.

Contamination levels varied from 0 $\mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ on glass and up to about 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ on stainless steel. On low-carbon steel the average level was about 20 $\mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$.

Only chloride was detected on the surface. The correlation between the Bresle field method according to ISO 8502-9 and chemical analysis with ion chromatography was overall very good.

The corrosivity was high and considering the level of chlorides on the test samples the existing limit of 10 $\mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ is not too low, it might for certain situations be recommended to take actions even when the level is 5 $\mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$.

Key words: PVC-fires, chloride contamination, surface cleanliness

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2002:16
ISBN 91-7848-908-3
ISSN 0284-5172
Borås 2002

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2002:16

Postal address:
Box 857,
SE-501 15 BORÅS, Sweden
Telephone: +46 33 16 50 00
Telex: 36252 Testing S
Telefax: +46 33 13 55 02
E-mail: info@sp.se

Innehållsförteckning

Abstract	
Innehållsförteckning	3
Förord	4
Sammanfattning	5
1 Bakgrund	6
2 Experimentellt utförande	7
2.1 Provytor	7
2.2 Referenskuponer	7
2.3 Kontaminering av provytor	8
2.4 Mätningar på provytor	9
3 Resultat och utvärdering	10
3.1 Breslemetoden	10
3.2 Kemisk analys	12
3.2 Jämförelse mellan metoderna	13
3.4 Korrosivitet	14
4 Slutsatser	16
5 Referenser	17

Förord

Denna rapport redovisar ett projekt, helfinansierat av BRANDFORSK, vars projektnummer är 626-011.

Projektet startade 1 augusti 2001 och avslutades 31 maj 2002.

Till projektet knöts en referensgrupp bestående av (företag/organisation, kontaktperson):

Trygg-Hansa, Karl-Axel Holmfrid
Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund, Bo Molin
Försäkringsbolaget Zürich, Ulf Rydefalk
Länsförsäkringar, Hans-Eric Zetterström
Larmtjänst, Roland Christéen
Folksam, Per Almerén
SKEAB Elektronik, Erling Saevig
Sankon Elektronik, Marcus Ehlin
Hydro Polymers, Ånund Ryningen

Jag vill av dessa personer speciellt tacka Bo Molin, Roland Christéen, Erling Saevig, Marcus Ehlin och Ånund Ryningen för synpunkter och idéer. Dessutom tackar jag Benny Lyvén, German Mara, Sven-Ove Vendel och Per Thureson, alla på SP, för insatser i projektet.

Magnus Palm, projektledare

Sammanfattning

Projektet hade följande mål:

- Att undersöka vilka ämnen som deponeras på ytor utsatta för rökgaser från PVC-bränder genom att använda avancerad kemisk analys.
- Att ta reda på hur skadliga (korrosiva) dessa ämnen är för metalliska material.
- Att undersöka hur väl den mest förekommande fältmetoden/snabbmetoden korrelerar med kemisk analys på laboratorium.
- Att omvärdera gällande gränsvärden och att fastställa riktlinjer för restvärdesbedömningar så att riktiga beslut fattas efter en brand och därmed att stora värden (miljonbelopp) sparas för samhälle och industri i framtiden.

Projektet utfördes genom fyra försök där provytor tillsammans med referensmaterial utsattes för brandrök från en brinnande eller pyrande golvmatta av PVC i en sluten kammare. Därefter utfördes mätningar på provytorna och referensmaterialet utvärderades för korrosivitetsbestämning.

Resultaten visar sammanfattningsvis att typen av yta är väsentligen avgörande för hur mycket klorider som deponeras på ytan. Exempelvis var en glasyta helt ren från klorider, trots att den var rejält sotig. Detta bekräftar att kloriderna eller egentligen saltsyran transporteras med bildad vattenånga och inte med sotpartiklar. En slutsats är därmed att en restvärdesledare inte ska ta hänsyn till en yta är sotig eller ej då hon/han gör sin kloridmätning.

Något som också framkom var att klorider är det enda jonslag som avsätts på ytor vid den här typen av bränder (PVC-matta).

Korrelationen mellan fältmetoden enligt Bresle (ISO 8502-9) och kemisk analys på laboratorium med jonkromatograf var förvånansvärt god för samtliga försök.

Metallförlusten var en faktor 100 större för Zink exponerade för brandröken än för metall som ej exponerats för rök. Med tanke på detta skall gränsvärdet absolut understiga uppmätta nivåer ca $15 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ och sannolikt ska gränsen vara en hel del lägre. Dagens gräns på $10 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ är nog lämplig för de flesta miljöer men värdena bör eventuellt vara ännu lägre för känsliga platser, $5 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ kan vara lämpligare för dessa miljöer.

1 Bakgrund

Vid förbränning, pyrolys eller upphettning av vissa material som t ex PVC bildas korrosiva ämnen som sprids med rökgaserna. PVC (PolyVinylChloride) är en plast med egenskaper som gjort att den använts i många sammanhang de senaste decennierna: den har hög livslängd och god motståndskraft mot påverkan av kemikalier och vatten. I byggnader finns PVC lite överallt, till exempel i plastmattor och kablar. Även sådant som vanligen finns i byggnader kan innehålla PVC, t ex möbler, emballage, datorer etc.

Då PVC hettas upp bildas bland annat saltsyra som sprids med rökgaserna. Saltsyran förenar sig med vattenånga och kondenserar på i princip allt som rökgaserna kommer i kontakt med, till exempel på väggar, inuti elektronisk utrustning etc. Saltsyra är extremt korrosivt, dvs den påskyndar rostangrepp och oxidation på metaller (1). Metallbalkar börjar fort rosta och kretskort i maskiner och datorer slutar fungera. Följderna av en till synes begränsad brand kan bli att stora värden går förlorade. Det går dock att begränsa skadornas omfattning genom att snabbt sätta in sanering.

Saltsyra (kemisk beteckning: HCl) är en kloridförening. Även om saltsyran neutraliseras av ämnen i luften med tiden så blir man inte av med kloriderna. Andra former, salter, av klorider är visserligen inte så extremt korrosiva som saltsyra men ändå mycket korrosiva om halterna är tillräckligt höga.

Klorider är korrosiva långt innan de blir synliga för blotta ögat, så för att få reda på hur mycket klorid som finns får man använda tekniska hjälpmedel, t ex den så kallade Breslemetoden (2). Genom att använda sådan teknik får man ett värde på hur stora mängder klorider som finns per ytenhet.

Problemet som t ex en restvärdesledare ställs inför är: hur skall man tolka mätvärdet? Det går naturligtvis genom att mäta på ett antal platser som inte blivit exponerade för några rökgaser att bestämma vilka nivåer av klorider som är normala (bakgrundsvärden). Sådana undersökningar har gjorts vilket gav att "normala" bakgrundsvärden ligger under ca 10 mikrogram per kvadratcentimeter (3). Men erfarenhet från andra branscher har visat att även lägre halter än så kan vara skadliga (4). Dessutom varierar vad som är normalt från plats till plats, ej publicerade mätningar som gjorts av SP visar att normala värden inomhus ofta ligger under 2 mikrogram per kvadratcentimeter. Klorid förekommer allmänt i naturen, t ex i salt från havsvatten, vilket innebär att normala värden utomhus i kustnära områden är höga.

Ett annat problem är att det används en del olika tekniker för att mäta klorider, och beroende på vilken teknik som används kan man få olika resultat. Det bildas vid bränder även andra ämnen än klorider som är korrosiva och vissa mätmetoder inkluderar dessa ämnen, medan andra inte gör det.

En sanering kan i sig vara en mycket dyr insats och måste naturligtvis vägas mot de värden som sparas. Därför är det mycket viktigt att det dras rätt slutsatser av uppmätta kloridvärden.

Ett annat problem är att det inte finns tillräcklig kunskap om vilka ämnen som deponeras på ytor, hur korrosiva de är och hur de påverkar mätvärdet vid en fältanalys med t ex Breslemetoden.

2 Experimentellt utförande

Fyra försök gjordes där prover utsattes för brandrök från PVC-brand i en kammare. I två av försöken lät vi en PVC-matta pyra (glödbrand) och i de andra två var effekten högre, med brand med låga under några minuter.

2.1 Provytor

Provmaterialen valdes med tanke på de material eller ytor som finns i lokaler där det är aktuellt att utföra mätningar. I en verklig situation är det inte alls självklart att mätningen sker på den utrustning som eventuellt ska saneras, ofta sker mätningen på andra ytor i närheten.

Följande provmaterial användes:

- Stålpaneler
- Paneler av rostfritt stål
- Glaspaneler
- Paneler lackerade med Alcro Servalack högblank lack (90 skaldelar), lösningsmedelsburen
- Plast av polyeten, något ojämn yta (ej blank)
- Träpaneler lackade med klarlack, Flügger Akrylatlack, halvblank (50 skaldelar), vattenburen
- Paneler målade med Flügger Väggfärg, matt, PVA-baserad, vattenburen.

Proverna har numrerats som 1:x, 2:x, 3:x och 4:x, där x är ett löpnummer och siffrorna betecknar numret på respektive försök (kontaminering).

2.2 Referenskuponger

För att försöka få en uppfattning om korrosiviteten under försöken exponerades även referenskuponger av olika metaller tillsammans med proverna i två av de fyra försöken. Kupongerna bestod av zink, koppar och stål. Av totalt 12 kuponger per metall exponerades 4 st per metall i ett försök med glödbrand samt 4 st per metall i ett försök med låga. Fyra kuponger per metall exponerades inte för brandrök alls (som referens).

Efter exponering i brandröken så exponerades alla referenskupongerna enligt en fuktprovning i tre veckor. Enbart exponering i brandrök räcker förmodligen inte för att åstadkomma mätbara förändringar av kupongerna.

Hälften av kupongerna (2 per metall och försök samt 2 oexponerade kuponger) exponerades i 95 % relativ fuktighet och den andra hälften i 75 % relativ fuktighet i tre veckor. Temperaturen i bägge fuktexponeringar var 40°C.

Efter exponering i fuktkammaren betades och vägdes kupongerna, och metallförlusten beräknades sedan. Metallförlusten är ett mått på korrosiviteten.

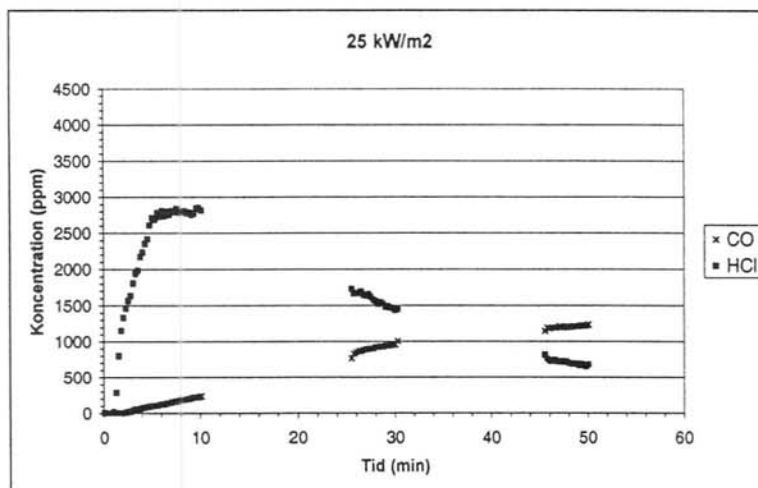
2.3 Kontaminering av provytor

Försöken genomfördes i en kammare (ISO 5659) med volymen $0,5 \text{ m}^3$. Fyra försök utfördes, två vid en lägre värmestrålningsnivå så att endast glödbland uppstod i provmaterialet av PVC. De två andra försöken utfördes vid en högre värmestrålningsnivå så att provmaterialet av PVC antändes och brann med låga under de 4 första minuterna av hela provförloppet på 60 minuter. Provmaterialet av PVC hade dimensionen $75 \times 75 \times 2 \text{ mm}$.

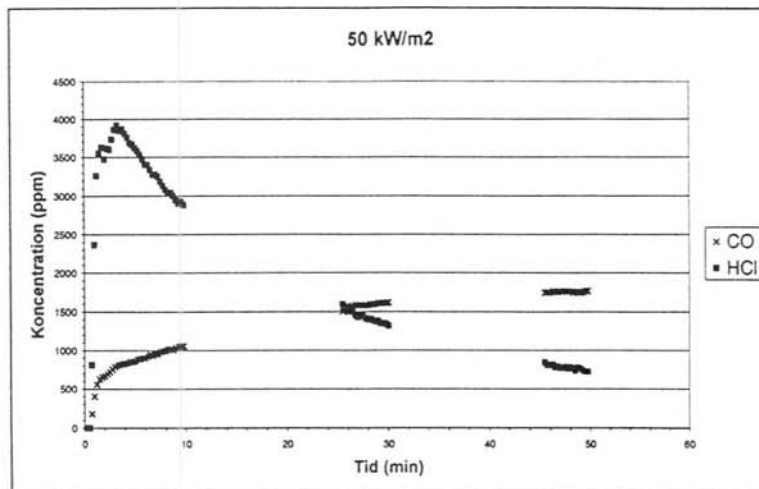
Provkropparna monterades i ett stativ som ställdes löst inne i provkammaren så att ytorna exponerades för rökgas under hela provförloppet (60 min.).

- Två försök utfördes med en värmestrålningsnivå av 25 kW/m^2 utan pilotlåga.
- Två försök utfördes med en värmestrålningsnivå av 50 kW/m^2 utan pilotlåga.
- Gasanalys utfördes med FTIR vid alla provningarna för att bestämma koncentrationen av HCl i kammaren. Även CO bestämdes vid mätningarna.
- Gasanalysen utfördes kontinuerligt under tidsperioderna 0 – 10 min, 25 – 30 min samt 45 – 50 min i de två försöken.

Uppmätta gaskoncentrationer av HCl och även CO visas tidsupplöst för två av försöken i grafer nedan.



Figur 1 Uppmätta gaskoncentrationer av HCl och CO från ett försök med låg värmestrålning mot PVC materialet (25 kW/m^2).



Figur 2 Uppmätta gaskoncentrationer av HCl och CO från ett försök med hög värmestrålning mot PVC materialet (50 kW/m^2).

Som graferna visar fanns det betydande mängder saltsyra i kammarens atmosfär.

2.4 Mätningar på provytor

Efter kontaminering utfördes provtagning enligt Breslemetoden, ISO 8502-6 (2). Med denna metod lakas/tvättas ett kvadratisk område, ca 12 cm^2 stort, med avjoniserat vatten med hjälp av en s k Breslepatch, kanyl och spruta. Analysvätskan samlas upp i en mätcylinder, 15 ml vätska användes i dessa försök. Konduktiviteten (ledningsförmågan) mättes i vätskan före och efter provtagning. Hela momentet med provtagningen och mätning av konduktivitet beskrivs i standarden ISO 8502-9 och är den fältmetod som många använder för att bestämma halten klorider på ytan. Det är dock inte kloridhalten man mäter utan indirekt halten vattenlösliga salter. Andra joner än klorid bidrar till mätvärdet och dessa joners korrosionspåskyndande verkan kan variera även om de flesta är korrosiva i någon mån.

Samma provvätska analyserades i en jonkromatograf, för att få redan på halterna av jonerna klorid, fluorid, bromid, fosfat, sulfat och nitrat. Denna metod kräver dyr utrustning som inte finns för fältmässigt bruk. Metoden är därför endast lämplig då det finns tid att skicka prover till laboratorium, och där det är av intresse att få en mer detaljerad information om vad som finns på ytan.

3 Resultat och utvärdering

3.1 Breslemetoden

Resultaten från kontaminering genom glödbland (lägre effekt) redovisas i tabell 1 nedan, resultat från kontaminering med låga (högre effekt) redovisas i tabell 2.

L_0 = konduktiviteten i vätskan före lakning

L_1 = konduktiviteten i vätskan efter lakning

ΔL = skillnad i konduktivitet, dvs $L_1 - L_0$

I sista kolumnen är värdet omräknat till mängd natriumklorid per ytenhet. Det spelar ingen roll vilken motjon till klorid som används, i princip alla tillämpningar har natrium valts eftersom natriumklorid är så vanligt (vanligt koksalt). Huvudsaken är att man är konsekvent och alltid räknar med samma omräkningsfaktor, för natriumklorid är den 0,6 för enheterna $\mu\text{S}/\text{cm}$ omräknat till $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Provnr	Typ av yta (se 2.1)	L_0 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	L_1 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ΔL ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NaCl ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
1:1	stål	1,0	50,5	49,5	30
1:2	stål	1,4	40,9	39,5	24
1:3	stål	1,7	32,1	30,4	18
1:4	stål	1,1	32,5	31,4	19
1:5	stål	1,1	26,2	25,1	15
1:6	glas	1,1	2,4	1,3	1
3:1	Högblank lack	1	14,5	13,5	8
3:2	Högblank lack	1,2	6,5	5,3	3
3:3	Väggfärg	1,3	350	348,7	209
3:4	Väggfärg	1,8	195	193,2	116
3:5	Rostfritt	1,1	52,7	51,6	31
3:6	Rostfritt	1,4	80	78,6	47
3:7	Plast	1,2	2	0,8	0
3:8	Plast	1,6	2,7	1,1	1
3:9	Klarlack på trä	1,2	20,5	19,3	12

Tabell 1. Resultat från mätningar med Breslemetoden på paneler kontaminerade med brandrök från glödbland.

Provnr	Typ av yta (se 2.1)	L_0 ($\mu\text{S/cm}$)	L_1 ($\mu\text{S/cm}$)	ΔL ($\mu\text{S/cm}$)	NaCl ($\mu\text{g/cm}^2$)
2:1	stål	1,5	35,2	33,7	20
2:2	stål	1,1	22,7	21,6	13
2:3	stål	1,2	34,0	32,8	20
2:4	stål	1,5	42,8	41,3	25
2:5	stål	1,2	35,6	34,4	21
2:6	glas	1,3	3,0	1,7	1
4:1	Högblank lack	1,8	4,8	3	2
4:2	Högblank lack	1,1	3,5	2,4	1
4:3	Väggfärg	1,2	512	510,8	306
4:4	Väggfärg	1,1	468	466,9	280
4:5	Rostfritt	1,3	84,1	82,8	50
4:6	Rostfritt	1,1	84	82,9	50
4:7	Plast	1,6	3,6	2	1
4:8	Plast	2,3	4,4	2,1	1
4:9	Klarlack på trä	1,2	41	39,8	24
4:10	Klarlack på trä	1,2	40,3	39,1	23

Tabell 2. Resultat från mätningar med Breslemetoden på paneler kontaminerade med brandrök från brand med låga.

Resultatet från paneler belagda med väggfärg är extremt höga, i dessa vattenprover observerades dessutom ett vitt skum. För att undersöka om det inte är själva materialet i sig som släpper ifrån sig joner så utfördes mätningar på motsvarande yta men som inte hade exponerats för brandrök. Resultatet blev att även dessa ytor gav stora mätvärden. Detta beror sannolikt på att färgen inte var helt genomhärdad, färgen hade fått torka 24 h och detta kan ha varit för kort tid. Färgen är av latextyp, vattenburen, och är fysikaliskt torkande. Mätvärdena är angivna kursivt i tabellen för att markera att dessa värden är tveksamma.

Resultaten visar vilken stor betydelse valet av provyta har, även om man bortser från väggfärg. Värden under $3 \mu\text{g/cm}^2$ anses som låga och gällande gränsvärde för den här applikationen är $10 \mu\text{g/cm}^2$. Den lägsta gräns för klorider som är känd är $2 \mu\text{g/cm}^2$ vid krav på ytrenhet före målning på off-shore konstruktioner, dvs en helt annan tillämpning än den aktuella. På till exempel glas, polyetenplast och högblank lack fastnar ingen eller mycket lite saltsyra, trots att t ex glasytorna var rejält sotiga. Resultaten ger direkt att dessa ytor därför inte skall användas som provytor vid en verklig situation. Det kan dock vara svårt att avgöra vilken typ av plast man har på en mätplats, därför är det i första hand glas som skall undvikas som mätställe, glas är ju lätt identifierbart. På metallerna stål och rostfritt stål avsätts en hel del klorider. Det är också metaller som är mest aktuella ur saneringssynpunkt.

3.2 Kemisk analys

Resultaten från analys av den extraherade provvätskan med jonkromatograf visas i tabellerna nedan. Eftersom vissa ytor fick obetydliga utslag med Breslemetoden så analyserades inte dessa med jonkromatograf.

Provnr	Typ av yta (se 2.1)	Florid (mg/l)	Bromid (mg/l)	Klorid (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Sulfat (mg/l)
1:1	stål	<0,1	<0,1	16,4	<0,1	<0,1
1:2	stål	<0,1	<0,1	10,8	<0,1	<0,1
1:3	stål	<0,1	<0,1	9,2	<0,1	<0,1
1:4	stål	<0,1	<0,1	8,8	<0,1	<0,1
1:5	stål	<0,1	<0,1	6,9	<0,1	<0,1
3:1	Högblank lack	<0,05	<0,05	3,94	<0,05	<0,05
3:2	Högblank lack	0,09	<0,05	0,84	0,05	<0,05
3:3	Väggfärg	<0,05	1,62	108	1,29	3,86
3:4	Väggfärg	<0,05	0,53	47,3	0,37	0,68
3:5	Rostfritt	<0,05	0,06	13,4	<0,05	<0,05
3:7	Plast	<0,05	<0,05	0,36	<0,05	<0,05
3:9	Klarlack på trä	<0,05	<0,05	3,39	0,06	0,32

Tabell 3. Resultat från mätningar med jonkromatograf i lakvätska från paneler kontaminerade med brandrök från glödbland.

Provnr	Typ av yta (se 2.1)	Florid (mg/l)	Bromid (mg/l)	Klorid (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Sulfat (mg/l)
2:1	Stål	<0,1	<0,1	9,1	<0,1	2,0
2:2	Stål	<0,1	<0,1	6,4	<0,1	2,1
2:3	stål	<0,1	0,2	9,3	<0,1	<0,1
2:4	stål	<0,1	<0,1	11,9	<0,1	<0,1
2:5	stål	<0,1	0,1	9,1	<0,1	<0,1
4:1	Högblank lack	<0,05	<0,05	0,85	0,06	0,08
4:2	Högblank lack	<0,05	<0,05	0,52	<0,05	<0,05
4:4	Väggfärg	<0,05	1,16	121	0,43	2,18
4:5	Rostfritt	<0,05	0,07	20,5	<0,05	<0,05
4:6	Rostfritt	<0,05	0,12	20,4	<0,05	<0,05
4:7	Plast	<0,05	<0,05	0,49	<0,05	<0,05
4:9	Klarlack på trä	<0,05	<0,05	5,21	<0,05	0,29
4:10	Klarlack på trä	<0,05	<0,05	5,42	<0,05	0,40

Tabell 4. Resultat från mätningar med jonkromatograf i lakvätska från paneler kontaminerade med brandrök från brand med låga.

3.3 Jämförelse mellan metoderna

Normalt vid en fältmätning med Breslemetoden enligt ISO 8502-9 räknas konduktivitetetsvärdet om till salthalt (mängd salt per ytenhet), genom att uppmätt värde multipliceras med 0,6. Då får man motsvarande mikrogram natriumklorid per kvadratcentimeter ($\mu\text{g NaCl /cm}^2$). Det är oftast detta värde som sedan jämförs med gällande gränsvärden. Värdena från mätningarna med jonkromatograf har också räknats om till $\mu\text{g NaCl /cm}^2$. Resultaten visas i tabellerna 5 - 6 nedan.

Samtliga försök visar att korrelationen är god mellan Breslemetoden och de kemiska mätningarna, dvs det är klorider och inget annat jonslag som avsätts på ytorna. Möjligen finns det något annat ämne från de lackade träytorna som förhöjer mätvärdet i Bresleanalysen.

Slutsatsen är därför att metoderna korrelerar för ytor som kontaminerats av rökgaser från PVC-bränder, dvs för de ytor vi undersökt är klorider den nästan enda källan till utslag vid användandet av Breslemetoden.

Provnr	Typ av yta (se 2.1)	Salthalt enl Bresle ($\mu\text{g/cm}^2$)	Salthalt kemisk analys ($\mu\text{g/cm}^2$)	Diff ($\mu\text{g/cm}^2$)
1:1	stål	30	33	3
1:2	stål	24	22	-2
1:3	stål	18	18	0
1:4	stål	19	18	-1
1:5	stål	15	14	-1
3:1	Högblank lack	8	8	0
3:2	Högblank lack	3	2	-1
3:3	Väggfärg	209	216	7
3:4	Väggfärg	116	95	-21
3:5	Rostfritt	31	27	-4
3:7	Plast	0	1	1
3:9	Klarlack på trä	12	7	-5

Tabell 5. Jämförelse mellan resultat från Breslemetoden och jonkromatograf från paneler kontaminerade med brandrök från glödbrand.

Provnr	Typ av yta (se 2.1)	Salthalt enl Bresle ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Salthalt kemisk analys ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Diff ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
2:1	Stål	20	18	-2
2:2	Stål	13	13	0
2:3	stål	20	19	-1
2:4	stål	25	24	-1
2:5	stål	21	18	-3
4:1	Högblank lack	2	2	0
4:2	Högblank lack	1	1	0
4:4	Väggfärg	280	241	-39
4:5	Rostfritt	50	41	-9
4:6	Rostfritt	50	41	-9
4:7	Plast	1	1	0
4:9	Klarlack på trä	24	10	-13
4:10	Klarlack på trä	23	11	-13

Tabell 6. Jämförelse mellan resultat från Breslemetoden och jonkromatograf från paneler kontaminerade med brandrök från brand med låga

3.4 Korrosivitet

Metallförlusterna visas i tabell 7 nedan.

Ref kupong Nr	Typ av brand (låga/glöd)	Rel fukt (%)	Metallförlust (g/m^2)		
			Kolstål	Koppar	Zink
1	Glöd	75	85,6	1,3	40,8
2	Glöd	75	71,2	0,8	42,2
3	Glöd	95	59,6	1,0	41,4
4	Glöd	95	48,8	1,5	39,2
5	Låga	75	39,0	0,9	27,2
6	Låga	75	40,6	0,7	26,0
7	Låga	95	52,2	1,8	28,6
8	Låga	95	56,2	2,2	27,4
9	Ej exp	75	0,6	0	0,3
10	Ej exp	75	1,8	0	0,3
11	Ej exp	95	1,8	0	0,3
12	Ej exp	95	1,9	0	0,3

Tabell 7. Metallförluster hos referenskuponger

Det är uppenbart att brandröken hade en stor effekt på korrosiviteten, en faktor ca 40 för kolstål och 100 för zink. Även en så pass ädel metall som koppar angreps.

Skillnaden i korrosivitet mellan glödbrand och brand med låga var liten. För zink var det dock en liten men tydlig skillnad, där brand med låga gav lägre metallförlust.

För att få en bild av vilken korrosivitet värdena innebär, motsvarar värdena ungefär ett års exponering utomhus för stål och 10 år för zink i en miljö med låga luftföroreningshalter (klass C2 enligt ISO 12944-2)

Zink angrips alltså i mycket lägre omfattning än kolstål utomhus, men i våra försök har effekten av brandröken varit så stor att zinken, som annars är en mycket korrosionsbeständig metall, angripits nästan lika mycket som stålet. Lågt pH från saltsyran är sannolikt starkt bidragande till detta.

Eftersom salthalterna ligger från $15 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ och uppåt för stål så bör salthalterna inte överstiga den nivån, istället bör de vara betydligt lägre. Gränsen som används idag, $10 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ är därför inte för lågt satt. Frågan är snarare om den inte kan vara för hög. Projektets resultat medger inte att byta gränsvärde, dock är det sannolikt att nivån $10 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ kan vara för hög för vissa känsliga lokaler. Rekommendationen är därför att man kanske vid nivåer överstigande $5 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ bör fundera över vilken utrustning som finns i lokalen och hur känslig den är. Eventuellt kanske sanering är nödvändig redan vid ett sådant lågt värde.

Mätningarna bör definitivt upprepas. Lokala variationer, mätfel mm bidrar till en stor osäkerhet, därför bör minst tre analyser på olika platser göras. I dokumentationen bör anges på vilken yta man har mätt.

4. Slutsatser och rekommendationer

De viktigaste slutsatserna i projektet är följande:

- Valet av provyta har stor betydelse
- Vid PVC-brand är klorider det absolut dominerande jonslaget på de ytor som exponeras för rök.
- Breslemetoden är på grund av ovanstående lämplig som mätmetod för klorider för dessa ytor.
- Metallförlusten var en faktor 100 större för Zink exponerade för brandröken än för metall som ej exponerats för rök. Med tanke på detta skall gränsvärdet absolut understiga uppmätta nivåer ca $15 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ och sannolikt ska gränsen vara en hel del lägre. Dagens gräns på $10 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ är nog lämplig för de flesta miljöer men värdena bör eventuellt vara ännu lägre för känsliga platser, $5 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$ kan vara lämpligare för dessa miljöer.

Vi rekommenderar att dessa slutsatser beaktas vid fältmätningar i framtiden genom bland annat följande uppmaningar:

- Mät inte på glas!
- Mät på flera olika typer av ytor, men helst på metallytor.
- Gör flera mätningar på olika platser (minst 3 st)
- Ha kvar dagens gränsvärde men fundera även på åtgärder vid värden överstigande $5 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$.

Rekommenderat vidare arbete kan vara att speciellt undersöka elektronik (kopplat till funktion) samt att undersöka effekter av lägre nivåer av salt ($<10 \mu\text{g NaCl} / \text{cm}^2$). En provyta som vore intressant att titta närmare på är pulverlackerad yta. Pulverlack används alltmer (av miljöskäl bl a), speciellt på produkter för inomhusbruk, t ex möbler.

5 Referenser

- (1) "Restvärdesräddning – en handledning i skadesanering", Svenska Brandförsvarsföreningen, 1988
- (2) Bresle, Å., "Conductometric determination of salts on steel surfaces", Materials Performance, v 34, nr 6, 1995
- (3) Bresle, Å. "Fem år med Bresleväskan", Brand&Räddning, nr 5, 1992.
- (4) Alblas, B. P., van Londen, A. M., "The effect of chloride contamination on the corrosion of steel surfaces: a literature review", PCE, feb. 1997.