

# Rapport

# R70:1982

## Värmeåtervinning ur korrosiv ventilationsluft

**Ove Strindehag**  
**Lars Månsson**  
**Erik Wrangel**

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *ser*

*K  
M/a*

**BYGGDOK**

Institutet för byggdokumentation  
Hälsingegatan 49  
113 31 Stockholm, Sweden  
08-34 01 70      Telex 125 63

Byggforskningsrådet

R70:1982

VÄRMEÅTERVINNING UR KORROSIV VENTILATIONS LUFT

Ove Strindehag  
Lars Månsson  
Erik Wrangel

Denna rapport avser forskningsanslag 770054-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till  
AB Svenska Fläktfabriken, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R70:1982

ISBN 91-540-3728-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

## INNEHÅLL

1	INLEDNING	4
2	KARTLÄGGNING AV MILJÖFÖRHÅLLANDEN	6
2.1	Undersökningens omfattning	6
2.2	Besökta företag	7
2.3	Värmetekniska mätningar och beräkningar	8
2.4	Uppmätta föroreningshalter	9
3	FÄLTPROV MED VÄRMEVÄXLARELEMENT	14
3.1	Provets uppläggning	14
3.2	Undersökta ytbehandlingsprocesser	17
3.2.1	Betning	17
3.2.2	Fosfatering	21
3.2.3	Elförnickling	25
3.2.4	Varmförzinkning	29
3.2.5	Elförzinkning	33
3.3	Miljöanalyser	38
4	LÅNGTIDSPROV MED VÄRMEVÄXLARE	41
4.1	Bakgrund och målsättning	41
4.2	Anläggningsbeskrivning	41
4.3	Provprogram	44
4.4	Resultat	44
5	SLUTSATSER	49
BILAGA 1	Kort presentation av de i undersökningen ingående företagen	50
BILAGA 2	Resultat av värmetekniska mätningar och beräkningar	56
BILAGA 3	Ytbehandling av metaller	70
	LITTERATUR	81
	SAMMANFATTNING	82



## 1 INLEDNING

En avsevärd del av energiförbrukningen i Sverige åtgår till att värma ventilationsluft. Med hjälp av värmeväxlare kan dock stora energibesparingar göras genom återvinning av energi ur den utgående frånluften. Inte minst gäller detta inom industrin, där man kan återvinna värme både ur lokalluft och processluft. I industri-lokaler är det möjligt att utnyttja den energi som återvinns ur frånluften såväl för värmning av den inkommande uteluften som för andra ändamål, t.ex. för värmning av tappvarmvatten.

Att återvinna värme ur lokal- eller processluft inom industrin kan i många fall stöta på betydande svårigheter i och med att frånluften ofta har en hög halt av korrosiva gaser eller hög stofthalt. I brist på drift-erfarenhet av värmeåtervinningsutrustning i besvär-liga miljöer tvingas man därför att avstå från att in-stallera sådan utrustning, trots att stora energibe-sparingar är möjliga. Inom vissa branscher, t.ex. inom pappers- och massaindustrin, har man däremot lång er-farenhet av värmeåtervinning i besvärliga miljöer. Eftersom god lönsamhet idag kan påräknas är det inom dessa branscher mycket vanligt att utrustning för värme-återvinning installeras.

Det finns dock många andra branscher inom industrin där betydande energibesparingar kan göras genom värme-återvinning ur ventilationsluft. Bland annat gäller detta inom ytbehandlingsindustrin, där man har stora frånluftsfloden både från system för allmänventila-tion och för processventilation. Dessutom har från-luften i sådana industrier ofta tämligen hög tempera-tur och fukthalt. Len höga halten av korrosiva gaser, och det stora antalet ämnen som kan förekomma, för-svårar dock valet av värmeåtervinningsutrustning. Där-för har endast ett fåtal installationer hittills ut-förts.

Föreliggande undersökning avser att belysa möjligheter-na att återvinna värme ur korrosiv ventilationsluft huvudsakligen inom ytbehandlingsindustrin. Förutsätt-ningarna för att utnyttja värmeväxlare av standardut-förande i sådana tillämpningar har härvid i första hand undersökts. En uppdelning av undersökningen i följande tre faser har skett:

1. Kartläggning av miljöförhållanden, temperaturer och luftflöden vid ett trettiotal industriföretag,
2. fältprov med provkroppar till värmeväxlare vid fem ytbehandlingsindustrier,
3. långtidsprov med värmeväxlare vid en av dessa fem ytbehandlingsindustrier.

För att göra det möjligt att bedöma den energibespar-ing som kan åstadkommas inom ytbehandlingsindustrin har ett relativt stort antal representativa företag

utvalts för den inledande kartläggningen. En mer detaljerad miljöanalys har sedan utförts vid cirka hälften av dessa företag. Halten av vissa syror och metaller samt av natriumhydroxid har i detta sammanhang bestämts, liksom aciditeten. Vid de i undersökningen ingående företagen har även den möjliga energibesparingen beräknats med utgångspunkt från att det återvunna värmets kan utnyttjas för värmning av tilluften till lokalerna.

Fältprov med provkroppar till värmväxlare har genomförts vid fem industrier med vanligen förekommande ytbehandlingsoperationer, nämligen betning, fosfatering, elförnickning, varmförzinkning och elförzinkning. De provkroppar av värmväxlare som ingått i den ursprungliga provutrustningen har varit lamellrörsvärmväxlare av koppar/koppar, slätrörsvärmväxlare av syrafast stål och plattvärmväxlare av aluminium och rostfritt stål. I några fall har även provkroppar med plastbelagda värmväxlare använts, samt i ett fall en slätrörsvärmväxlare helt i plast.

Ett långtidsprov med ett komplett vätskekopplat värmeåtervinningssystem har genomförts under den avslutande fasen av undersökningen. Provet har pågått vid en industri där elförzinkning utförs. I frånluftskanalen har i detta fall installerats en värmväxlare som är uppbyggd av tre olika lamellrörsvärmväxlare, varav två utgörs av plastbelagda värmväxlare av koppar/aluminium och den tredje av en förtent värmväxlare av koppar/koppar. Långtidsproven har fram till december 1981 pågått under ett år. De hittills erhållna resultaten kan betecknas som lovande.

## 2 KARTLÄGGNING AV MILJÖFÖRHÅLLANDEN

## 2.1 Undersökningens omfattning

För att kunna bedöma möjligheterna till energibesparing inom ytbehandlingsindustrin har ett relativt stort antal representativa företag utvalts för en inledande kartläggning. En mer detaljerad miljöanalys har där- efter utförts vid ett mindre antal företag. Som utgångspunkt vid valet av industriföretag har den nedan beskrivna indelningen av lokaler med korrosiv miljö utnyttjats. En mera utförlig beskrivning av de vanliga förekommande ytbehandlingsoperationerna framgår av BILAGA 3.

De lokaler som används vid ytbehandling av metaller kan indelas på olika sätt. I denna undersökning har vi valt att göra indelningen med hänsyn till den viktigaste ytbehandlingsoperationen som pågår i lokalen. Om man t ex i en viss lokal utför både förbehandling (i form av avfettning och betning) och elförzinkning, så är elförzinkningen huvudoperation och bestämmer lokalens gruppstillhörighet. Vissa svårigheter kan uppträda då man har flera huvudoperationer i samma lokal, men oftast är en av dessa operationer dominerande. I de fall separata frånluftssystem förekommer kan en lokal hänföras till två eller flera grupper. Följande gruppindelning har gjorts:

- I. Förbehandlingsoperationer
- II. Elektrolytisk metallbeläggning
- III. Kemisk metallbeläggning
- IV. Varmdoppning
- V. Anodisering
- VI. Lackering och målning
- VII. Övrigt

Förbehandlingsoperationer omfattar främst olika metoder för avfettning och betning. Till denna grupp har även - något oegentligt - räknats fosfatering och kromatering, som ju ofta utgör efterbehandling av förzinkade föremål, men som också ofta utgör förbehandling före målning och lackering.

Elektrolytisk metallbeläggning är den vanligaste typen av metallbeläggningsoperationer. Framförallt utförs elektrolytisk beläggning med metallerna zink, nickel, krom och koppar.

Kemisk metallbeläggning används främst för ytbeläggning med koppar och nickel. I vattenlösningar utreduceras kopparn och nickeln genom tillsats av något reduktionsmedel.

Varmdoppning innebär att föremålet doppas i en smälta av den metall som man önskar som beläggning. Varmdoppning används främst för att belägga zink på stål. Tenn, aluminium och bly appliceras endast i ringa om-

fattning med denna metod.

Anodisering används framförallt på aluminiumdetaljer för att på elektrolytisk väg förstärka det naturliga oxidskiktet. Även magnesium ytbehandlas med denna metod.

Lackering och målning är mycket vanliga ytbehandlingsmetoder, men dessa är här av mindre intresse, eftersom behandlingen ej i regel ger upphov till korrosiva ämnen i ventilationsluften. Som förbehandling förekommer ofta fosfatering och kromatering, men dessa operationer har placerats i grupp I.

I grupp VII återfinns lokaler med korrosiv ventilationsluft där verksamheten ej är att hänföra till ytbehandling.

## 2.2 Besökta företag

De vanligen förekommande ytbehandlingsoperationerna har som ovan framgått indelats i sex grupper, och det antal lokaler som utvalts inom respektive grupp har avpassats med viss hänsyn till den energibesparing som kan uppnås i ifrågavarande lokaler. Grupp III, kemisk metallbeläggning, har härvid uteslutits med tanke på den mindre omfattningen av denna behandlingsmetod jämfört med övriga grupper. Ej heller har ytbehandlingsavdelningar för målning och lackering (Grupp VI) medtagits i detta sammanhang, eftersom halten av korrosiva ämnen inom de aktuella lokalerna i allmänhet är låg. Den sistnämnda ytbehandlingsmetoden är dock allmänt sett av stort intresse med tanke på de stora luftmängder som ofta förekommer.

Under hösten 1977 genomfördes en inledande kartläggning hos 32 företag representerande grupperna I, II, IV och V av de ovan beskrivna ytbehandlingsoperationerna. I ett par fall besöktes även industriföretag som utför kemisk behandling, vilken ej direkt är att hänföra till ytbehandling. Namnen på de i undersökningen ingående företagen återfinns i tabell 1. Vidare ges i BILAGA 1 en kort presentation av samtliga företag, så tillvida att tillverkade produkter anges samt förekommande ytbehandlingsoperationer. Vid den inledande kartläggningen gjordes en uppskattning av frånluftens energiinnehåll och energibehovet i lokalen med utgångspunkt från uppgivna luftflöden och temperaturer. Vidare gjordes en bedömning av korrosionsproblemets svårighetsgrad. Några mätningar gjordes däremot inte vid dessa första besök.

På basis av de inhämtade uppgifterna vidtogs mätningar i frånluften vid elva av de besökta industriföretagen. Vid några andra företag fanns redan vissa mätresultat att tillgå. Vid mätningarna bestämdes frånluftsflödet, frånluftstemperaturen och halten av sådana ämnen som kan ge upphov till korrosionsproblem i värmeväxlare.

Tabell 1 De i undersökningen ingående företagen

ABU, Svängsta
Alvenius Industrier, Eskilstuna
Arboga Hårdkrom, Arboga
Asea, Arboga
Asea, Västerås
ASSA Stenman, Eskilstuna
Avesta Jernverk, Avesta
Blackstone Svenska AB, Mjällby
Bofors Härdverkstad, Mora
Bulten Kanthal, Hallstahammar
Eldon, Nässjö
Electrolux, Motala
Fintlings, Stockholm
Fagersta Jernverk, Fagersta
Facit Halda, Svängsta
Gränges Aluminium Foral, Skultuna
Gränges Nyby, Nybybruk
Gunnebo Bruk, Gunnebo bruk
Gunnebo Bruk, Varberg
Husqvarna AB, Huskvarna
Kvarnströms Fabriks AB, Stockholm
Telefon AB LM Ericsson, Stockholm
" - Söderhamn
" - Norrköping
" - Mölndal
Mora Armatur, Mora
Svenska Eloxal AB, Stockholm
Saab Scania, Linköping
Tour & Andersson, Kungsör
Tudor, Nol
Volvo Flygmotor, Trollhättan
Wedholms, Nyköping

### 2.3 Värmetekniska mätningar och beräkningar

Vid de i undersökningen ingående industriföretagen har den möjliga energibesparingen uppskattats med hjälp av de uppgifter som lämnades vid den inledande kartläggningen och de värden som uppmättes vid den mer detaljerade undersökningen vid dessa företag. I de flesta av de kartlagda lokalerna kan det återvunna värmets utgående lokal- eller processluften utnyttjas för värming av tilluften till lokalen. Beräkningen av den möjliga energibesparingen har därför utförts under förutsättning att återvunnet värme i samtliga fall används för detta ändamål.



I ytbehandlingsanläggningar är den utgående luften oftast mycket fuktig och har därför ett jämförelsevis högt energiinnehåll, trots en måttlig torr temperatur. Vid de elva företag där miljömätningar utfördes uppmättes såväl frånluftsflödet som frånluftens torra och våta temperatur. Dessa mätresultat redovisas i BILAGA 2 tillsammans med motsvarande uppgivna data för de företag där endast en inledande kartläggning utfördes. I BILAGA 2 återfinns även uppgifter om anläggningens drifttid, ventilationsflödets reducering under natt- och helgdrift samt om tilluftens temperatur.

De i undersökningen ingående företagen har ej namngivits utan försetts med sifferbeteckningar i den tabellsammanställning över värmetekniska data som redovisas i BILAGA 2. I de fall då flera lokaler och flera frånluftsflöden kartlagts vid samma företag har lokalerna försetts med bokstavsbe-teckningar och frånluftsflödena med sifferbeteckningar. Varje frånluftsflöde har således kodats enligt följande exempel:

Ex. 1-c-3 där 1 anger företag nr 1, c anger avdelningen c vid detta företag och 3 anger luftflöde nr 3 vid denna avdelning.

Vid beräkningarna av den möjliga energibesparingen under året har man antagit att till- och frånluftsflödena är lika stora och att värmeåtervinningssystemets temperaturverkningsgrad är 60 %. Frånluftens fuktinnehåll har försumrats vid dessa beräkningar, medan däremot hänsyn tagits till de aktuella drifttiderna för ventilationsanläggningen. Vidare har klimatdata för orten ifråga (enligt SMHI:s temperaturobservationer under tiden 1949-1958) utnyttjats. Den beräknade energibesparingen anges i BILAGA 2 i MWh/år. För ytbehandlingsoperationerna tillhörande grupperna I, II, IV och V uppgår den beräknade möjliga energibesparingen till 85,2 GWh/år. Besparingsmöjligheterna fördelar sig på de olika grupperna enligt:

Grupp I	49,3 GWh/år
Grupp II	19,1 " -
Grupp IV	6,5 " -
Grupp V	10,3 " -

Sammanlagt uppgår besparingspotentialen till ca 100 GWh/år i de företag som undersökningen omfattar.

#### 2.4 Uppmätta halter av luftföroreningar

Som ovan nämnts har mätningar utförts vid elva av de i undersökningen ingående företagen. I allmänhet gjordes mätningar i ett flertal lokaler och i ett flertal frånluftssystem vid dessa företag. Vid tre av de besökta företagen hade miljöförhållandena kartlagts vid tidigare mättillfällen. Resultaten av dessa tidigare mätningar redovisas i tabell 2, 3 och 4 tillsammans med de under hösten 1977 genomförda mätningarna. Vid redovisningen har en uppdelning på olika ytbehandlingsoperationer skett. Samma sifferbeteckningar som i

BILAGA 2 används för de olika frånluftsflödena. De uppmätta värden som redovisas avser:

- aciditet (i milliekvivalenter/m<sup>3</sup>),\*)
- halten av vissa syror (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>),
- halten av natriumhydroxid,
- halten av vissa metaller (Cr, Mn, Na, Ni, Zn).

I ett fall redovisas även halten av vätefluorid, ammoniak och NO<sub>x</sub>. Vid provtagningen användes ett membranfilter (porstorlek 0,8 µm) i serie med en 10 ml impingerflaska. Provtagningstiden uppgick till 1 timma och provtagningsflödet till 200 l/h. Bestämningen av aciditeten har utförts titrimetriskt med 0,1 M natriumhydroxid. Syrakoncentrationerna bestämdes kolorimetriskt, medan metallkomponenterna bestämdes med hjälp av atomabsorptions-spektrofotometer.

I de fall aciditeten varit lägre än vad som kunde mätas enligt den ovan beskrivna metoden (0,02 mekv/m<sup>3</sup>) har detta angivits i tabellsammanställningen. I vissa av de kartlagda lokalerna renas frånluften i en skrubber. En notering om mätningarna utförts före eller efter skrubbern har i dessa fall gjorts.

---

\*) 1 milliekvivalent av en syra motsvarar 1 mg vätejoner.



Tabell 2 Miljöförhållanden i ytbehandlingsanläggningar tillhörande Grupp I.

Frånlufts- kod	Aciditet (mekv/m <sup>3</sup> )	Föroreningshalt (mg/m <sup>3</sup> )										
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	NaOH	Cr (tot)	Mn (II)	Na (I)	Ni (III)	Zn (II)		
7-a-1	<0,02			0,1								
10-a-1	<0,02			0,05								
13-a-3	0,12											
25-a-2	<0,02	0,13							0,002			
25-a-3	0,40											
25-a-4	<0,02	0,1	<1									
27-b-2	<0,02		<1									
27-b-3	<0,02		<1									
27-b-4	<0,02		<1									
27-b-5							0,50					
28-a-2							0,82					
28-a-3			2					<0,001		0,18		
28-a-4								0,025				
28-a-5								0,025				
28-a-9												
28-a-10												
28-a-11												
29-a-1												
31-a-1	0,002 (efter skrubber)	0,04 (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0,4 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	0,09				0,001		0,12	0,05	0,03
	HNO <sub>3</sub>											
	0,5											
9-a-1		0,1	0,6	0,02	0,17				NH <sub>3</sub>			
9-a-2	0,5	0	0,3	0,04	0,11				0,1			
9-a-3	0,5	0	0,06	1,1	0,09				0,1			
9-b												
	Tot. syrakonc: ca 2-3 mg/m <sup>3</sup> , NO <sub>x</sub> : 300 ppm											

Tabell 3 Miljöförhållanden i ytbehandlingsanläggningar tillhörande Grupp II och IV.

Frånluftskod	Aciditet (mekv/m <sup>3</sup> )	Föreningenshalt (mg/m <sup>3</sup> )					Ni (III)	Zn (II)
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	NaOH	Cr(tot)		
<b>Grupp II</b>								
10-b-1								
10-b-2	<0,02		<1		0,54			
12-a-1						0,41		
12-a-2						0,17		
13-a-1	<0,02		<1					0,015
13-a-2	<0,02		<1					
19-a-1	<0,02						0,075	
19-a-2	<0,02					<0,001		
27-c-2	0,024					<0,001		
29-b-1	0,14		7		0,91			
<b>Grupp IV</b>								
7-a-2	<0,02							2,0
27-a-1								0,045
29-c-1								41

Tabell 4 Miljöförhållanden i ytbehandlingsanläggningar tillhörande Grupp V och "Övriga".

Frånlufts- kod	Aciditet (mekv/m <sup>3</sup> )	Föreningenshalt (mg/m <sup>3</sup> )					Zn (II)	Mg (II)
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	NaOH	Cr (tot)		
Grupp V								
11-a-1	0,024							
11-a-2	0,024	0,03(PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	1,1					
11-a-3					0,45		0,56	
11-a-4					(0,97)		0,31	
11-a-5					(0,54)			
28-a-2					0,82			
28-a-3			2			0,001	0,18	
28-a-4							0,025	
28-a-5							0,025	
Grupp "Övriga"								
19-b-1								0,20
19-b-2					2,8(Cl <sup>-</sup> )			1,70
22-a-1					160(Cl <sup>-</sup> )			
22-a-2					3 (efter skrubber)			
22-b-1					9 (efter skrubber)			
22-c-1					71 (efter skrubber)			
22-e-1					320 (före skrubber)			
32-a-2					4,3 (efter skrubber)			
32-a-7					6,9 (HCl/2,4 (Cl <sup>-</sup> -salt)			2,9 (salt)
32-a-11					15 (HCl)/1,1 (Cl <sup>-</sup> -salt)			0,1 (salt)
					9,4 (HCl)/4,0 (Cl <sup>-</sup> -salt)			1,9 (salt)

## 3 FÄLTPROV MED VÄRMEVÄXLARELEMENT

## 3.1 Provens uppläggning

Med utgångspunkt från kartläggningsarbetet under projektets första etapp utvaldes fem industriföretag där fältprov med värmeväxlarelement skulle genomföras. De valda företagen och de ytbehandlingsoperationer som där förekommer framgår nedan.

1. Bulten Kanthal	Betning
2. Facit Halda	Fosfatering
3. Huskvarna	Elförnickling
4. Gunnebo Bruk	Varmförzinkning
5. Asea Arboga	Elförzinkning

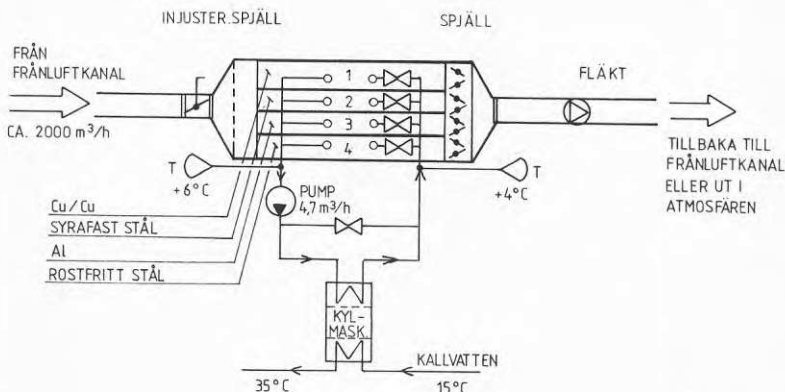
Syftet med fältproven var att studera påverkan på olika värmeväxlare i olika miljöer under ett normalt driftår. För simulering av vinterförhållanden planerades speciella kylperioder då värmeväxlarytorna skulle kylas med hjälp av en kylmaskin. Kylperiodens längd bestämdes till 2-3 månader. Under denna tid skulle frånluftens dagpunkt underskridas och värmeväxlarytorna bli våta och därmed öka förutsättningarna för galvanisk korrosion.

De värmeväxlare som ingick i provutrustningens grundutförande var:

1. Lamellrörsvärmväxlare av koppar/koppar.
2. Slättrörsvärmväxlare av syrafast stål.
3. Plattvärmväxlare av aluminium.
4. Plattvärmväxlare av rostfritt stål.

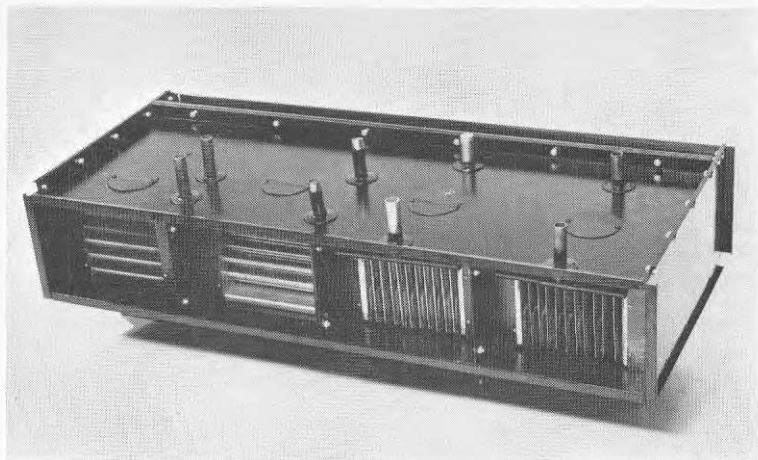
Vid en av industrierna, Asea Arboga, placerades dessutom en plastväxlare typ Retherma, Studsvik Energiteknik AB.

Provutrustningens inkoppling i ett frånluftssystem framgår av figur 1 och värmeväxlarelementens utformning av figur 2 och 3.

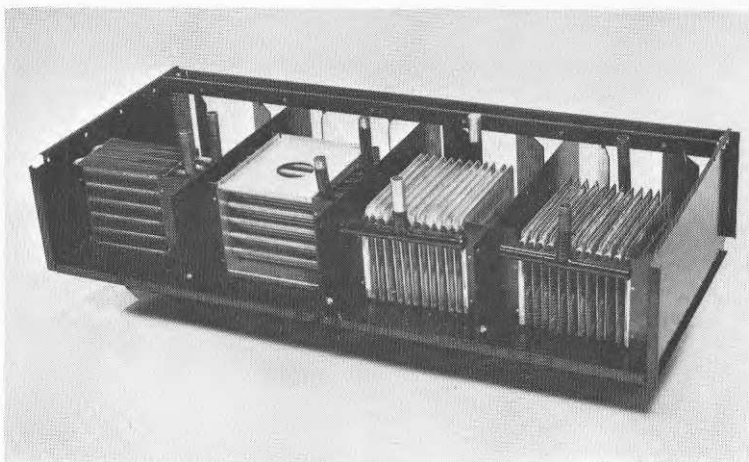


Figur 1. Provutrustningens inkoppling i ett frånluftssystem.

I provutrustningen ingick, förutom de fyra värmväxlarelementen, ett injusteringsspjäll för totalflödet och en perforerad plåt (tryckfall ca 100 Pa) för utjämning av luftflödet över värmväxlarnas frontareor. Bakom varje värmväxlare placerades trottelspjäll för individuell injusterings av luftflödet. Med en plastfläkt, normalt placerad i systemet, transporterades provluften genom provenheten och sedan endera tillbaka till frånluftskanalen eller ut i atmosfären. För simulering av vinterförhållanden med utfällning av vatten på värmväxlarytorna installerades ett kylsystem under ca 2 månader. Figur 1 visar även kylsystemets uppbyggnad.



Figur 2. Provenhet med fyra värmeväxlarelement i metall: koppar/koppar, syrafast stål SIS 2343, aluminium och rostfritt stål SIS 2333. På ovansidan finns röranslutningar för vätskekylning av värmeväxlarytorna. Bakom varje värmeväxlare finns trottelspjäll för individuell injusterering av luftflödet.



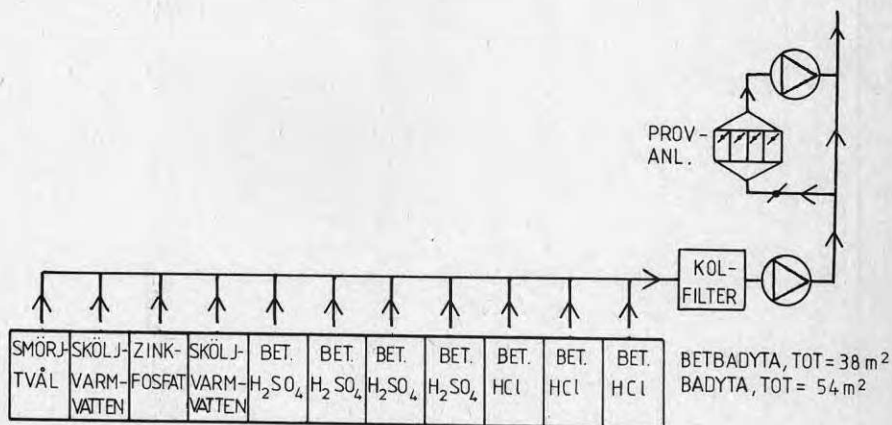
Figur 3. Genomskäring av provenhet med värmeväxlarelement.

### 3.2 Undersökta ytbehandlingsprocesser

#### 3.2.1 Betning

Vid denna anläggning hos Bulten Kanthal utförs betning i svavelsyra och saltsyra av tråd av kolstål ( $\emptyset$  2 mm - 25 mm, kolhalt 0,10 - 0,50 vikt-%) för kallformning av skruv och mutterdetaljer. I den manuella ytbehandlingslinjen ingår även avfettning i lut, tvålbad och fosfateringsbad, vilka alla är anslutna till ett gemensamt avsugningssystem.

Baden är försedda med avsugningssystem av typen push-pull. Före skorstenen passerar luften genom ett kolfilter som spolas en gång/skift. Provanläggningen placerades efter kolfiltret enligt figur 4. Kylning av värmeväxlarytorna för simulering av vinterförhållanden behövs ej, eftersom aerosolhalten i luften är hög.



Figur 4. Provutrustningens inkoppling vid Bulten Kanthal.

Följande data gäller för ytbehandlingsanläggningen:

Operation	Bad	Halt	Antal	Badyta	Temp
Betning	Svavelsyra	5-15 %	4	22 m <sup>2</sup>	65-70 °C
Betning	Saltsyra	20 %	3	16 m <sup>2</sup>	40 °C
Fosfatering	Zinkfosfat		1	4 m <sup>2</sup>	70-80 °C
Sköljbad	Varmvatten		2	8 m <sup>2</sup>	50-60 °C
Smörjbad	Tvål		1	4 m <sup>2</sup>	60-70 °C

Avsugets flöde: 53 000 m<sup>3</sup>/h

Temperatur: 18 °C

Produktion: 6.00 - 22.00, 5 d/vecka, ibland nattdrift

Fläktdrift: dygnet runt



Prov, start: 78-06-08

stopp: 79-06-29

Resultatet efter drygt 1 års drift sammanfattas nedan.

Koppar/koppar:

Lamellrör.

Värmeväxlaren av koppar blev snabbt angripen och grönfärgad av ärg. Efter ca 2 månaders drift hade den förlorat sin form och byttes ut mot en epoxilackerad stål/stål-värmeväxlare.

Syrafast stål:

Slätrör.

Materialet brunfärgades ytligt ganska snabbt. Därefter förändrades ytans struktur till att bli gropig och ojämn, med antydningar till ytliga sprickbildningar och missfärgning till brunt med viss grön-gul nyans. Ytligt förekom också bruna kristaller som lätt kunde borstas av. Efter avtorkning blev ytan gråmatt. Korrosionen får anses vara mycket allvarlig (figur 5).

Aluminium:

Plattor.

Aluminiumytan förändrade snabbt karaktär och antog en grovkristallin och grå struktur. Allteftersom nya kristaller bildades ramlade de gamla ned på värmeväxlarens botten. Kristallerna skiftar i grå-vitt-gult. Ytan gick ej att skrapa metalliskt blank. Efter ca 2 månaders drift byttes värmeväxlaren ut mot en Rilsan-behandlad stål värmeväxlare.

Rostfritt stål:

Plattor.

Det rostfria stålet är något mera angripet än det syrafasta och ytan är mera mörkbrun till färgen. De bruna och finkristallina korrosionsprodukterna kan lätt borstas bort. Ytan är efter lätt putsning ojämn och brunflammig (figur 6).

Kolstål + Rilsan:

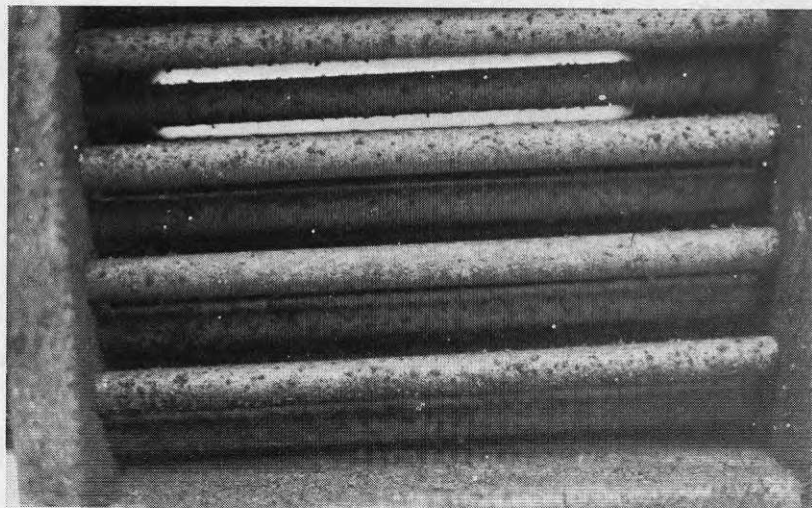
Slätrör.

Ytan är försmutsad av avsatta aerosoler men efter avtorkning kan man se att ytan är hel och oangripen (figur 7).

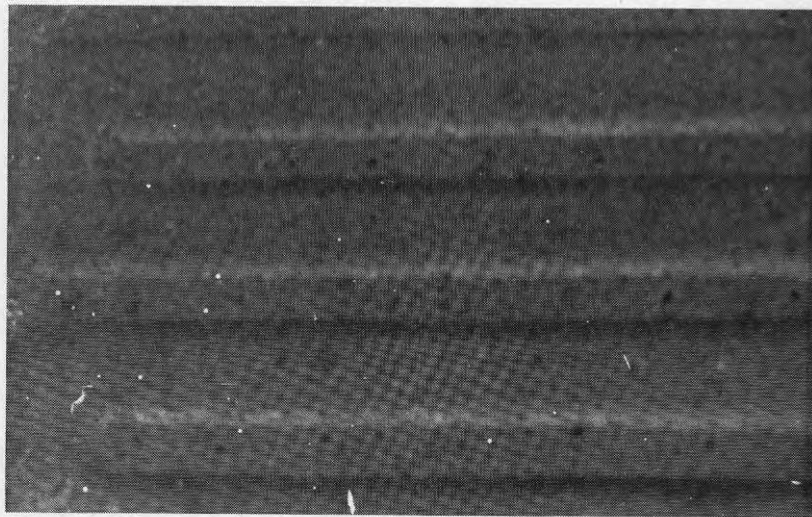
Stål/stål + epoxi:

Lamellrör.

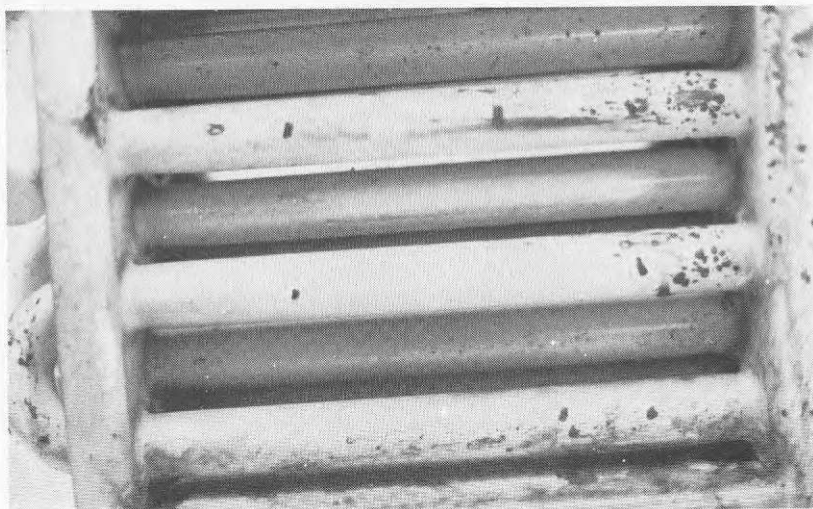
De första provveckorna gav förhoppning om att denna materialkombination skulle vara resistent mot den aggressiva miljön. Det visade sig dock senare att epoxiskiktet hade spruckit upp och att korrosionen på kolstålet kommit igång. Speciellt vid kanter och hörn uppvisade epoxiskiktet sprickor och avflagnade partier. Blåsor uppstod på de tidigare släta lamellytorna på grund av de bildade korrosionsprodukterna (figur 8).



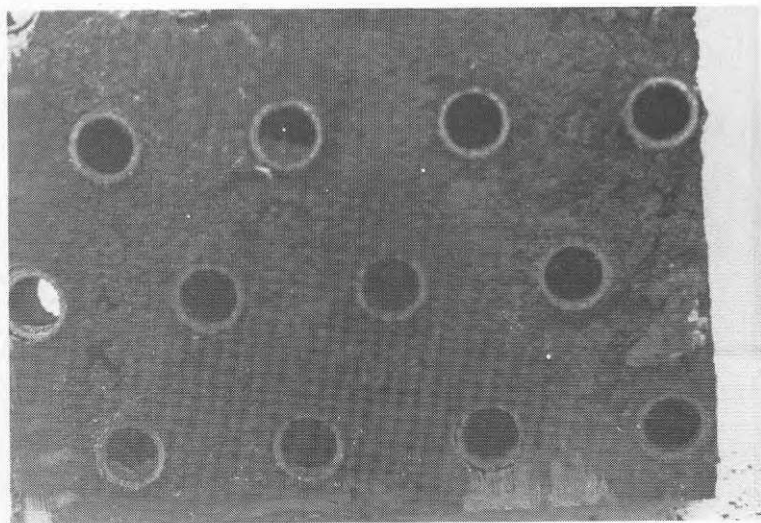
Figur 5. Värmeväxlare i syrafast stål SIS 2343.  
Kraftig korrosion.



Figur 6. Värmeväxlare i rostfritt stål SIS 2333.  
Kraftig korrosion.



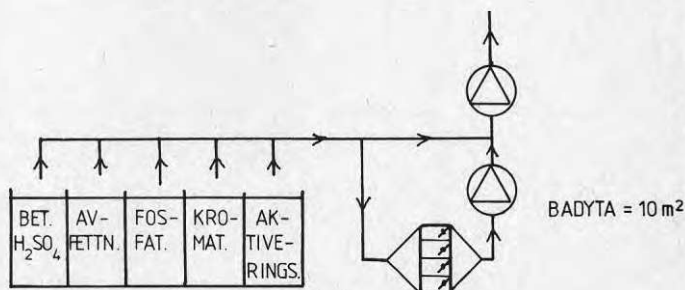
Figur 7. Värmeväxlare i kolstål med Rilsan som organiskt ytskydd. Ingen korrosion.



Figur 8. Lamellrörsvärmeväxlare i stål/stål med epoxi som organiskt ytskydd. Kraftig korrosion.

## 3.2.2 Fosfatering

I en ytbehandlingsautomat vid Facit Halda behandlas bandplåt detaljer samt detaljer av härdat stål. Avsugen från de olika baden förs samman till en gemensam frånluftskanal. Produktionsanläggningens uppbyggnad och provutrustningens inkoppling framgår av figur 9.



Figur 9. Provutrustningens inkoppling vid Facit Halda.

I ytbehandlingsautomaten finns följande funktioner som är försedda ned avsug:

Operation	Bad	Halt	Antal Badyta	Temp
Betning	Svavelsyra "OXYVATE348"	pH=1,0 150 g/l	1	2,8 m <sup>2</sup> 60 °C
Avfettning	Lut "CANDOKLENE"	pH=14	1	1,9 m <sup>2</sup> 70 °C
Fosfatering	Fosforsyra Zinksalt	pH=2,5-3,0	1	3,3 m <sup>2</sup> 60 °C
Kromatering	Kromatlösn "Sköjlösn 60"	0,5 vol-% pH=4,8	1	1,0 m <sup>2</sup> 70 °C
Aktivering	Zinksalt	pH=7-9	1	1,0 m <sup>2</sup> 30 °C

Avsugat flöde: 10 400 m<sup>3</sup>/h

Temperatur: 16 °C

Produktion: 6.00-22.00, 5 d/vecka

Fläktdrift: dygnet runt

Prov, start: 78-07-30

stopp: 79-11-01

kylning: 79-08-30--79-11-01.

Resultatet efter drygt 1 års drift sammanfattas nedan.

Koppar/koppar:

Lamellrör.

Frontytan är grönfärgad av en lätt ärgbildning ca 5 - 10 mm in på lamellerna. Lamellytorna har erhållit en i huvudsak svart yta men med spridda bruna områden, speciellt i läzoner bakom rör och i lamellvecken. Stoft och textilfibrer har avsatt sig, speciellt på växlarens

frontyta. Det svarta skiktet kan ej poleras eller skrapas bort med nagel. Med ett vasst föremål repas ytan dock lätt till metallblankt (figur 10).

Syrafast stål:

Slätrör.

Rören är endast belagda med ett tunt grått dammskikt och kan lätt poleras blanka med trasa. Ingen korrosion (figur 11).

Aluminium:

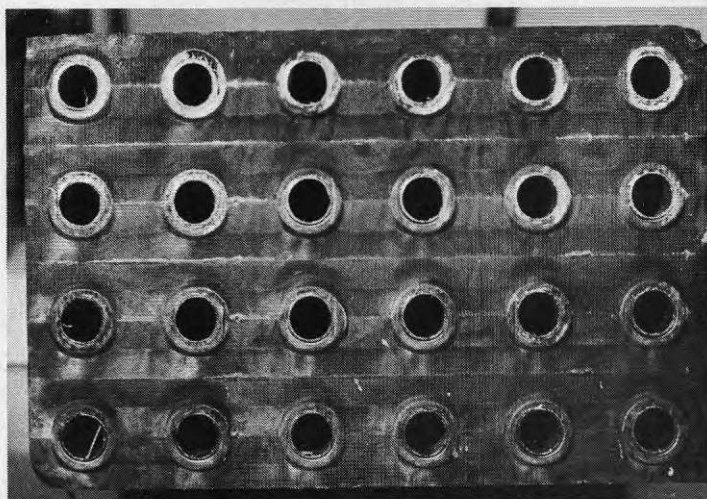
Plattor.

Plattorna är försmutsade av gråbrunt stoft. Efter polering med trasa erhålls en slät yta, som dock är täckt med mörkgrå porangrepp, ca 0,5 mm i diameter, med ett inbördes avstånd av 3 - 5 mm (figur 12).

Rostfritt stål:

Plattor.

Plattorna är blanka trots lätt försmutsning. Ett fåtal missfärgade punktsvetsar är de enda tecknen på korrosion (figur 13).

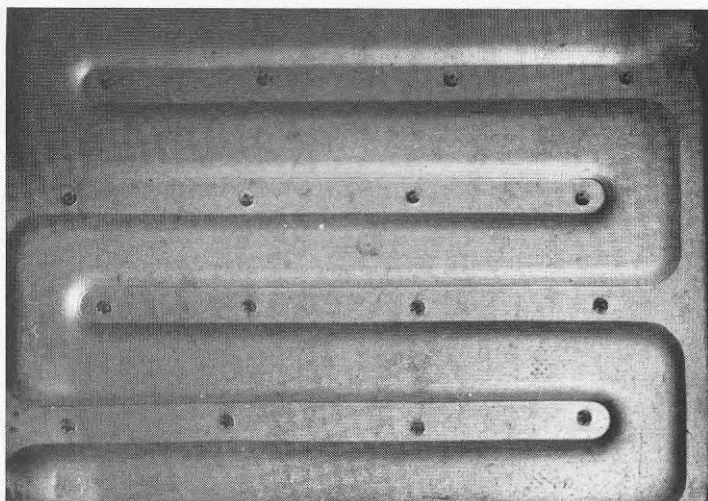


Figur 10. Lamellrörsvärmeväxlare i koppar/koppar. En lättare ärgbildning har uppstått på lamellernas fronttytor ca 5-10 mm in i värmeväxlaren.

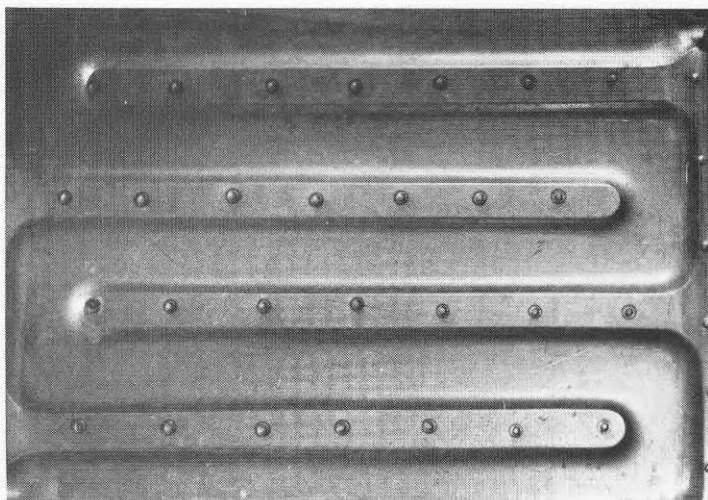


Figur 11. Värmeväxlare i syrafast stål SIS 2343. Ingen korrosion.





Figur 12. Värmeväxlare i aluminium. Polering av den svagt stoftbelagda ytan ger en jämn yta som dock innehåller spridda mörkgrå porangrepp.



Figur 13. Värmeväxlare i rostfritt stål SIS 2333. Ett fåtal missfärgade punktsvetsar utgör de enda tecknen på korrosion.



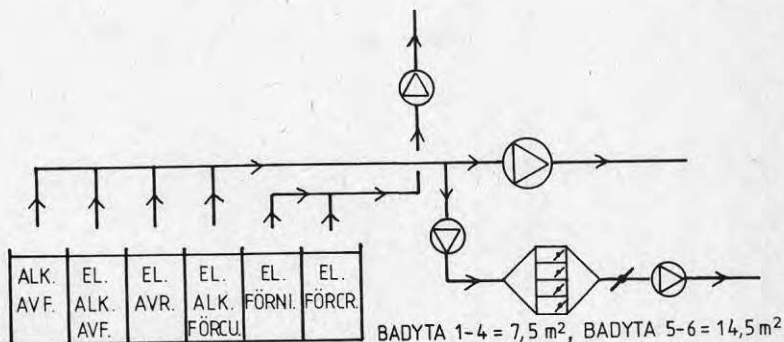
## 3.2.3 Elförnickling

I en ytbehandlingsautomat vid Huskvarna AB förnicklas kolståldetaljer. Produktionsanläggningens uppbyggnad och provutrustningens inkoppling framgår av figur 14. Följande funktioner ingår i ytbehandlingsautomaten:

Operation	Bad	Halt	Ant	Badyta	Temp
Alkalisk avfettning	"Cellcleaner 166"	25 g/l	1	3,0 m <sup>2</sup>	80 °C
El-avfettning	"Cleaner K2"	80 g/l	1	1,5 m <sup>2</sup>	80 °C
El-avrostning	"ENDOX 114"	150 g/l	1	1,5 m <sup>2</sup>	50 °C
	Natriumcyanid	50 g/l			
El-alkalisk förkoppr.		pH 12	1	1,5 m <sup>2</sup>	50 °C
El-förnickling *)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> bl a	pH 4,5	1	10 m <sup>2</sup>	60 °C
El-förkromning *)	Kromsyra	400 g/l	1	4,5 m <sup>2</sup>	42 °C
	Svavelsyra	4 g/l			

\*) = inget avsug till provanläggningen.

Avsuget flöde: 13 000 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatur: 25 °C  
 Produktion: 8 h/dag  
 Fläktdrift: dygnet runt  
 Prov, start: 78-11-01  
 stopp: 79-11-01  
 kylning: 79-06-05--79-06-19.



Figur 14. Provutrustningens inkoppling vid Huskvarna AB.

Resultatet efter 1 års drift sammanfattas nedan.

Koppar/koppar:

Lamellrör.

Värmeväxlaren har erhållit en mycket svag grönfärgning på lamellernas fronttytor. Resten av lamellytorna har endast mörknat något. Punktvis finns dock porösa ansamlingar av brunröda korrosionsprodukter. Dessa

lossnar lätt, varvid en metallblank yta framkommer (figur 15).

Syrafast stål:

Slätrör.

Rörytorna är belagda med ett gråvitt stoftskikt. Polering ger blank yta utan korrosionsangrepp (figur 16).

Aluminium:

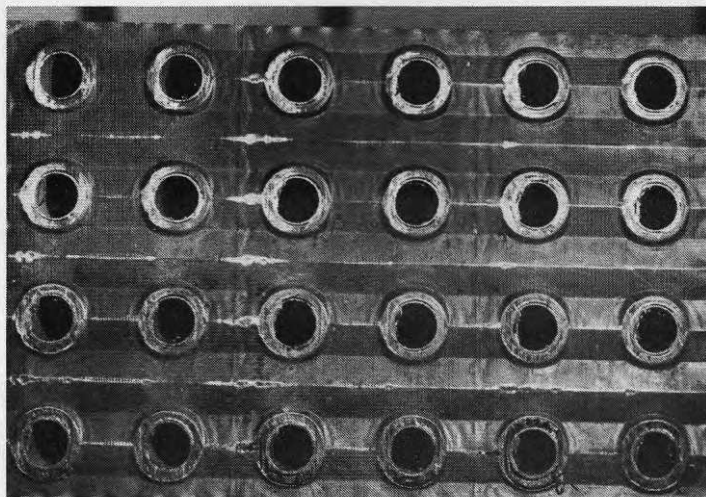
Plattor.

Fläckvis ansamling av gråvita och vassa kristaller gör aluminiumytan sträv. Polering med trasa ger ej helt slät yta, utan en viss strävhet och förmörkning av ytan finns kvar (figur 17).

Rostfritt stål:

Plattor.

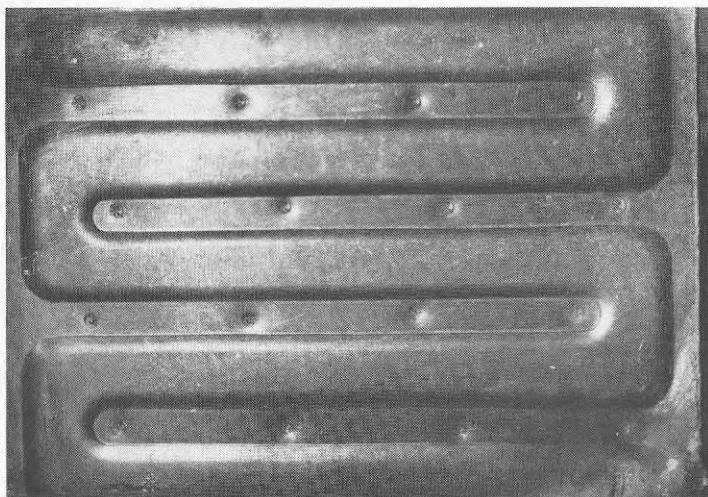
Ingen korrosion (figur 18).



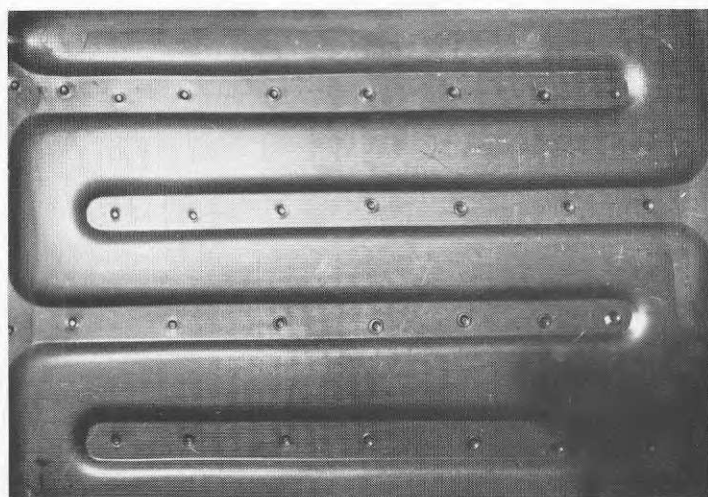
Figur 15. Lamellrörsvärmväxlare i koppar/koppar. Endast en mycket svag grönfärgning har uppkommit på lamellernas frontytter. Dessutom finns på lamellytorna punktvisa ansamlingar av brunröda korrosionsprodukter.



Figur 16. Värmväxlare i syrafast stål SIS 2343. Rörrens frontytter är belagda med stoft. Ingen korrosion.



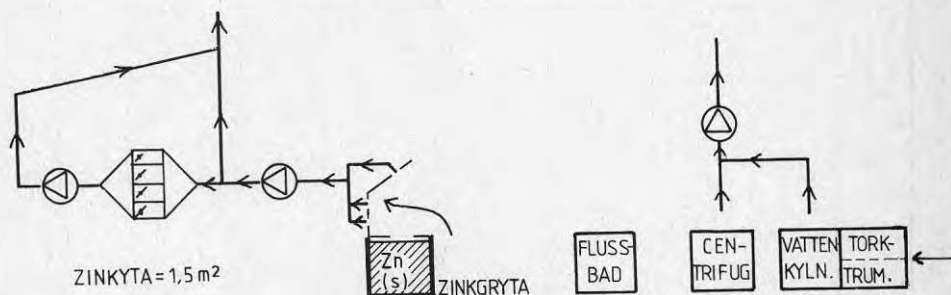
Figur 17. Värmeväxlare i aluminium. Korrosionen har gett en sträv kristallin och gråvit yta. Den kan ej poleras till blankhet.



Figur 18. Värmeväxlare i rostfritt stål SIS 2333. Ingen korrosion.

## 3.2.4 Varmförzinkning

Vid Gunnebo Bruk varmförzinkas i huvudsak färdigbetad räfflad trådspik, men även en del klippspik, i en zinkgryta, vilken är försedd med avsuigningshuv/ramp. Betningen av godset utförs i en annan lokal. Följande operationer ingår i behandlingen av spiken: flussning i salmiaklösning, doppning i zinkgrytan, centrifugering, kylning av godset med vatten, torkning i gasoleldad torktrumma, se figur 19.



Figur 19. Provuutrustningens inkoppling vid Gunnebo Bruk.

Under provtiden genomfördes ingen kylning av värmeväxlarytorna. Orsaken till detta är att kondensering i frånluften i praktiken ej sker i denna anläggning, eftersom luften är mycket torr.

Operation	Bad	Halt	Temp	Yta
Flussning	Salmiaklösning			
Varmdoppning	Zinksmälta	Ren zink	560 °C	1,5 m <sup>2</sup>
Centrifug				
Vattenkylning				
Torktrumma				

Avsugat flöde, zinkgryta: 25 500 m<sup>3</sup>/h

Temperatur: 32 °C

Produktion: 2-skift, 16 h/dag

Fläktdrift: dygnet runt

Prov, start: 78-08-10

stopp: 79-08-10.

Resultatet efter 1 års drift sammanfattas nedan.

Koppar/koppar:  
Lamellrör.

Värmeväxlaren är kraftigt igensatt av stoft. Den bakre rörraden är fortfarande metalliskt blank med lameller skiftande svagt i grönt. Grönfärgningen ökas successivt mot fronten av värmeväxlaren. Endast lamellerna verkar angripna (figur 20).

Syrafast stål:

Slätrör.

Kraftiga ansamlingar av stoft, speciellt på rörens front- och läytor. Rören är dock helt oangripna och kan lätt torkas blanka (figur 21).

Aluminium:

Plattor.

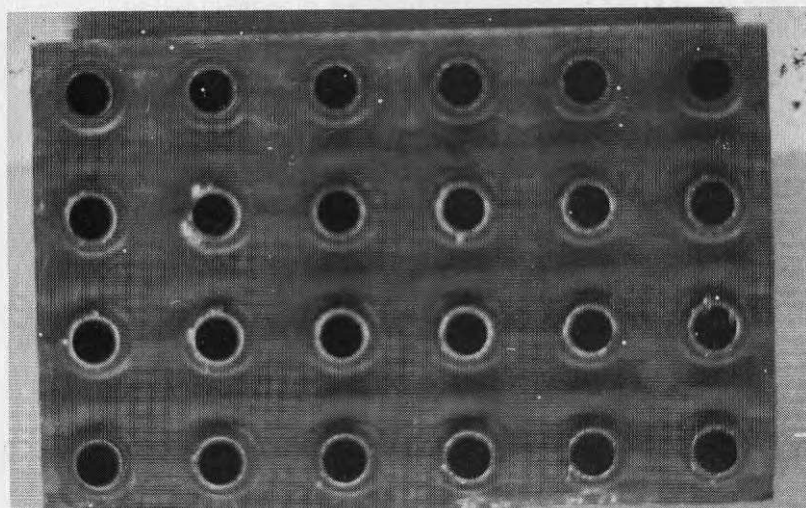
Endast mindre problem med ansamling av stoft. Ingen korrosion (figur 22).

Rostfritt stål:

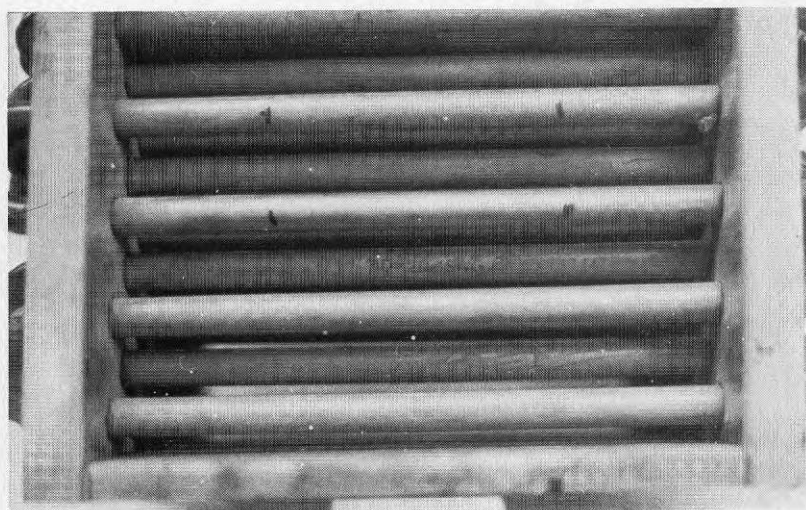
Plattor.

Samma resultat som för plattor i aluminium (figur 23).



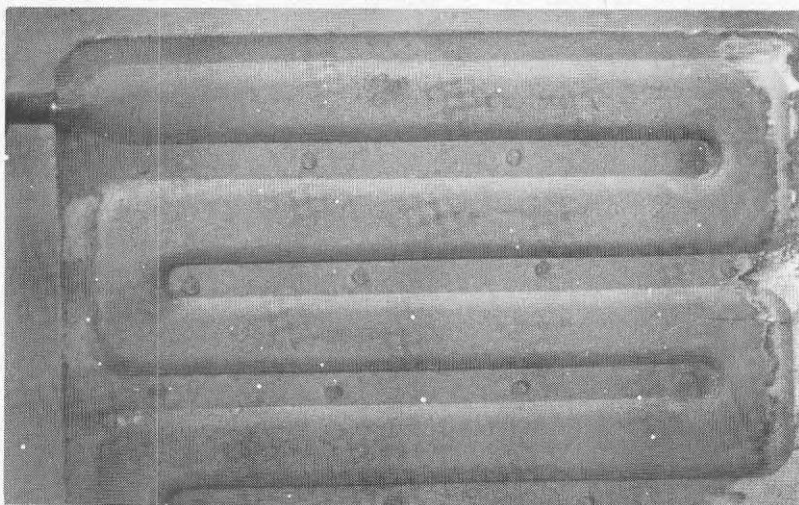


Figur 20. Lamellrörvärmeväxlare i koppar/koppar. Endast lätt grönfärgning av lamellernas frontytter. Problem med ansamling av stoft.

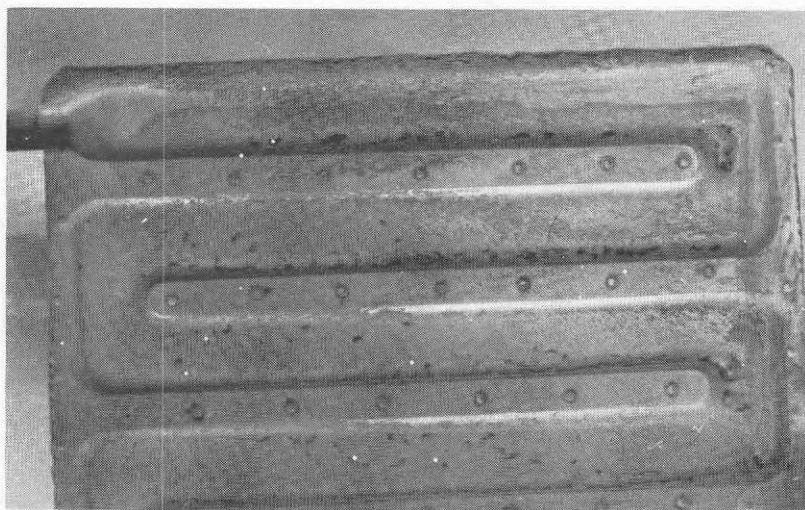


Figur 21. Värmeväxlare i syrafast stål SIS 2343. Ingen korrosion. Problem med ansamling av stoft.





Figur 22. Värmeväxlare i aluminium. Ingen korrosion. Mindre problem med ansamling av stoft.



Figur 23. Värmeväxlare i rostfritt stål. Ingen korrosion. Mindre problem med ansamling av stoft.

## 3.2.5 Elförzinkning

Vid Asea Arboga elförzinkas kolstålsdetaljer i en ytbehandlingsautomat med följande funktioner:

Operation	Bad	Halt	Ant	Temp	Badyta
Alkalisk avfettning	Lut	1,0 M	1	60°C	1,3 m <sup>2</sup>
Betning	Saltsyra	500 ml/l (32 % HCl)	1	20°C	1,0 m <sup>2</sup>
El-avfettning	Lut	2,0 M	1	40°C	1,3 m <sup>2</sup>
Dekapering *)	Svavelsyra	50 ml/l	1		
El-förzinkning	NaCN	22 g/l	3	20°C	2,6 m <sup>2</sup>
	ZnOH	13 g/l			
	NaOH	90 g/l			
		pH 12			
Doppning i salpetersyra *)	HNO <sub>3</sub>	10 ml/l	1		

Avsuget flöde: 12 000 m<sup>3</sup>/h

Temperatur: 21 °C

Produktion: 1-skift, 8 h/dag

Fläktdrift: helfart 11 h/dygn, halvfart 13 h/dygn + helger

Prov, start: 78-06-07 (metallvärmeväxlare)

78-11-10 (PVC-värmeväxlare)

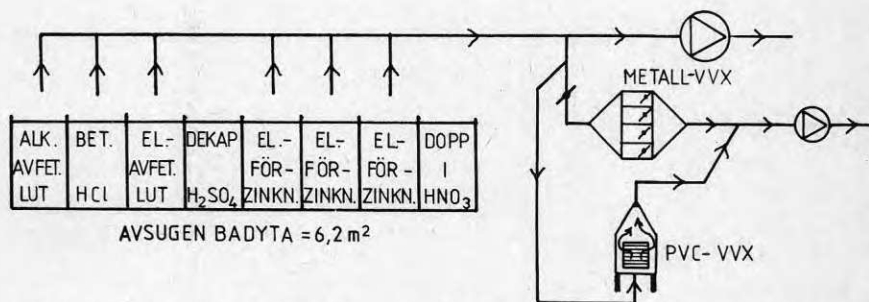
stopp: 79-08-28 (metallvärmeväxlare)

79-11-10 (PVC-värmeväxlare)

kylning: 79-06-27--79-08-27

\*) = inget avsug.

Produktionsanläggningens uppbyggnad och provutrustningens inkoppling framgår av figur 24.



Figur 24. Provutrustningens inkoppling vid Asea Arboga.

Resultatet efter omkring 1 års drift sammanfattas nedan.

**Koppar/koppar:**

**Lamellrör.**

Värmeväxlaren byttes ut efter ca 2 månaders drift. Frontytans lameller och rör var då helt grönfärgade av kopparsalter (korrosionsprodukter). Korrosionen avtar väsentligt mot de bakre rörraderna, där rören endast har antagit en brunaktig färg. Vid isärtagning av värmeväxlaren kunde man konstatera att korrosionen har brett ut sig i stråk mellan rören. Läzonerna bakom rören är ej grönfärgade. En mycket viktig slutsats av denna iakttagelse är att huvuddelen av de korrosiva ämnena transporteras till värmeväxlarytorna i form av aerosoler av badvätska (figur 25).

**Koppar/aluminium + epoxi:**

**Lamellrör.**

Värmeväxlaren är efter ca 10 månaders drift helt oan-gripen av korrosion och epoxiskiktet är helt intakt. Ytorna är belagda med en vit stoftavlagring härrörande från aerosoler i frånluften. Följaktligen är värmeväxlarens front mer belagd med salt än ytorna inne i värmeväxlaren. Denna värmeväxlare ersatte koppar/kopparvärmeväxlaren efter två månaders drift (figur 26).

**Syrafast stål:**

**Slättrör.**

Ytan har antagit en flammig brunaktig och vit färg. De bruna fläckarna härrör från kristallina korrosionsprodukter, medan de vita är saltavlagringar, härrörande från aerosoler i frånluften. Korrosionen har i huvudsak endast lett till en viss missfärgning av stål-ytan, medan avfrättningsdjupet får anses vara försumbart (figur 27).

**Aluminium:**

**Plattor.**

Ytan är täckt av vassa grå kristaller som lätt kan borstas bort. Mellan kristallerna är ytan metalliskt blank. Mätningar visar att korrosionsprodukternas tjocklek är ca 200  $\mu\text{m}$  och att de täcker ca 70 % av ytan. Med en kvalitativ analys av avlagringen hittades varken sulfat, klorid eller cyanid. Avlagringen på-verkar värmegenomgångskoefficienten endast obetydligt (figur 28).

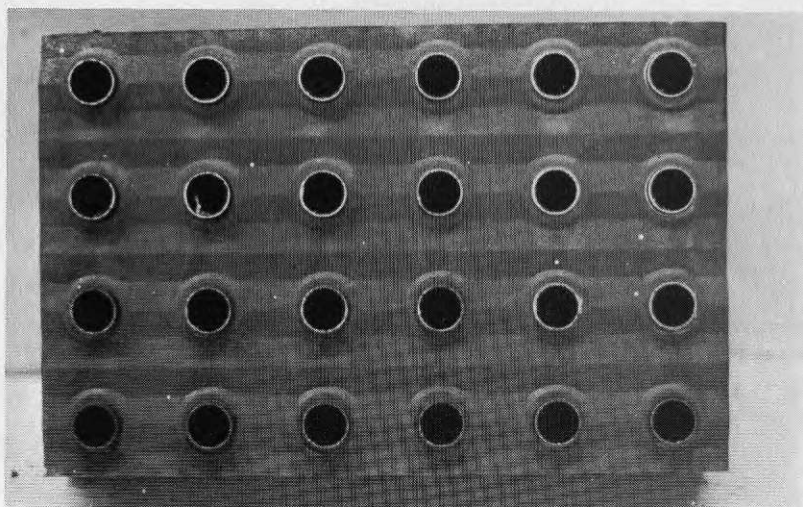
**Rostfritt stål:**

**Plattor.**

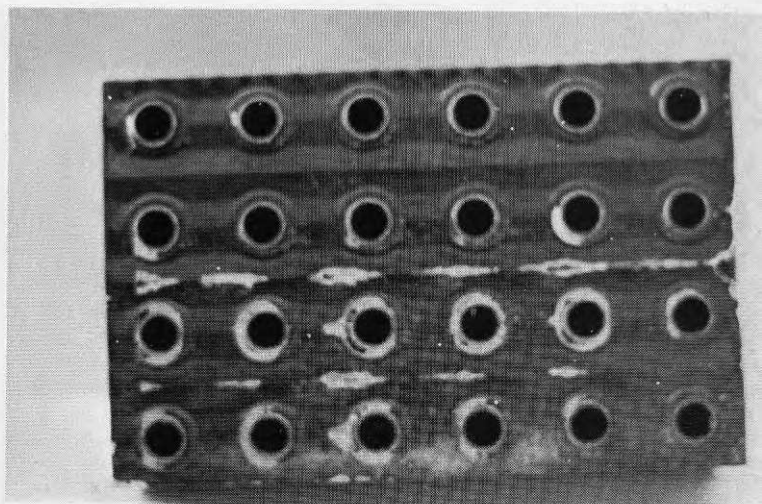
Jämfört med det syrafasta materialet har korrosionen i detta fall gett en mörkare och mer utbredd brunfärgning av ytan. Ytan är till ca 5-10 % täckt med järnoxider. Frättningsdjupet uppmättes efter betning till 40-50  $\mu\text{m}$ , med enstaka frätgropar på 70  $\mu\text{m}$ . Med kvalitativ analys spårades klorider bland korrosionsprodukterna på ställytan (figur 29).

**PVC-värmeväxlare:**

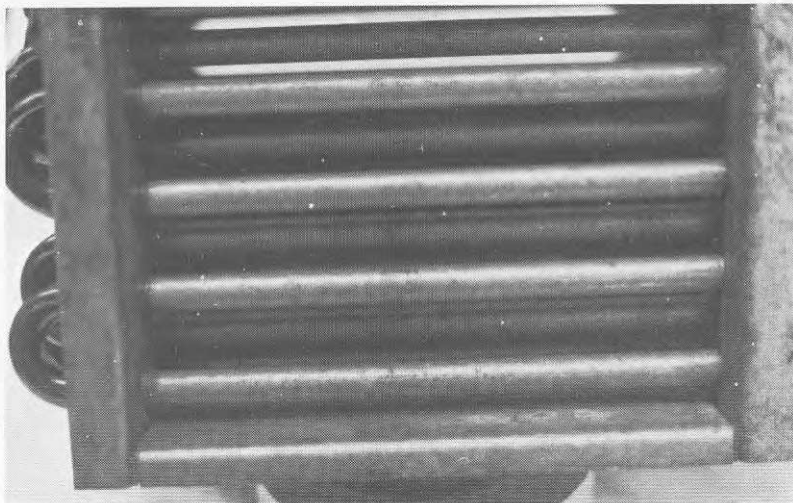
Värmeväxlaren uppvisar inga skador på grund av frånluftsmiljön.



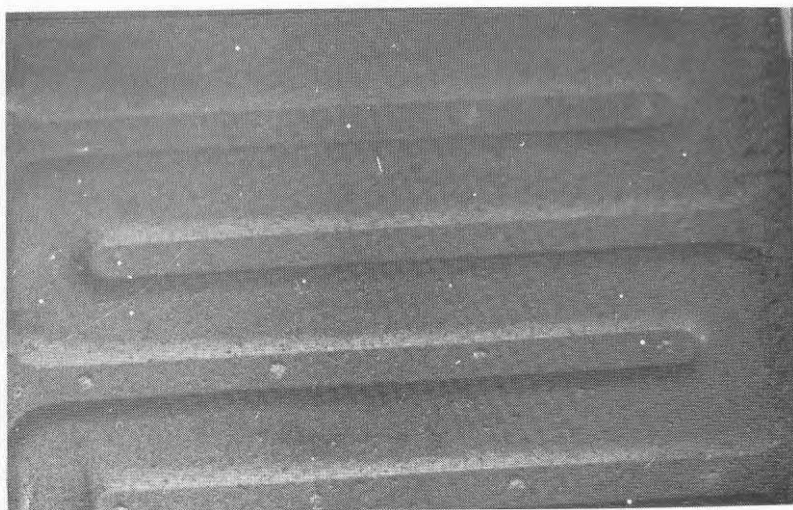
Figur 25. Lamellrörsvärmeväxlare i koppar/koppar. Kraftig grönfärgning på värmeväxlarens främre ytor.



Figur 26. Lamellrörsvärmeväxlare i koppar/aluminium med epoxy som organiskt ytskydd. Ingen korrosion.

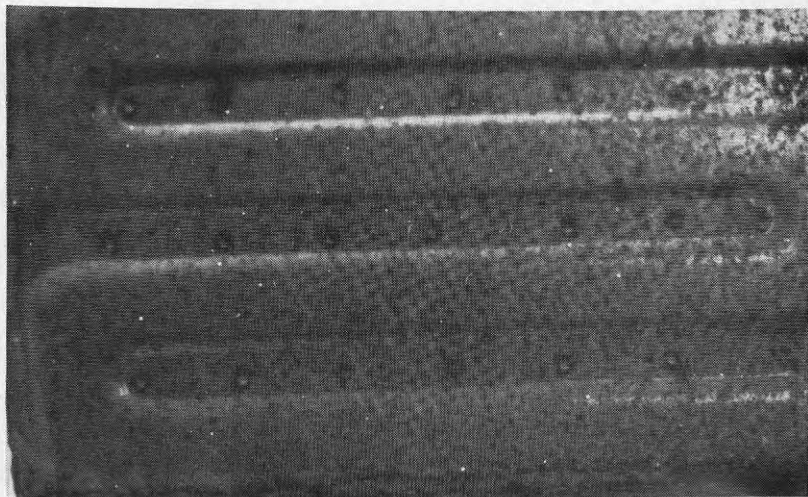


Figur 27. Värmeväxlare i syrafast stål SIS 2343. Korrosionen har gett en missfärgning av värmeväxlarytan, men avfrättningsdjupet är försumbart.



Figur 28. Värmeväxlare i aluminium. Korrosionen har gett en grovkristallin yta.



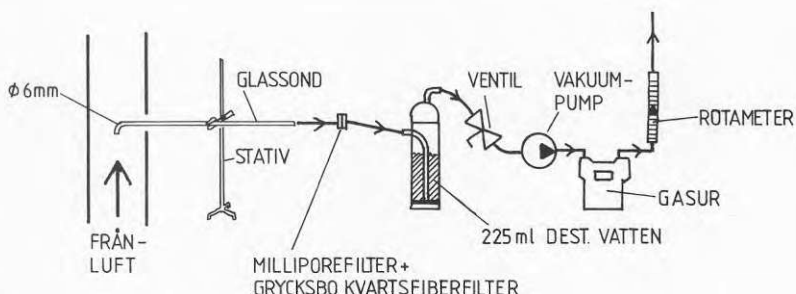


Figur 29. Värmeväxlare i rostfritt stål SIS 2333.  
Korrosionen har gett missfärgade värmeväxlar-  
ytor och enstaka frätgropar med ett djup av  
70 $\mu$ m.



### 3.3 Miljöanalyser

Vid vardera provplatsen bestämdes halten av korrosiva ämnen i frånluften före provvärmväxlarna. Eftersom det förmodades att en väsentlig del av de korrosiva ämnena förekommer i aerosolform utformades provtagningsutrustningen med ett djupfiltrerande filter för avskiljning av aerosoler före tvättflaskan där de gasformiga ämnena absorberas. Figur 30 visar principen för provtagningen.



Figur 30. Provtagningsutrustning för bestämning av halten av korrosiva ämnen.

Den avsugna provluftsmängden var ca  $3-4 \text{ m}^3$  och provtiden 3-5 timmar. Provlufften togs ut med en gassond,  $\varnothing 6 \text{ mm}$ , i frånluftens strömningsriktning. Uttaget skedde överisokinetiskt vid ca  $7 \text{ m/s}$ , medan den verkliga kanalhastigheten var ca  $4,5 \text{ m/s}$ . I provtagningsutrustningen filtrerades provluftens genom två aerosolfilter,  $\varnothing 37 \text{ mm}$ , placerade i samma filterhållare. Det första filtret var ett djupverkande Grycksbo kvartsfiberfilter och bakom detta placerades ett ytfilter typ Millipore. Gasformiga ämnen som passerade igenom aerosolfiltren tvättades ut i  $225 \text{ ml}$  destillerat vatten i en  $500 \text{ ml}$ 's tvättflaska. I provutrustningen ingick dessutom vakuumpump, strypventil, gasur och flödesmätare.

Efter varje prov lades aerosolfiltren i en provflaska med ca  $200 \text{ ml}$  destillerat vatten för utlakning av de uppsamlade salterna. Till detta sammanfördes också vatten från sköljningen av sond och slang. Vattnet från tvättflaskan hälldes i en separat provflaska, som också tillfördes vatten från sköljningen av tvättflaskan. På detta sätt blev det alltså möjligt att separat analysera frånluftens innehåll av aerosolformiga och gasformiga föroreningar.

Förutom aciditet, anjoner och katjoner analyserades dessutom frånluftens innehåll av vätmiddel i aerosolform. Orsaken till detta är att vätmiddel påverkar vissa plastmaterials åldersbeständighet negativt. Halten av vätmiddel uppskattades ur mätdata på aerosolprovets ytspänning. Samtliga prov hade enligt denna bestämning halter mindre än  $10 \text{ ppm}$ , d.v.s. omräknat till halt i luften, mindre än  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Analysresultaten finns sammanställda i tabell 5. De halter som redovisas är anmärkningsvärt låga. Endast i ett par miljöer överskrider vissa av halterna 1 mg/m<sup>3</sup>. Den svåra korrosionen vid Bulten Kanthal kan förklaras av den höga halten av gasformig saltsyra (redovisad som klorid).

Tabell 5. Miljöanalyser i samband med fältprov med värmeväxlarelement.

Aciditet/föroreningshalt	Betning	Fosfatering	Elförnickling	Varmförzinkning	Elförzinkning
<u>Aciditet</u>					
Gasfas (mekv/m <sup>3</sup> )	0,050	0,003	0,032	0,037	0,010
Aerosol (mekv/m <sup>3</sup> )	0,004	0,003	0,05	0,22	0,007
Totalt (mekv/m <sup>3</sup> )	0,054	0,006	0,082	0,257	0,017
<u>Klorid</u>					
Gasfas (µg/m <sup>3</sup> )	2650			66	83
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )	455			16 300	80
Totalt (µg/m <sup>3</sup> )	3105			16 360	163
<u>Sulfat</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )	63	88	<18		<13
<u>Cyanid</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )			0,8		0,7
Gasfas (µg/m <sup>3</sup> )			0,5		0,4
Totalt (µg/m <sup>3</sup> )			1,3		1,1
<u>Fosfat</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )		445			
<u>Järn (tot.)</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )	<8	<6	8	100	9
<u>Zink</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )		13		17 150	10
<u>Nickel</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )		<3	1		
<u>Koppar</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )			1		
<u>Krom</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )		<3	1		
<u>Ammonium</u>					
Aerosol (µg/m <sup>3</sup> )				5 800	

## 4 LÅNGTIDSPROV MED VÄRMEVÄXLARE

## 4.1 Bakgrund och målsättning

De i föregående kapitel redovisade fältproven tyder på att flera av de i undersökningen ingående värmeväxlar-elementen klarar miljöförhållandena vid fosfatering, förnickling och varmförzinkning. Vid den industri där värmeväxlarelementen provats i frånluften från en betningsprocess är miljöförhållandena å andra sidan så svåra att det är tveksamt om värme kan återvinnas till en rimlig kostnad. Korrosionsproblemen vid elförzinkning är av fältproven att döma relativt besvärliga, men sannolikt lösbara. Fortsatta prov vid en industri där elförzinkning utförs har därför bedömts önskvärda.

Målsättningen med de fortsatta proven under den tredje och avslutande fasen av undersökningen har varit att vinna erfarenhet av ett fullstort värmeåtervinningssystem i en miljö där värmeväxlare av standardutförande skulle korrodera, men där det finns förutsättningar att ge dessa värmeväxlare ett erforderligt korrosionsskydd till en rimlig kostnad. Som ovan framhållits kan en provinstallation av ett värmeåtervinningssystem lämpligen utföras vid en anläggning för elförzinkning. Aseas anläggning i Arboga, där fältprov med värmeväxlarelement tidigare utförts, har valts som provplats.

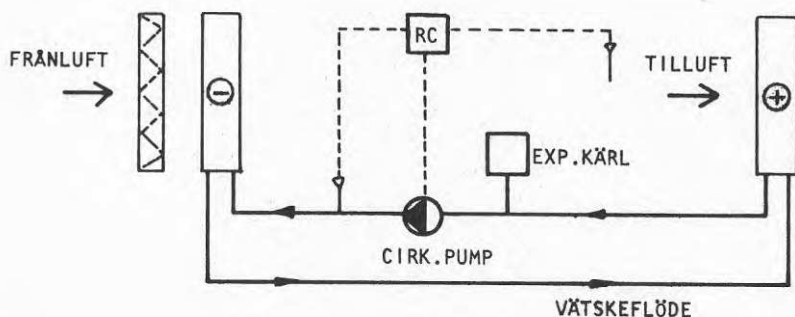
## 4.2 Anläggningsbeskrivning

Provanläggningen utgörs av ett vätskekopplat värmeåtervinningssystem enligt principalschemat i figur 31. (Att ett vätskekopplat system har valts sammanhänger bl a med det relativt stora avståndet, d v s ca 10 m, mellan tillufts- och frånluftskanalerna.) Både i tilluften och frånluften används värmeväxlare i form av lamellrörbatterier. Det cirkulerande vätskeflödet - en vattenglykolblandning - överför värme från provbatteriet i frånluften till ett förvärmningsbatteri i tilluften till ytbehandlingslokalen. I vätskesystemet finns en cirkulationspump som styrs on/off av termostater i vätskan och i uteluften. Vätsketermostaten bryter strömmen till pumpen då temperaturen understiger  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  för att förhindra påfrostning och igen-sättning av frånluftsbatteriet. Detta inträffar vid ca  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Uteluftstermostaten stoppar pumpen då temperaturen överstiger  $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$  för att förhindra att tilluft av allt för hög temperatur tillförs ytbehandlingslokalen.

Som ett resultat av erfarenheterna av proven med värmeväxlarelement har ett förfilter installerats före frånluftsbatteriet. Detta sammanhänger med att ett klart samband mellan korrosionsangrepp och aerosolavsättning konstaterats. Filtret är av klass G 85.

Eftersom det frånluftsflöde som passerar värmeåtervinningssystemet är betydligt lägre än tilluftsflödet

blir systemets temperaturverkningsgrad (som definieras på tilluftssidan) jämförelsevis låg. Med hänsyn till att i stort sett normala temperaturnivåer för sådana värmeåtervinningssystem upprätthålls kan det installerade systemet ändå anses ge representativt resultat ur korrosionssynpunkt.



Figur 31. Principschema för värmeåtervinningssystemet vid Asea i Arboga.

Figur 32 och 33 visar skisser av provanläggningen. Det frånluftsflöde som skall passera genom provanläggningen tas från ett nyupptaget hål i skorstenen. Efter passage genom filter och provbatteri återförs luften till en högre belägen håltagning i skorstenen. Mellan uttags- och återföringsstället i skorstenen har denna bottnats för att tvinga luften att strömma genom provanläggningen. De i provanläggningen ingående kanalerna har tillverkats av galvaniserad och epoxiskyddad tunnplåt.

Av figur 34 framgår hur provanläggningen har anslutits till den ena skorstenen i en grupp av totalt tre. De båda andra skorstenarna är anslutna till frånluftskanaler från intilliggande ytbehandlingsprocesser. (Vätskesystemet med anslutningar till provbatteriet finns på anläggningens andra sida och syns ej på bilden.) Figur 35 visar rördragningen mellan provbatteriet och tilluftsaggregatets förvärmningsbatteri. Aggregatet förser ytbehandlingslokalen med ett tilluftsflöde av ca  $11 \text{ m}^3/\text{s}$ . Redan vid installationen av tilluftsaggregatet fanns utrymme reserverat för en framtida inmontering av ett förvärmnings- eller återvinningsbatteri.

Med hänsyn till resultaten vid fältproven med värmväxlarelement framkom önskemål att prova lamellrörsbatterier som ytskyddats på olika sätt. Frånlufts-batteriet har därför uppdelats på tre sektioner med olika ytbehandling. Data för frånlufts-batteriet och för förvärmningsbatteriet i tilluftsaggregatet framgår nedan.

Frånlufts batteri i tre sektioner med åtta rörrader.

- Sektion 1: QLRC-12-04-8-3 koppar/aluminium - epoxilackerade aluminiumlameller  
3 mm lamelldelning
- Sektion 2: QLRC-12-04-8-4 koppar/kopp med rör och lameller ytbehandlade medelst förtening  
4 mm lamelldelning
- Sektion 3: QLRC-12-4-8-4 koppar/aluminium - epoxidoppat standardbatteri  
4 mm lamelldelning

Förvärmningsbatteri med fyra rörrader.

- VKBN-06-8-4-4 koppar/aluminium  
4 mm lamelldelning

Dimensionerande tekniska data för det vätskekopplade värmeåtervinningssystemet framgår av nedanstående sammanställning:

<u>Tilluft</u>	Utetemperatur:	0 °C	-20 °C
flöde	m <sup>3</sup> /s	11,1	11,1
temperatur före vvx	°C	0	-20
fuktighet	%	80	80
temperatur efter vvx	°C	3,9	-13,8
temperaturhöjning	°C	3,9	6,2

<u>Frånluft</u>			
flöde	m <sup>3</sup> /s	3,33	3,33
temperatur före vvx	°C	21	21
fuktighet	%	46	46
temperatur efter vvx	°C	9,9	5,2
temperatursänkning	°C	11,1	15,8

<u>Vätskesystem</u>			
flöde	l/s	1,86	1,94
glykolhalt	vikt%	30	30
temperatur	°C	5,7/12,1	-2,2/9,0
tryckfall	kPa	84,6	95,9

<u>Verkningsgrad</u>	%	18,5	19,8
----------------------	---	------	------

<u>Överförd värmeeffekt</u>	kW	52	82
-----------------------------	----	----	----

Ytbehandlingsanläggningen vid Asea i Arboga har med avseende på badytor och badinnehåll närmare beskrivits i föregående kapitel. Kantavsug finns vid sex stycken bad. Kanaler, fläktar och skorsten är alla utförda i plast.



Följande bad med avsug finns i elförzinkningsautomaten:

- 1 st alkaliskt avfettningsbad med 0,1 M NaOH
- 1 st betbad med 16 % HCl
- 1 st elektrolytiskt avfettningsbad med 2,0 M NaOH
- 3 st elförzinkningsbad med NaCN,  $Zn(CN)_2$  och NaOH, pH=12

#### 4.3 Provprogram

Provdriften startades i november 1980 och har därefter pågått i ett år. Inspektioner har utförts med ca 2 månaders mellanrum för att studera anläggningens drift samt för att följa utvecklingen av korrosionsangrepp och stoftbeläggning. Vid ett tillfälle (augusti 1981) uppmättes frånluftens temperatur och flöde samt halten av klorid, sulfat, järn och zink.

Frånluftsflödet bestämdes med hjälp av pitotrör och frånluftstemperaturen med termoelement av typ järn-konstantan. Provtagningen för bestämning av halterna av korrosiva ämnen skedde genom filtrering med teflonfilter och absorption i tvättflaska med destillerat vatten. Det uppmätta frånluftsflödet uppgick till  $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$  och den uppmätta frånluftstemperaturen till  $23,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . De uppmätta halterna av korrosiva ämnen framgår av tabell 6.

#### 4.4 Resultat

Ännu efter ett års drift är endast den förtenta koppar-/koppar-sektionen av frånluftsbatteriet angripen och något grönfärgad av korrosion. Korrosionen kan endast iakttas på batteriets frontsida, vilken dock är svår att inspektera på grund av stoftbeläggning och begränsad åtkomlighet. Med hänsyn till de gjorda observationerna bedöms korrosionen som måttlig, men för att en slutlig bedömning skall kunna ske måste dock batteriet nedmonteras och tas isär. Detta beräknas kunna ske under våren 1982.

De båda epoxibehandlade sektionerna i frånluftsbatteriet är till synes ej alls angripna av korrosion. Även i detta fall försvåras dock bedömningen på grund av stoftbeläggningen och det begränsade utrymmet.

Som ovan framhållits har provbatteriets frontyta, trots förfiltret, belagts med ett grått stoftskikt. Sektionerna med 4 mm lamelldelning är endast gråfärgade, medan sektionen med 3 mm lamelldelning visar tendenser till igensättning motsvarande ca 10-15 % av frontarean. En slutsats av dessa resultat är att ett filter av högre klass borde ha valts och att renspolning av frånluftsbatteriet kan bli aktuell ca en gång per år. Lämpligen bör ej heller mindre lamelldelning än 4 mm väljas.

Såväl proven med värmeväxlarelement som proven med lamellrörsbatterier har visat att hänsyn måste tas, förutom till frånluftens innehåll av vissa korrosiva gaser, också till dess innehåll av aerosoler. De senare kan ge problem med igensättning men även orsaka korro-

sion när de avsätter sig på värmeväxlarytorna.

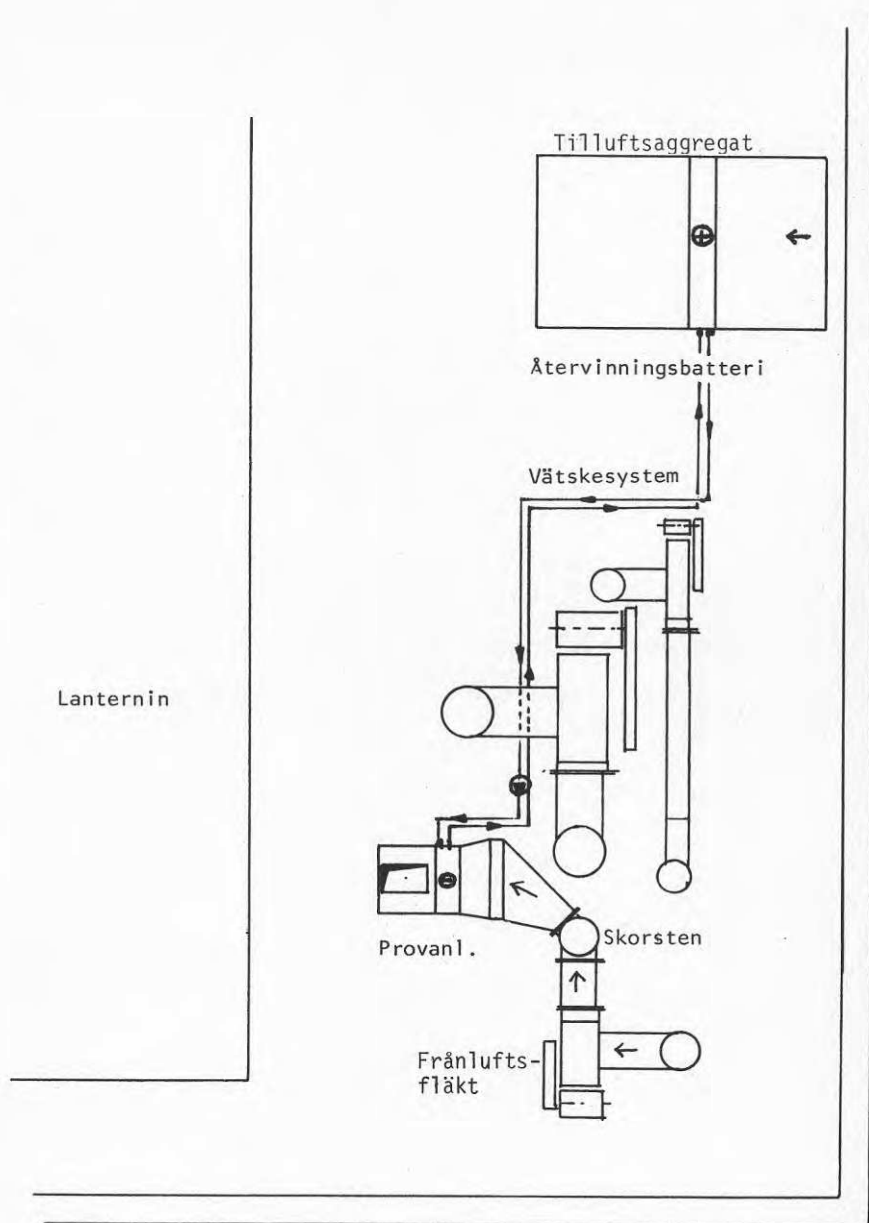
Under fältproven med värmeväxlarelement upptäcktes att värmeväxlarnas läytor, och ytor längre bak i värmeväxlarna, endast var svagt eller ej alls korroderade, medan frontytorna och andra ytor med mer omfattande aerosolavsättning var starkt korroderade. Ett klart samband mellan aerosolavsättning och korrosion föreligger således. Med ett förfilter minskas risken för både korrosion och igensättning.

De genomförda långtidsproven har visat att lamellrörsbatterier av standardutförande med förstärkt korrosionsskydd kan användas i frånluften från en elförzinkningsanläggning. Proven har dock hittills endast pågått i ett år och lamellrörsbatteriernas livslängd är svår att förutse. Mycket tyder emellertid på att livslängden är tillräckligt lång för att sådana värmeväxlare skall ge en jämförelsevis god lönsamhet, t ex jämfört med de betydligt dyrare värmeväxlarna i plast och glas. Vidare är sannolikt erfarenheterna från långtidsproven vid anläggningen för elförzinkning direkt överförbara på flera andra ytbehandlingsmiljöer. Indikationer i denna riktning framkom ju redan vid fältproven med värmeväxlarelement.

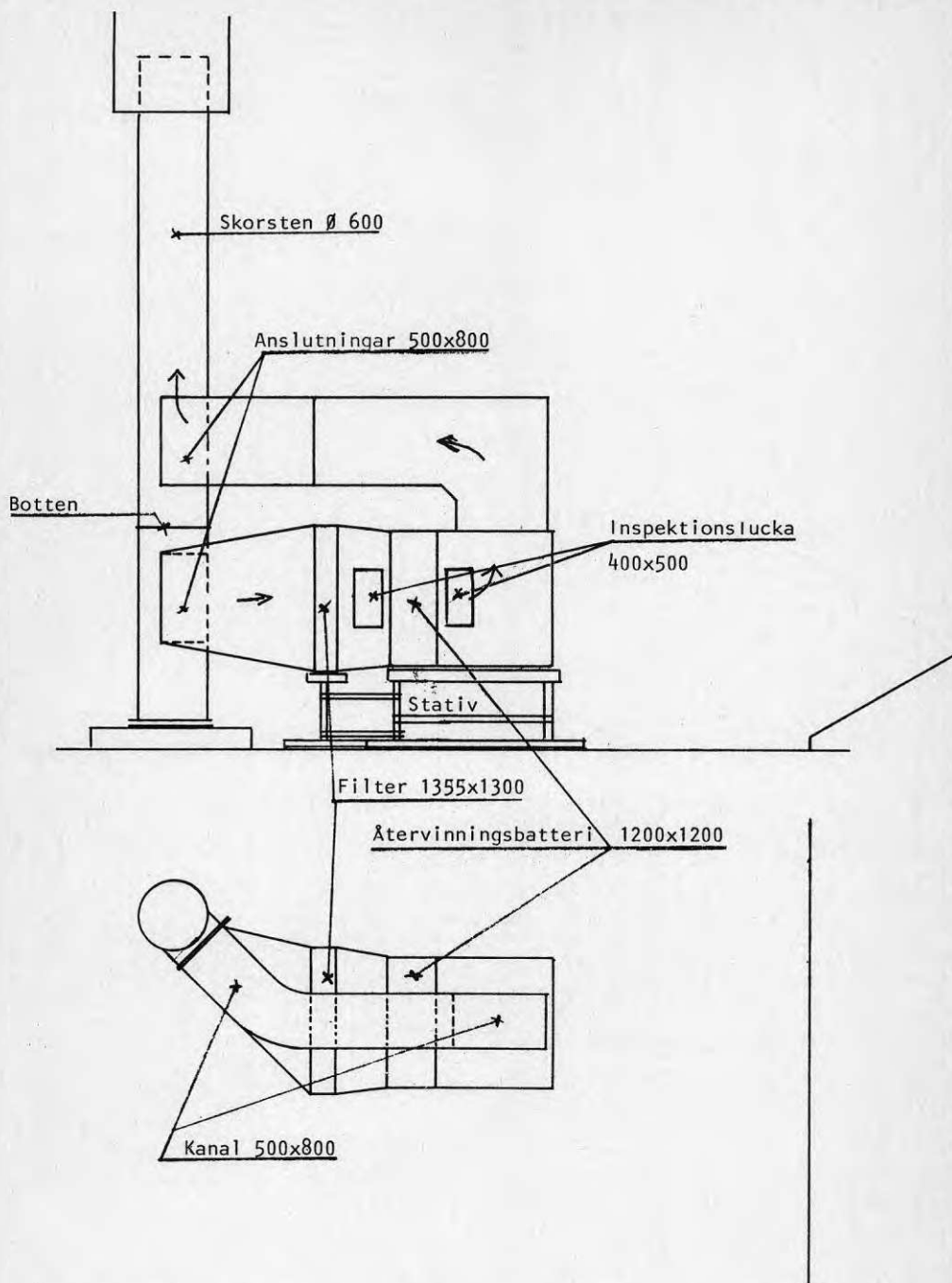
Tabell 6. Uppmätta föroreningshalter i samband med långtidsprov med värmeväxlare.

Föroreningshalt	Före förfilter			Efter förfilter		
	Aerosol	Gas	Totalt	Aerosol	Gas	Totalt
Klorid (mg/m <sup>3</sup> )	0,3	0,2	0,5	0,2	0,1	0,3
Sulfat (mg/m <sup>3</sup> )	0,04	0,04	0,08	0,04	0,04	0,08
Järn (mg/m <sup>3</sup> )	0,01	0,03*	0,04	0,003	0,006*	0,009
Zink (mg/m <sup>3</sup> )	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,0003	<0,003	<0,003

\* Aerosoler kan ha penetrerat provtagningsfiltret och sedan avskiljts i tvättflaskan.

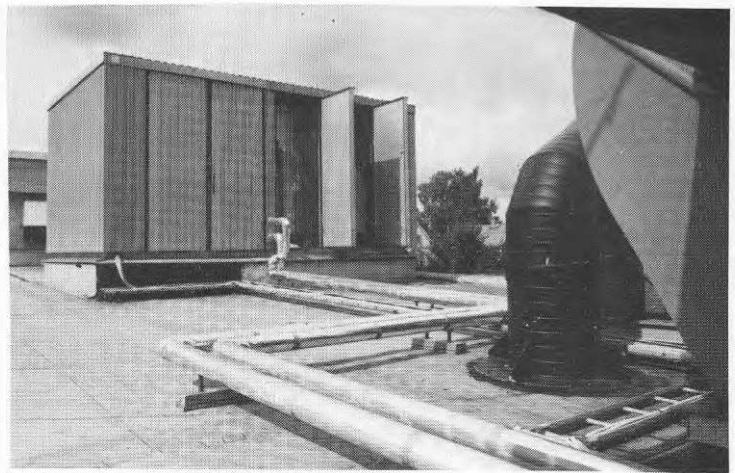
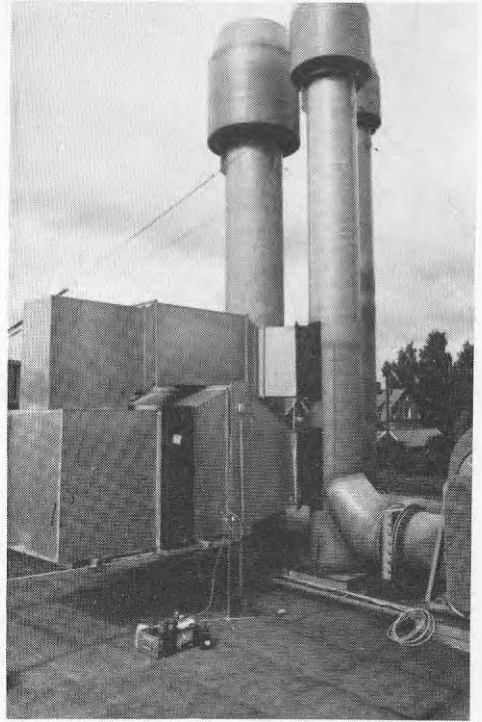


Figur 32. Provanläggning vid Asea i Arboga.



Figur 33. Provanläggningens anslutning till frånluftssystemet vid Asea i Arboga.

Figur 34.  
 Bilden visar hur prov-  
 anläggningen anslutits  
 till den ena av tre  
 skorstenar. Den befint-  
 liga frånluftsfläkten  
 trycker luften till  
 skorstenen via prov-  
 anläggningens filter  
 och lamellrörsbatteri.



Figur 35. Bilden visar rördragningen från frånluftsbat-  
 teriet till det intilliggande tilluftsaggre-  
 gatet där anslutning sker till ett inmonterat  
 förvärmningsbatteri. (Frånluftsflöde: ca 3,1  
 $\text{m}^3/\text{s}$ , tilluftsflöde: ca 11  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

De genomförda fältproven i olika frånluftsmiljöer inom ytbehandlingsindustrin har visat att materialvalet är mycket viktigt om man med värmeväxlare skall kunna återvinna värme med god lönsamhet. I vissa miljöer är korrosionsproblemen inte svårare än att oskyddade metallvärmeväxlare går att använda, medan det i de svåraste miljöerna inte finns några metallmaterial som kan rekommenderas. Av fältproven att döma kan dock värmeväxlare av standardutförande användas inom många ytbehandlingsindustrier om metallytorna skyddas med ett organiskt ytskikt.

Långtidsproven med värmeväxlare vid en industri där elförzinkning utförs har visat att lamellrörsvärmeväxlare i koppar/aluminium av standardutförande kan klara relativt svåra korrosiva miljöer om de förses med ett ytskydd av epoxi. Värmeväxlare av nämnda utförande torde ställa sig jämförelsevis lönsamma i många tillämpningar där man har korrosiv ventilationsluft. En viktig iakttagelse under fältproven är vidare att filtrering av frånluften ofta är önskvärd för att förhindra stoftavlagringar på värmeväxlarytorna. Ett klart samband mellan stoftavlagring och korrosion har nämligen konstaterats under fältproven.

Den beräknade möjliga energibesparingen uppgår till ca 100 GWh/år vid de företag som undersökningen omfattar, förutsatt att allt det värme som återvinns ur frånluften kan användas för att värma tilluft till lokalerna och att värmeåtervinningssystemens temperaturverkningsgrad är 60 %. Med hänsyn till den totalt behandlade godsmängden kan besparingspotentialen genom återvinning av värme ur korrosiv ventilationsluft antas uppgå till uppskattningsvis 500 GWh/år inom ytbehandlingsindustrin i Sverige.



## BILAGA 1: Kort presentation av de i undersökningen ingående företagen

### ABU i Svängsta

Vid ABU tillverkas detaljer till fiskeredskap, och tillverkningen sker till stor del i aluminium. Man har två separata ytbehandlingsavdelningar: en anodiseringsavdelning och en avdelning med blandade ytbehandlingsoperationer. I anodiseringsavdelningen har man följande ytbehandlingsoperationer: betning i lut och syror, anodisering i svavelsyra, avfettning i tri och avnickling. I den blandade ytbehandlingsavdelningen finns en mängd olika ytbehandlingsoperationer vilka förändras eller bytes kontinuerligt. Avsug är anordnat från två automater för förnickling/förkromning, från en apparat för avfettning, inplastning och torkning samt från manuellt betjänade bad.

### Alvenius Industrier i Eskilstuna

Vid Alvenius Industrier tillverkas spiralsvetsade stålrör, bl a för fjärrvärmesystem. Endast en del av rören går till ytbehandlingsavdelningen för varmförzinkning. I en och samma lokal sker betning i HCl, flussning med salmiak och varmförzinkning i zinksmälta. Flussningen åstadkommes med hjälp av salmiak som flyter på zinken. Saltsyrabaden har kantavsug medan zinkgrytan har avsug med axialfläktar i taket.

### Arboga Hårdkrom i Arboga

Arboga Hårdkrom har sin verksamhet förlagd till dels en äldre och dels en nyare del av sin fastighet. Hela verksamheten är baserad på legouppdrag, och hårdförkromning är för närvarande den enda ytbehandlingsoperationen. Vanliga föremål som hårdförkromas är kolvringar, bromsband, kolvstänger och spindelbultar. I fabriksbyggnadens nya del har man under hösten 1977 installerat en ny stor hårdförkromningsautomat som har plastvärmväxlare för värmeåtervinning ur frånluften.

### Asea i Arboga

Vid Aseas anläggning i Arboga tillverkas bl a högspännings-skåp och högspänningsställverk. I en ny ytbehandlingsavdelning har man följande ytbehandlingsoperationer: elektrolytisk försilvring och elektrolytisk förzinkning samt manganfوسفatering. Utsugningssystemen med fläktar är helt utförda i plast.

### Asea i Västerås

Asea i Västerås har två avdelningar som är intressanta för projektet: ytbehandlingen i Mimer samt tillverkningen av halvledare i renrummen på Finnslätten. I ytbehandlingsavdelningen förekommer en mängd elektrolytiska metallbeläggningsoperationer (Ag, Cr, Zn, Ni, Cu) samt betning i salpetersyra och vätefluorid. Frånluften från renrummen innehåller syror som HF, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> och ättiksyra.

### ASSA Stenman i Eskilstuna

ASSA Stenman i Eskilstuna tillverkar framförallt låsdelar, gångjärn och skruv, och de material man arbetar med är: järn, mässing, aluminium och zink. I ytbehandlingsavdelningen finns en mängd olika elektrolytiska metallbeläggningsautomater (Ni, Zn, mässing, Cu, Cr), men utsugning sker även från triavfettare och blästringmaskiner. Förutom denna ytbehandlingsavdelning har man en speciell lokal för betning.

### Avesta Jernverk i Avesta

Vid Avesta Jernverk tillverkas rostfri plåt. Betlinjer finns i två avdelningar, en äldre och en nyare. Betningen av den rostfria plåten ger upphov till nitrösa gaser, vilka avskiljs ur frånluften med hjälp av skrubber.

### Blackstone Svenska AB i Mjällby

Blackstone tillverkar värmväxlare av olika slag, t ex personvagnskylare, lastvagnskylare och bilvärmare. Flera moment i tillverkningen ger upphov till korrosiv frånluft, bl a lödning och flussning. Man har stora ventilationsluftflöden och relativt höga frånluftstemperaturer i denna anläggning.

### Bofors Härdverkstad i Mora

Bofors Härdverkstad i Mora utför en mängd olika typer av härdningsoperationer, och man arbetar enbart med legouppdrag. Frånluften från lokalen kan i stort sett betraktas som icke korrosiv. Värmeinnehållet i frånluften är tillräckligt för att man skall klara lokaluppvärmningen med ett installerat värmeåtervinningssystem.

### Bulten Kanthal i Hallstahammar

Vid Bulten Kanthal i Hallstahammar tillverkas skruv och bult, och utgångsmaterialet är trådslingor av stål. Följande ytbehandlingsoperationer ingår i tillverkningen: betning, fosfatering, elförzinkning och varmförzinkning samt kromatering och lackering. Dessa ytbehandlingsoperationer utförs i tre separata lokaler.

### Eldon i Nässjö

Eldon i Nässjö tillverkar kapslad elektrisk installationsmateriel. I ytbehandlingsavdelningen är den främsta operationen elförzinkning, men dessutom förekommer elektrolytisk nickelbeläggning och kromatering.

### Electrolux i Motala

Vid Electrolux i Motala tillverkas olika hushållsmaskiner såsom kylskåp, spisfläktar och spisar. Ytbehandling sker i fyra olika lokaler, och behandlingsoperationerna är: betning, varmförzinkning, elektrolytisk metallbeläggning (Ni, Cr, Zn, Cu) och anodisering.

### Fintlings i Stockholm

Fintlings i Stockholm utför legouppdrag som i stort sett kan omfatta alla typer av ytbehandlingsmetoder. Ytbehandlingen sker manellt för hand i liten skala och verksamheten är uppdelad på en mängd mindre lokaler.

### Fagersta Jernverk i Fagersta

Vid Fagersta Jernverk tillverkas plåt, rör och tråd i rostfritt. Den luft som sugts ut i samband med betningen av rör och tråd renas i skrubber. Betning förekommer i tre olika lokaler.

### Facit Halda i Svängsta

Vid Facit Haldas anläggning i Svängsta tillverkas skrivmaskiner. Många av detaljerna i skrivmaskinerna är fosfaterade, och denna behandling utförs i en del av en större lokal. Frånluften från två fosfateringsautomater sugts ut med tre fläktar. Avsugningssystem och fläktar är utförda i plåt. Elektrolytisk metallbeläggning sker i en separat lokal, och de förekommande ytbehandlingsoperationerna där är förnickling, förkromning och förzinkning. Luften från sura respektive alkaliska bad sugts ut med separata frånluftsfläktar.

### Gränges Aluminium Foral i Skultuna

Vid Gränges anläggning i Skultuna sker bl a tillverkning av folier, profiler och stötfångare i aluminium. I en lokal finns tre anodiseringsautomater, vilka har avsug vid karkanterna, i hvar över karen och via ett rörligt utsug. Alla frånluftskanaler och frånluftsfläktar är helt utförda i plast.

### Gunnebo Bruk i Varberg

Gunnebo Bruk i Varberg tillverkar bl a pianotråd och tråd för ställinor. Linorna kapas på bestämda längder och förses ofta med krokarna i ändarna. Vid tillverkningen utgår man från varmvalsad tråd. Värmebehandling, betning, dragning och förzinkning (elektrolytisk och varmgalvanisk) är de olika momenten i tillverkningen. Ytbehandling sker i två lokaler: i den ena betas tråden i saltsyrabad och i den andra varm- eller elförzinkas den. Frånluften från betningen renas före utsläpp i en skrubber.

### Gunnebo Bruk i Gunnebo

Vid Gunnebo Bruk i Gunnebo tillverkas bl a spik, kätting och olika stängseltyper. Man utgår vid denna tillverkning från varmvalsad tråd. Ytbehandlingen utförs i tre lokaler, och den omfattar betning, elektrolytisk förzinkning och varmförzinkning. Frånluften från betningen renas i en skrubber.

### Husqvarna AB i Huskvarna

Husqvarna AB tillverkar bl a symaskiner, elspisar, motorcyklar, hushållsartiklar, tvätt- och diskmaskiner. Ytbehandlingen omfattar betning, elektrolytisk metallbeläggning och lackering. Korrosiv miljö förekommer även vid smältningen och gjutningen av lättmetall, aluminium och magnesium.

### Kvarnströms Fabriks AB i Stockholm

Kvarnströms Fabriks AB utför legouppdrag som omfattar praktiskt taget alla förekommande typer av elektrolytiska och kemiska ytbehandlingsmetoder. Ytbehandlingen sker manuellt.

### Telefon AB LM Ericsson i Stockholm

Vid LME i Stockholm tillverkas detaljer till telefonväxlar. I en stor ytbehandlingsavdelning är det främst relädetaljer som passerar. I ytbehandlingslokalen dominerar den elektrolytiska förzinkningen med fyra automater. Även manuellt styrda ytbehandlingsoperationer förekommer, t ex avfettning, betning, avrostning, kromatering, elpolering och elektrolytisk förnickling, förkoppling och försilvring samt kemisk tennbeläggning.

### Telefon AB LM Ericsson i Söderhamn

Vid LME i Söderhamn tillverkas bl a stämpelur, telefonväxlar (500-väljare) och likriktare. Även i denna anläggning är den elektrolytiska förzinkningen dominerande. Förzinkningen sker i en avskärmad del av en större lokal med en

stor automat. Dessutom förekommer anodisering i en lokal och betning i en annan. De elförzinkade detaljerna kromateras och lackeras som sista steg i elzinkautomaten.

#### Telefon AB LM Ericsson i Norrköping

Vid LME i Norrköping, Ingelstafabriken, är produktionen nästan helt inriktad på det nya elektroniska AXE-systemet. Ytbehandlingsavdelningen omfattar automater för kemisk kopparbeläggning, förgyllning och elektrolytisk förkoppling samt bad för etsning och triavfettning. Ytbehandlingen ingår i produktionen av mönsterkort för AXE-systemet.

#### Telefon AB LM Ericsson i Mölndal

Vid LME i Mölndal tillverkas apparatur för försvaret, t ex radioanläggningar. I ytbehandlingsavdelningen förekommer anodisering, kromatering, fosfatering samt elektrolytisk förzinkning, kadmiering, försilvring och förgyllning. Ytbehandlingsavdelningen har frånluftsfläktar och frånluftskanaler helt i plast.

#### Mora Armatur i Mora

Vid Mora Armatur tillverkas sanitetsarmatur. Vid tillverkningen utgår man från tackor av koppar, mässing och zink. Tillverkningen består av följande moment: gjutning, blästring, smärgling, svarvning, slipning, polering, avfettning, förnickling, förkromning, montering, provning och packning. I ytbehandlingslokalen sker främst elektrolytisk förnickling och förkromning i en automat. Frånluftsfläktar och kanaler är helt utförda i plast.

#### Gränges Nyby i Nybybruk

Vid Gränges Nyby tillverkas plåt och rör i rostfritt. Betningen sker till stor del i fluorvätesyra och salpetersyra och är förlagd främst till fyra lokaler: kallvalsverket, pressverket, varmvalsverket och rördrageriet. I kallvalsverkets betavdelning finns en linje för förbätning och två linjer för färdigbetning i vilka plåten glödgas, blästras, betas och borstas. Den luft som avsugs från betbaden renas i en skrubber. Stora mängder varm luft förs ut ur lokalen genom axial- och radialfläktar och genom en lanternin. Pressverket, varmvalsverket och rördrageriet har betbad med kantavsug.

#### Svenska Eloxal i Stockholm

Svenska Eloxal i Stockholm tillverkar och ytbehandlar detaljer i aluminium. Den enda ytbehandlingsoperationen är anodisering, och en stor del av den godsmängd som passerar genom ytbehandlingsavdelningen hänför sig till lego-uppdrag. Inom fabriken finns verkstadslokaler för egen produktion.

### Saab-Scania i Linköping

Vid Saab-Scania i Linköping tillverkas bl a flygplan till försvaret. Man bedriver ytbehandling i två lokaler av vilka endast den ena ingår som objekt i undersökningen (skepp I). I skepp I ytbehandlas aluminiumdetaljer genom etsning och anodisering i en gemensam automat. Karen är försedda med kantavsug, och i vissa fall renas den luft som avsugs i skrubber.

### Tour & Andersson i Kungsör

Tour & Andersson har dels egen produktion av armatur, men man utför även legoupdrag i ytbehandlingsavdelningen. Man har två automater i ytbehandlingsavdelningen, d v s en hänglinje för förnickling och förkromning och en trumlinje för förnickling av muttrar och hylsor. Avsugningen sker dels från de två linjerna, men även från några mindre betbad. Ytbehandlingen sker i en icke avgränsad del av en större verkstadslokal.

### Tudor i Nol

Vid Tudor i Nol tillverkas batterier av olika slag. Den korrosiva miljön uppstår vid laddningen av batterierna då man får en dimma av svavelsyra. Korrosiv miljö har man även i ett laboratorium och i ett syrahus. I samtliga dessa lokaler finns avsugningssystem där luften renas i skrubber.

### Volvo Flygmotor i Trollhättan

Vid Volvo Flygmotor tillverkas motorerna till flygplan för försvaret. I en mycket stor ytbehandlingsavdelning utför man alla vanligen förekommande ytbehandlingsoperationer. Stora mängder luft omsätts i lokalen genom ett 15-tal fläktar, tillverkade både i plast och plåt. Frånluftskalerna är dock helt i plast.

### Wedholms i Nyköping

Wedholms tillverkar främst tankar i rostfritt för mejeriindustrin. I ytbehandlingsavdelningen elpolerar man och betar de rostfria föremålen. En annan ytbehandlingsoperation som förekommer är anodisering av mjölkflaskor.



## BILAGA 2: Resultat av värmetekniska mätningar och beräkningar.

Tabell B2:1. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
1-a	32.500	21		20				Grupp II
1-a-1	30.000							Elzinkautomat
1-a-2	2.500							Allmänventilation
1-b	38.000	21		20				Grupp II
1-b-1	5.000							Blandat lutavfettning, avrost-
1-b-2	4.000							ning, betning, ellyttisk metbel
1-b-3	3.000							Tappning av syra
1-b-4	2.500							Betning
1-b-5	2.500							Betning
1-b-6	2.500							Betning
1-b-7	7.500							Avlutning
1-b-8	4.000							Allmänventilation
1-b-9	3.000							Allmänventilation
1-b-10	4.000							Elzinkautomat
1-c	22.500	21		20				Grupp II
1-c-1	14.900							Elzinkautomat
1-c-2	4.000							Allmänventilation
1-c-3	3.600							Allmänventilation
1-d	11.400	21		20				Grupp II
1-d-1	7.400							Elzinkautomat
1-d-2	2.000							Punktutsug från lackering
1-d-3	2.000							Utsug vid torrkugn
1-a,b,c,d	105.000	21		20	16 h/dygn 21 dygn/mån	20 %	1.400	a,b,c, och d utgör avgränsade zoner i en större lokal.

Tabell B2:2. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
2-a	59.000	26		22	24 h/dygn 30 dygn/mån		2.000	Grupp V, anodisering
2-a-1	28.000							
2-a-2	11.000							
2-a-3	9.000							
2-a-4	11.000							
3-A	43.000	25		20	8 h/dygn 21 dygn/mån	50 %	820	Grupp I, II, och III. Gemen- samma utsug för flera lokaler. (A=samma byggnad)
3-A-1								
3-A-2								
3-A-3								
3-A-4								
3-A-5								
3-A-6								
3-A-7								
3-A-8								
3-A-9								
4-A	41.000	22		20	24h/dygn 30 dygn/mån		1100	Grupp I,II,III,V. Gemensamma utsug för flera lokaler i en och samma byggnad.
4-A-1	8.800							
4-A-2	10.000							
4-A-3	16.900							
4-A-4	5.000							
5-a	83.000	22		18	8 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	198	Grupp I
5-a-1	41.500	22		18				Betning
5-a-2	41.500	22		18				Betning

Tabell B2:3. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Pränluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
5-b-1	6.000							ELlytisk Cu/Zn/Ni/mäss.
5-b-2	4.600							ELzinkautomat
5-b-3	6.400							"
5-b-4	4.600							"
5-b-5	4.000							ELzinkautomat
5-b-6	5.000							"
5-b-7	2.000							"
5-b-8	4.500							"
5-b-9	2.100							"
5-b-10	4.200							ELnickelautomat
5-b-11	11.000							"
5-b-12	11.000							ELzink/mässingautomat
5-b-13	7.000							Elkopparautomat
5-b-14	4.000							Betning(avzinkning)
5-b-15	2.500							Triavfettning
5-b-16	2.000							Triavfettning
5-b-17	11.000							Triavfettning
5-b-18	8.000							ELnickelautomat
5-b-19	6.500							Elkromautomat
5-b-20	22.000							Triavfettning
5-b-21	22.000							Utsug från blåsträngsmaskiner
5-b-22	22.000							"
5-b-23	22.000							"
5-b-24	22.000							"
5-b	216.000	22		18	11 h/dygn 21 dygn/mån	25 %	2.700	Grupp II
6-a	43.000	26		20	11 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	407	Grupp II
6-a-1	31.000							ELlytisk Ni/Crautomat
6-a-2	5.000							ELlytisk Ni/galbetautomat
6-a-3	7.000							"

Tabell B2:4. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp (°C)	Vent.drifft (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
7-a	110.000	23		18	17 h/dygn 21 dygn/mån	25 %	1.800	Grupp IV
7-a-1	38.000	16						Betning
7-a-2	72.000	26						Varmdoppning
8-a	360.000	40					9.300	Grupp I. Ugnar ger den höga temperaturen.
8-a-1	60.000							Betning. Utsug till skrubber
8-a-2	300.000							Allmänventilation med fläktar och med lanternin.
8-b	70.000	25		15	24h/dygn 30 dygn/mån		1.800	Grupp I
8-b-1	70.000							Betning
8-c	45.000	22		15	24 h/dygn 30 dygn/mån		1000	Grupp I
8-c-1	22.500							Betning
8-c-2	22.500							Betning
8-d	30.000	25		18	24 h/dygn 30 dygn/mån		870	Grupp I
8-d-1	10.000							Betning
8-d-2	10.000							Betning
8-d-3	10.000							Betning
9-a	117.000	23		18	12 h/dygn 30 dygn/mån	50 %	2.200	Grupp I
9-a-1	45.000							
9-a-2	18.000							
9-a-3	54.000							
9-b	66.500	22		22	24 h/dygn 30 dygn/mån		1.800	Grupp I, II
9-b-1	31.100							
9-b-2	35.400							Ellytiskt Ag, Ni, hårdCr, Zn och betning

(\*: t<sub>in</sub> = t<sub>ute</sub> för närvarande)

Tabell B2:5. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
10-a	156.000	18		18	24 h/dygn 30 dygn/mån		3.100	Grupp I
10-a-1	53.000	18						Betning. Efter kolfilter
10-a-2	33.000	18						Betning. Efter kolfilter
10-a-3-5	70.000	17						Allmänventilation
10-b	162.000	25		18	24 h/dygn 30 dygn/mån		4.700	Grupp II och IV
10-b-1	23.600	25	15	18				Elzinkautomat, alkalisk del
10-b-2	25.600	25	16.5	18				Elzinkautomat, sur del
10-b-3	7.000							Varmgaly
10-b-4	8.000							Varmgaly
10-b-5	5.000							Varmgaly
10-b-6	2.000							Varmgaly
10-b-7	5.000							Elzinkautomat 3
10-b-8	5.000							Elzinkautomat 3
10-b-9	20.000							Elzinkautomat 3
10-b-10	20.000							Elzinkautomat 3
10-b-11	10.000							Elzinkautomat 3
10-b-12	10.000							Elzinkautomat 4
10-b-13	5.000							Elzinkautomat 4
10-b-14	5.000							Elzinkautomat 4
10-b-15	8.000							Elzinkautomat 4
10-b-16	3.000							Betfluslinje
10-c	100.000	25					3.000	Tvätt
10-c-1	10.000			20	24 h/dygn 30 dygn/mån			Grupp I, II, IV
10-c-2	20.000							Betning, Elzinkautomat
10-c-3	20.000							Elzinkautomat, alkalisk del
10-c-4	10.000							Elzinkautomat, sur del
10-c-5	10.000							Elzinkautomater(2st)
10-c-6	10.000							Sandblästring
10-c-7	10.000							Allmänventilation
10-c-8	10.000							Varmgaly

Tabell B2:6. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MMh/år)	Anmärkning
11-a	271.000	20		22	17 h/dygn 21 dygn/mån	50 %	4.700	Grupp V. Från totalt 3 st anodiseringsautomater.
11-a-1	9.500	19	15					Anodisering i H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
11-a-2	7.200	21	16					Betning i syra
11-a-3	6.500	19	13,5					Betning i lut
11-a-4	11.200	19	12,5					Takutsug
11-a-5	4.900	18	13					Rörligt utsug (11-a-1 t.o.m. -5 är flödena från en av de 3 automaterna)
12-a	29.000	23		18	17 h/dygn 21 dygn/mån	50 %	600	Grupp II
12-a-1	12.700	23	18					Hårdkrombad
12-a-2	9.200	24	19					Hårdkrombad
12-a-3	2.500	20	17					Hårdkrombad
12-a-4	4.400	22	17					Hårdkrombad
13-a	42.500	21		18	9 h/dygn 21 dygn/mån	50 %	800	Grupp II
13-a-1	21.000	21	13					Elsilverautomat
13-a-2	12.000	21	14					Elzinkautomat
13-a-3	9.000	21	16					Manganfosfateringsautomat
14-a	18.000	22		20	24 h/dygn 30 dygn/mån		480	Grupp I
14-a-1	3.000							Betning. Utsug via skrubber
14-a-2	15.000							Allmänventilation(vinterfallet)
14-b	21.000	22		15	24h/dygn 30 dygn/mån		490	Grupp I. Frånluft via betbad Allmänventilation genom lanternin
14-b-1	21.000							



TabellB2:7. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helfdrift	Besp energi (MMWh/år)	Anmärkning
15-a	412.000	85 (tot bl)	20 (utan kylluft)	15	24 h/dygn 30 dygn/mån		13.000 6.400	Grupp I
15-a-1	28.000							Betning. Utsug via skrubber
15-a-2	8.000							Slungrensning
15-a-3	156.000	190						Plåtkylning
15-a-4	220.000	20						Allmänventilation(vinterfallet med 50 % returluft)
15-b	39.000	20		15	24 h/dygn 30 dygn/mån		980	Grupp I. Allmänventilationen ej medtagen (lantermin)
15-b-1	25.000	20 (efter skrubber)						Betning. Utsug via skrubber
15-b-2	14.000	20 (efter skrubber)						Betning. Utsug via skrubber
16-a	15.000	30		22	24 h/dygn 21 dygn/mån	(helig: 0 %)	460	Hårdning.
16-a-1	15.000							Utsug från diverse hårdgagnar (grop-, kammar-, muffel- och saltbadsgagnar)
17-a	20.000	20		20	9 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	150	Grupp II
17-a-1	6.500							Månuell line(lut,syra,elavNi)
17-a-2	6.500							Elnickel/kromautomat, lutavfettn
17-a-3	6.500							Elnickel/kromautomat, Cr/Ni bad
18-a	26.000	23		23	10 h/dygn 21 dygn/mån	50 %	530	Grupp II
18-a-1	3.500							Elzinkautomat, elektrolysbad
18-a-2	3.500							Elzinkautomat, avrostning
18-a-3	3.500							Elzinkautomat, avfettning och betn
18-a-4	3.500							Elzinkautomat, kromat och lack
18-a-5	6.000							Allmänventilation
18-a-6	6.000							Allmänventilation

Tabell B2:8. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Fråluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
18-b	20.500	23	23	23	10 h/dygn 21 dygn/mån	40 %	370	Grupp I
18-b-1	8.000							Bething
18-b-2	8.000							Lutbad
18-b-3	1.500							Anoljning
18-b-4	3.000							Skjölning
18-c	24.000	25	23	23	10 h/dygn 21 dygn/mån	50 %	540	Grupp V
18-c-1	6.000							Allmänventilation
18-c-2	6.000							Allmänventilation
18-c-3	6.000							Anodiseringsbad
18-c-4	6.000							Eftertätning
19-a	38.000	25	22	22	12 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	470	Grupp II
19-a-1	13.000							Elnickelautomat
19-a-2	5.200							Utsug ovanför nickelautomat
19-a-3	6.200							Avvecklingsbad
19-a-4	4.000							Kromsyrabad
19-a-5	4.000							Ellytisk avfettning
19-a-6	3.000							Allmänventilation
19-b	67.000	34	15	15	17 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	860	Smälthall för Al och Mg
19-b-1	14.000							Hv över Mg-ugn
19-b-2	14.000							Hv över Mg-ugn
19-b-3	24.000							Hv över Al-ugnar
19-b-4	5.000							Allmänventilation
19-b-5	5.000							Allmänventilation
19-b-6	5.000							Allmänventilation

Tabell B2:9. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
19-c	180.000	27		15	17h/dygn 21 dygn/mån	25 %	2.900	Pressgjuteri
19-c-1	25.000							Varmhållningsugn
19-c-2	25.000							Varmhållningsugn
19-c-3	25.000							Pressgjutning
19-c-4	25.000							Pressgjutning
19-c-5	25.000							Pressgjutning
19-c-6	25.000							Pressgjutning
19-c-7	5.000							Allmänventilation
19-c-8	5.000							Allmänventilation
19-c-9	5.000							Allmänventilation
19-c-10	5.000							Allmänventilation
19-c-11	5.000							Allmänventilation
19-c-12	5.000							Allmänventilation
19-d	30.000	25		20	10 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	260	Grupp I
19-d-1	15.000							Betning, avfettning, fosfatering
19-d-2	15.000							Avfettning, kromatering, fosfat.
20-a	27.000	22		22	9 h/dygn 21/mån		180	Grupp II
20-a-1	10.000							Elzinkautomat
20-a-2	10.000							Elzinkautomat
20-a-3	4.500							Elzink- och elnickelautomater
20-a-4	2.000							Elzink- och elnickelautomater
20-a-5	1.000							Ellytisk avfettning
21-a	187.000	21		18	9 h/dygn 21 dygn/mån	50 %	2.600	Grupp I, II, III, V
21-a-1	16.000							
21-a-2	13.000							
21-a-3	5.000							
21-a-4	18.000							
21-a-5	7.000							

Tabell B2:10. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
21-a-6	15.000							
21-a-7	7.000							
21-a-8	10.000							
21-a-9	12.000							
21-a-10	18.000							
21-a-11	10.000							
21-a-12	14.000							
21-a-13	12.000							
21-a-14	15.000							
21-a-15	15.000							
22-a	50.000	20(efter skrubber)	20	20	10 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	490	Batteriladdning
22-a-1	25.000							
22-a-2	25.000							
22-b(-1)	20.000	20	20	20	24 h/dygn 30 dygn/mån		470	Batteriladdning
22-c(-1)	20.000	20	20	15	24 h/dygn 30 dygn/mån		470	Batteriladdning
22-d(-1)	10.000	20	20	20	24 h/dygn 30 dygn/mån		230	Laboratorium
22-e(-1)	5.000	20	20	20	24 h/dygn 30 dygn/mån		120	Syraberedning
23-a	37.000	22	22	21	24 h/dygn 30 dygn/mån		910	Grupp I och II
23-a-1	18.500							(avsugning från ellytisk Zn, Cd, Ag, Au samt anodisering, kroma- tering och fosfatering)
23-a-2	18.500							
24-a(-1)	42.000	25	25	22	24 h/dygn 30 dygn/mån		1.200	Grupp 1. Betning

Tabell B2:11. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
24-b	24.000	25		18	24 h/dygn 30 dygn/mån		640	Grupp II
24-b-1	8.000							ELzinkautomat, syrabad
24-b-2	8.000							ELzinkautomat, syrabad
24-b-3	8.000							ELzinkautomat, syrabad
25-a	49.500	23		20	11 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	450	Grupp I, (V)
25-a-1	5.400	25	17,5					Lutbetning
25-a-2	9.600	22	14,5					Betning(rostfri)
25-a-3	22.100	23	15					Anodiseringsbad
25-a-4	12.400	23	17,5					ELpolering
26-a	47.500	25		23	24 h/dygn 30 dygn/mån		1.500	Grupp II, III
26-a-1	3.500							Kemisk metallering
26-a-2	18.000							Kopparmetallering
26-a-3	10.000							Guldmetallering
26-a-4	1.500							Btsning
26-a-5	6.000							Utsug från källaren
27-a(-1)	26.000	30	17	16	24 h/dygn 30 dygn/mån		730	Grupp IV, varmförzinkning
27-b	36.700	28		18	24 h/dygn 30 dygn/mån		1.200	Grupp I
27-b-1	10.000		(ej i drift vid mättn.)					
27-b-2	5.300	26	24,5					
27-b-3	9.900	26	21,5					
27-b-4	7.200	31	20,0					
27-b-5	4.300	34	20,0					
27-c	88.000	23		21	24 h/dygn 30 dygn/mån		2.500	Grupp II

Tabell B2:12. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Matt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
27-c-1	12.500	22	15					ELzinkautomat, bet o avfettn
27-c-2	12.500	23	16					ELzinkautomat, ellysdel
27-c-3	4.000	21	15					ELzinkautomat, bet o avfettning
27-c-4	4.000							ELzinkautomat, ellysdel
27-c-5	15.000	22	16					ELCu/Ni/Crautomat, Cr-bad
27-c-6	40.000	22	15,5					Centralutsugning, manuell bad
27-d	26.800	22		21	24 h/dygn 26 dygn/mån		1.200	Grupp V
27-d-1	9.000							Betning
27-d-2	4.200							Betning
27-d-3	8.000							Anodiseringsbad
27-d-4	5.600							Eftertätning
28-a	67.700	23		16	24 h/dygn 30 dygn/mån		1.700	Grupp I, V
28-a-1	4.500	32	17					Tri-avfettning
28-a-2	5.800	22	14,5					Luftbetning
28-a-3	6.600	23	15					Kromatering
28-a-4	5.000	18	15					Kromatering
28-a-5	5.000	18	15					Kromatering
28-a-6	4.700	21	14					Lackering
28-a-7	12.400	22	13					Torkning
28-a-8	5.700	23	18					Sköljning
28-a-9	6.700	23	18					Luftbetning
28-a-10	5.700	23	21,5					Luftbetning
28-a-11	5.600	25	21,5					Luftbetning
29-a(-1)	46.500	23	16,5	20	24 h/dygn 30 dygn/mån		720	Grupp I, före skrubber efter skrubber
		18	17					



Tabell B2:13. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
29-b	36.000	27		20	24 h/dygn 30 dygn/mån		1.200	Grupp II
29-b-1	12.000	27	18					Elzinkautomat
29-b-2	12.000							Elzinkautomat
29-b-3	12.000							Elzinkautomat
29-c(-1)	25.500	32	20	15	24 h/dygn 30 dygn/mån		640	Grupp IV, varmförzinkning
30-a(-1)	20.000	23(före skrubber)		23	9 h/dygn 21 dygn/mån		130	Grupp I, V
30-b	29.000	23		23	9 h/dygn 21 dygn/mån	25 %	370	Grupp II
30-b-1	16.000							ELNi/Cr/Zn-automat
30-b-2	8.000							Diverse bad
30-b-3	3.000							Tri-avfettning
30-b-4	2.000							Inplastning
31-a	32.400	24		18	24 h/dygn 30 dygn/mån		830	Grupp I
31-a-1	10.400	24	16					Fosfateringsautomat
31-a-2	9.200	23	18					Fosfateringsautomat
31-a-3	12.800	25	15					Fosfateringsautomat
31-b	20.000	23		18	24 h/dygn 30 dygn/mån		509	Grupp II
31-b-1	10.000							ELaut(Ni,Cr,Zn, Cr, Ni) sura bad
31-b-2	10.000							ELaut(Ni,Cr,Zn, Cr, Ni) alkaliska bad

Tabell B2:14. Värmetekniska mätningar och beräkningar för anläggningar vid besökta företag.

Frånluft- kod	Luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Temp (°C)	Våt temp (°C)	Tilluft- temp(°C)	Vent.drift (helfart)	Natt-och helgdrift	Besp energi (MWh/år)	Anmärkning
32-a	164.000	64 (inkl a-2)	32 (exkl a-2)	18	17 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	2.500	Lödning, Grupp VII
32-a-1	8.000	40						Flussbox
32-a-2	18.000	290						Bring-up zon
32-a-3	10.000	50						Kylzon
32-a-4	14.000	22						Sprutbox
32-a-5	8.000	48						Dopplödning
32-a-6	21.000	28						Centralutsugning
32-a-7	21.000	28						Takfläkt
32-a-8	9.000	28						Lödgryta
32-a-9	20.000	60						Takfläkt
32-a-10	9.000	28						Torkugn
32-a-11	4.000	60						Sprutbox
32-a-12	10.000	22						Läcktorkugn
32-a-13	6.000	60						Torkugn
32-b	120.000	28		18	9 h/dygn 21 dygn/mån	0 %	880	Lödning, betning, sprutmåln. Grupp VII
32-b-1	16.000	28						Centralutsugning
32-b-2	16.000	28						Centralutsugning
32-b-3	16.000	28						Centralutsugning
32-b-4	6.000	22						Betning
32-b-5	10.000	28						Centralutsugning
32-b-	8.000	28						Takfläkt
32-b-8	8.000	28						Takfläkt
32-b-9	8.000	28						Takfläkt
32-b-10	8.000	28						Takfläkt
32-b-11	10.000	22						Sprutmålningsbox
32-b-12	6.000	22						Betning
32-b-13	4.000	60						Torkugn
32-b-14	4.000	22						Tvättmaskin

### BILAGA 3: Ytbehandling av metaller

Ytbehandling av metaller förekommer främst inom verkstads- och metallindustrin. Syftet med ytbehandlingen är att ge produktens yta vissa bestämda egenskaper, t ex ökad korrosionsbeständighet, ökad hårdhet, bättre motståndskraft mot nötning, eller att göra ytan estetiskt tilltalande. Ytbehandlingen innebär vanligen att produktens yta förses med en skyddande beläggning. Det förekommer fyra principiellt olika typer av beläggningar:

1. Beläggning med annan metall (t ex elförzinkning av stål)
2. Kemisk omvandling av ytskiktet (fosfatering och kromatering)
3. Annan oorganisk beläggning (emaljering)
4. Organisk beläggning (målning, lackering)

Före ytbeläggning måste föremålets yta behandlas, vilket innebär att smuts, fett, olja, glödska, rost och andra oxider avlägsnas samt att ytan ges en förbättrad ytjämnhet. Förbehandlingen skall ge en metalliskt ren yta. Följande typer av förbehandlingsmetoder förekommer:

1. Mekanisk förbehandling genom t ex slipning, polering och sandblästring
2. Avfettning och tvättning
3. Betning

Ofta utförs även efterbehandling av de ytbelagda föremålen (förzinkade föremål kromteras och målas, fosfaterade föremål inoljas eller lackeras).

I tabell B3:1 anges behandlad godsmängd under 1969 för de vanligaste ytbehandlingsoperationerna. Vi finner att betning är den överlägset dominerande metoden och att förzinkning, förnickling och förkromning dominerar bland de metalliska ytbeläggningsmetoderna. I tabell B3:2 redovisas de luftföreningar som uppkommer vid några vanliga ytbehandlingsoperationer. Luftföreningarna har ofta sin orsak i att bildad vätgas, och eventuellt även syrgas, river med sig badvätska i aerosolform.

#### FÖRBEHANDLING

Metallytor som skall ytbeläggas förbehandlas vanligen i två steg. Dels avlägsnas olja, fett och vax med tvättning och avfettning, dels avlägsnas glödska, rost och andra oxider och ytan ges lämplig ytfinhet med betning och mekaniska förbehandlingsmetoder.

### Mekanisk förbehandling

Mekanisk förbehandling kan ske med blästring, trumling, borstning och kratsning, slipning och polering. Slipning används för att ge föremålet en viss form och en viss ytfinhet. Ibland efterföljs slipningen av polering som oftast är mekanisk, men även elektrolytisk polering förekommer. Sandblästring förekommer ofta på stora föremål före sprutning med metall och före målning.

### Tvättning och avfettning

Tvättning och avfettning utförs alltid på föremål före metallbeläggning och oftast före betning och ibland före sandblästring. Vid avfettningen avlägsnas i första hand olja, fett och vax från metallytan. Några typiska föroreningar är olja från formgivnings- och bearbetningsoperationer, rester från slip- och polermaterial, rostskyddsmedel av olja eller vaxtyp och damm.

Avfettningen kan indelas efter typen av avfettningsmedel och efter graden av avfettning. De flesta metoderna är endast grovavfettande och efterföljs många gånger av finavfettning som sker elektrolytiskt i alkaliska bad. Elektrolytisk avfettning används då kravet på ren metallyta är speciellt stort, t ex vid elektrolytisk metallbeläggning.

Avfettningsmedlen är av två typer, alkaliska och organiska. Vid alkalisk avfettning används varma vattenlösningar av tvål, såpa eller andra ytaktiva ämnen tillsammans med alkalier såsom alkalifosfat, alkalisilikat och natriumhydroxid. Vid organisk avfettning används klorerade kolväten (t ex trikloretylen, perkloretylen och metylenklorid) eller petroleumbaserade klorväten (t ex bensin och lacknafta). Petroleumbaserade kolväten används även vid emulsionsavfettning, men då med en tillsats av ytaktiva ämnen som ger en emulsion då lösningsmedlet kommer i kontakt med vatten.

### Betning

Tvättning och avfettning är inte tillräckligt om metallen skall ytbeläggas. Ytföroreningar som oxider, rost, salt och smuts avlägsnas främst med betning, men också med tidigare nämnda mekaniska förbehandlingsmetoder. Betningen kan utföras kemiskt eller elektrokemiskt.

Den kemiska betningen är den klart vanligaste ytbehandlingsoperationen, se tabell B3:1. Den utföres i rena syror eller i blandsyror med undantag av aluminium som ofta betas i alkaliska bad. Tabell B3:3 visar vilka syror som normalt används för betning av olika metaller. Dekapering är en svagare form av betning. Den utföres i svag syra- eller cyanidlösning och användes för att aktivera metallytan direkt före metallutfällning.

Vid elektrolytisk betning kopplas godset som anod eller katod eller växelvis som anod och katod. Fördelarna ligger i kortare bettider och bättre verkningsgrad. Ej heller föreligger risk för vätgasförspridning vid anodisk betning. Både sura och alkaliska bad förekommer.

En annan form av betning är blankbetning, som innebär att man på kemisk eller elektrolytisk väg åstadkommer blanka och speglade ytor. Vid dessa behandlingsmetoder nedsänks metallen i starka syror under en kort tid, respektive nedsätts som anod i koncentrerade elektrolytlösningar. Flera metaller kan elpoleras, men rostfritt stål är vanligast.

#### METALLISKA YTBELÄGGNINGAR

Skyddande metallskikt kan åstadkommas främst genom elektrolytisk metallbeläggning, varmdoppning, kemisk metallbeläggning och sprutning. Den metalliska beläggningen kan vara skyddande på två sätt: Ett skyddsskikt som är ädlare än grundmetallen måste vara helt tätt då porer i ett dylikt skikt annars ger upphov till den farliga kombinationen av liten anod och stor katod. Om däremot beläggningens metall är oädlare än grundmetallen föreligger inte samma krav på täthet då ytskiktet blir anod och grundmetallen katod.

Koppar, bly, tenn, nickel och krom är ädlare än järn i vatten och svaga saltlösningar och måste därför läggas i täta skikt. Kadmium och zink är oädlare än järn under samma förhållanden och kan därför läggas i otäta skikt och ändå ge ett gott skydd. Enligt tabell B3:1 är de vanligaste metalliska ytbeläggningarna:

Zink (elektrolytisk förzinkning, varmförzinkning, sprutförzinkning)

Nickel (elektrolytisk och kemisk förnickling)

Krom (elförkromning)

Koppar (kemisk och elektrolytisk förkoppling)

Mindre vanligen förekommande metalliska ytbeläggningar är:

Aluminium (varm- och sprutaluminering)

Bly (el-, varm- och sprutförblying)

Tenn (el- och kokförtening)

Kadmium (elkadmiering)

Silver (elförsilvring)

Guld (förgyllning)

Nedan följer en kort beskrivning av de fyra vanligaste metalliska ytbelägningarna.

### Förzinkning

Zink är stålets absolut viktigaste korrosionsskydd, och endast i undantagsfall används förzinkning på andra metaller. Zinken är oädlare än stålet vilket gör att en liten blotta av grundmetallen inte angrips av korrosion. Zink angrips inte i torr luft och i fuktig luft bildas ett korrosionsskyddande karbonatskikt under inverkan av luftens koldioxid. Erforderligt skydd erhålls dock endast i neutrala miljöer, pH 6-12. Ofta kromateras den nyförzinkade ytan för att ge ett ökat korrosionsskydd och för att förhindra bildandet av zinkkarbonat som ger ett sämre utseende. Efter kromateringen följer ibland målning eller lackering.

Förzinkningen utförs främst med följande metoder:

- Elektrolytisk förzinkning,
- Varmförzinkning,
- Sprutförzinkning.

Elförzinkningen sker genom elektrolys i sura eller alkaliska bad, innehållande ett zinksalt. Under elektrolysen fälls zinken ut metalliskt på godsytan. De sura elektrolysbaden används för föremål av enklare form, t ex tråd, band och plåt. Baden surgörs med svavelsyra eller saltsyra till pH 4-4,5. De alkaliska baden används för mindre eller medelstora föremål av varierande form, bl a gängade föremål och föremål med noggrann passning. Efter elektrolysen doppas föremålen i salpetersyra för att avlägsna den gula och matta hinna som bildats.

Varmförzinkningen ger tjocka zinkbeläggningar. Före doppningen i zinkbadet måste föremålen betas (oftast i saltsyra). Oxider som bildats efter betningen avlägsnas genom flussning med endera den torra eller den våta metoden. Vid den torra metoden doppas föremålen i en vattenlösning av zinkklorid och zinkammoniumklorid och torkas därefter vid hög temperatur. Vid den våta metoden ligger flussmedlet, zinkammoniumsultat, på zinksmältans yta. Föremålen doppas genom flussmedelskiktet och tas upp genom en fri zinkyta.

Sprutförzinkning användes på stora föremål som av tekniska skäl inte kan varmförzinkas. Metoden ger tjocka zinkskikt och lämpar sig även för bättring av felaktiga eller skadade zinkskikt. Förbehandlingen utförs med sandblästring omedelbart före sprutningen.

### Förnickling

Nickel kan beläggas elektrolytiskt och kemiskt, varav den förstnämnda metoden är den vanligaste.



Elektrolytisk förnickling används främst i korrosionsskyddande och dekorativt syfte på stål, koppar och kopparlegeringar, zink och aluminiumlegeringar. Elektrolytbadet är svagt surt av borsyra och innehåller dessutom ett nickelsalt (ofta sulfat) och glansbildare. Vätgasutvecklingen är ringa p g a det höga strömutflytet. Efter elförnicklingen utförs ofta en dekorativ förkromning som gör att ytan bättre motstår mekaniska påfrestningar och behåller glans och färg.

Kemisk förnickling används på annars svårnicklade material, t ex aluminium, plast, glas och porslin samt på besvärliga konstruktioner och på invändiga ytor. Med undantag av zink, tenn och bly kan alla metaller och andra material som är formstabila upp till 100°C beläggas kemiskt med nickel. Dessutom har kemisk förnickling kommit att bli ett alternativ till hårdförkromning när det gäller att åstadkomma hårda och slitstarka skikt. Förnicklingen går till så att man i varma, 80 - 100°C, och svaga vattenlösningar av ett nickelsalt reducerar ut metalliskt nickel med natriumhypofosfit (pH = 4,5 - 5,5).

#### Förkoppring

Koppar kan beläggas elektrolytiskt och kemiskt, varav den senare metoden är den vanligaste.

Elektrolytisk förkoppring används för att ge föremål en dekorativ yta och för att ge elektriskt ledande skikt. Dessutom påläggs ofta ett kopparskikt för att ge ett lämpligt underlag för andra metallbeläggningar. Zink, tenn och järn beläggs ofta med ett tunt kopparskikt före elektrolytisk förnickling. Vid elförkoppringen används både sura och alkaliska bad. De sura baden innehåller kopparsulfat, svavelsyra och eventuellt glansbildare. Högt strömutflyte gör att vätgasutvecklingen blir ringa. De alkaliska baden innehåller koppar- och natriumcyanid, natriumkarbonat och eventuellt även glansbildare.

Kemisk förkoppring används för metallbeläggning av plastföremål, vanligen koppar-nickel-krom i nämnd ordning, och vid tillverkningen av tryckta kretsar. Förkoppringen utförs i ett alkaliskt bad (pH 11 - 13,5), innehållande främst kopparsulfat, natriumhydroxid och formaldehyd. Formaldehyden fungerar som reduktionsmedel varvid kopparn faller ut metalliskt på föremålet. Vätgas bildas som kan dra med sig badvätska i aerosolform. Doppförkoppring är en annan form av kemisk förkoppring som främst utförs vid tråddragning av ståltråd. Doppförkoppringen sker i en sur kopparsulfatlösning.

#### Förkromning

Förkromning utförs elektrolytiskt och ger ytor som är hårda och slitstarka och har god korrosionsbeständighet. Dekorativ förkromning används för att ge ytan en varaktig glans och hårdförkromning för att ge hårda och slitstarka ytor.

Dekorativ förkromning används om huvudsikten med förkromningen är ett bevarande av ytans utseende. Man lägger bara ett tunt kromskikt som är genomdraget av sprickor och därför inte ger erforderligt skydd åt grundmetallen. Mellan grundmetallen och kromskiktet har man av denna anledning ett skikt av nickel. Före förkromningen aktiveras det passiva nickelskiktet i en blandning av kromsyra och svavelsyra eller med en kort elektrolytisk avfettning. Elektrolytbaden är sura och kan innehålla svavelsyra, kromsyra och socker. Strömutflytet är mycket lågt varför stora mängder vätgas bildas som rycker med sig badvätska i aerosolform.

Hårdförkromning används då man önskar ökad hårdhet och styrka hos t ex verktyg och maskindelar. Kromskiktet görs här betydligt tjockare än vid den dekorativa förkromningen och inget mellanskikt läggs. Hårdförkromningen kräver mycket noggrann förbehandling. Föremålet avfettas och betas och därefter sker omedelbart före elförkromningen en anodisk betning i kromsyra eller svavelsyra.

#### KEMISK OMVANDLING AV YTSKIKTET

Även oädla metaller är ofta beständiga mot korrosion p g a att deras yta har ett tunt skyddande skikt av korrosionsprodukter, vanligen oxider. Detta naturliga korrosionsskydd kan man med olika metoder förstärka, t ex genom oxidation, kromatering och fosfatering. Oxidering utförs främst på aluminium och stål.

#### Oxidering av aluminium, anodisering (eloxering)

Det naturliga ytskiktet hos aluminium och aluminiumlegeringar kan mångdubblas i tjocklek på elektrolytisk väg. Man får en hård, tät och kemiskt beständig oxidhinna. Elektrolysen sker i svavelsyra, kromsyra eller oxalsyra och det föremål som skall anodiseras är kopplat som anod. Det bildade oxidskiktet innehåller porer som måste tätas genom någon typ av efterbehandling. Vanligen utförs den s k eftertätningen i hett vatten. Ofta färgas skiktet före eftertätningen.

#### Oxidering av stål

Oxidering av stål ger svarta, blå eller bruna oxidskikt på detaljer av kolstål eller låglegerat stål. Avsikten med oxideringen är att förbättra utseendet hos föremålet och att öka friktionen på glidytor. Vapen brukar oxideras för att förhindra ljusreflexer. Det erhållna oxidskiktet ger inget eller ringa skydd mot korrosion, utan vanligen förbättras rostskyddet genom inoljning med rostskyddsolja. De olika metoderna som används för oxidering av stål är: svartoxidering i lut, brunering och oxidering i överhettad ånga. Svartoxidering i lut är vanligast och utförs i heta (140°C) och koncentrerade lutlösningar.

### Kromatering

Kromatering används för att passivera främst zink, aluminium och magnesium. Ofta utförs kromateringen efter fosfatering. Vid kromateringen erhålls ett ytskikt av kromat och kromoxid. Kromateringsbadet innehåller kromsyra och kromat och kan vara sura, neutrala eller alkaliska.

Aluminium kromteras ofta i sura bad. Kromateringen ökar beständigheten mot korrosion i atmosfären och i vissa saltlösningar samt ger ett ytskikt som ger god vidhäftning för färg och lack. De sura baden kan innehålla kromsyra, natriumkromat, natriumfluorid och eventuellt fosforsyra.

Förzinkade föremål, främst elförzinkade, kromteras i bad innehållande kromsyra, salpetersyra och svavelsyra. Dessutom innehåller baden fluorider och kromater. Vid kromateringen passiveras zinkytan, vilket gör att korrosionsbeständigheten ökar och att det ursprungliga utseendet bevaras under en längre tid. Ofta efterföljs kromateringen av lackering eller målning. Varmförzinkade föremål aktiveras i salpetersyra före kromatering.

### Fosfatering

Fosfatering utförs främst på stål, zink, aluminium och magnesium. Det förekommer tre metoder för fosfatering: järnfosfatering, zinkfosfatering och manganfosfatering.

Järnfosfatering används vanligen på tunnplåtsdetaljer, och den utförs i sura fosfatlösningar av natrium- och ammoniumvätefosfat (pH = 3,5 - 6,0). Behandlingen utförs med dopning eller sprutning. Det bildade fosfatskiktet ger god vidhäftning för färg och lack och ger även ett visst korrosionsskydd.

Zink- och manganfosfatering utförs i fosforsyralösningar innehållande sura zink- och manganfosfater. På en stålyta bildas ett ytskikt av järnfosfat, som utgör grogrund för kristaller av svårlösliga zink- och manganfosfater. Vid zinkfosfatering sker behandlingen genom dopning eller sprutning, medan endast dopning används vid manganfosfatering. Sandblästring är den bästa förbehandlingen före fosfatering, men även betning förekommer. Efterbehandlingen kan utgöras av dopning i svag kromsyralösning följt av torkning. I stort sett används samma lösningar oberoende av vilken typ av metall som skall fosfateras.

### ANNAN OORGANISK YTBELÄGGNING

Av andra oorganiska ytbeläggningar är emalj vanligast. Även beläggning med betong är vanlig. Emalj används som korrosionsskyddande beläggning på främst gjutjärn och kolstål, men den används också i dekorativt syfte. Betong används som korrosionsskydd på stolpar, rörledningar och vattenbehållare.

## Emaljering

Emaljering innebär att ett metalliskt föremål genom smältning eller sintring beläggs med ett glasartat material. Emaljens fördelar ligger bl a i god beständighet i vatten av hög temperatur, i syror och i ej alltför starka alkaliska lösningar. Förbehandlingen utgörs av avfettning och betning. Avfettningen sker i alkaliskt bad eller i trikloretülen och sedan i alkaliskt bad. Betningen sker i svavelsyra, saltsyra eller fosforsyra.

## ORGANISK YTBELÄGGNING

Beläggning med organiska ytskikt, främst färger och lacker, är den viktigaste av alla korrosionsskyddande metoder. Operationen skall ge föremålet både ett gott korrosionsskydd och en estetiskt tilltalande yta.

Färger och lacker utgörs av tre komponenter: 1) bindemedel, 2) pigment och 3) flyktiga lösnings- och spädningsmedel. Bindemedlet svarar för vidhäftningen till underlaget. Pigmentet svarar främst för kulör och täckförmåga, men betyder även mycket för färgens konsistens, hårdhet och hållbarhet. Lösningemedel används när bindemedlet är fast vid normal temperatur. Detta gäller t ex hartser och limartade ämnen. Spädningemedlet är en flyktig vätska som tillsätts till färgen för att ge denna en lämplig konsistens för appliceringen. Ofta kan en och samma vätska fungera både som lösnings- och spädningemedel.

Utförandet av målning eller lackering består av applicering följt av torkning. För applicering används penselmålning, sprutlackering, rullmålning och dopplackering samt elektroforetisk och elektrostatisk lackering. Torkningen kan vara fysikalisk eller kemisk. Fysikalisk torkning innebär att de flyktiga lösnings- och spädningemedlen avdunstar och att bindemedlet stelnar. Det bildade färgskiktet är återlösligt i nytt lösningsmedel. Vid den kemiska torkningen förenas bindemedlets molekyler med starka kemiska bindningar. Nytt lösningsmedel kan här inte återlösa det bildade färgskiktet.

Tabell B3:1 Uppskattning av behandlade godsmängder med olika ytbehandlingsmetoder under 1969. Uppgifterna är baserade på en enkät till 1 100 svenska företag. Järnverkens produktion ingår ej. (Vatten- och luftföroreningar från ytbehandlingsanläggningar, 1972.)

Metod	Behandlad godsmängd (ton)		
Mekaniska processer	Blästring	622 740	
	Trumling	56 539	
	Borstn. och kratsning	61 773	
	Slipning	860 950	
	Polering	15 200	
Fysikaliska processer	Aluminering	90	
	Varmförblying	780	
	Varmförtänning	5 532	
	Varmförzinkning	293 940	
Kemiska processer	Triavfettning	163 433	
	Alkalisk avfettning	164 188	
	Avfettning med cyanider	510	
	Avfettning med fotogen	21 114	
	Övrig avfettning	473 478	
	Passivering	118 544	
	Avrostning	13 823	
	Betning (HCl)	1 048 436	
	Betning (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1 524 558	
	Betning (HNO <sub>3</sub> )	51 677	
	Betning (HF + H <sup>+</sup> )	553 062	
	Betning alkali	47 189	
	Övrig betning	129 494	
	Aktivering	45 851	
	Dekapering	29 594	
	Avmetallisering	5 950	
	Oxidering av stål	11 849	
	Fosfatering	256 575	
	Kromatering	124 619	
	Kokförtänning	1 501	
	Förkoppling	49 253	
	Förnickling	4 031	
	Polering	396	
	Härdning med cyanid	7 852	
	Övrig härdning	111 287	
	Elektrolytiska processer	Avfettning med cyanider	8 711
		Alkalisk avfettning	42 710
Övrig avfettning		20 619	
Avmetallisering		5 005	
Betning (HCl)		14 258	
Betning (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		20 988	
Betning (HNO <sub>3</sub> )		250	
Betning alkali		658	
Övrig betning		5 769	
Anodisering (eloxering)		20 214	
Förblying		90	
Förkoppling, sur		3 169	
Förkoppling, cyanid		4 659	
Förkromning		12 221	
Förnickling		41 208	
Förtänning		4 668	
Förzinkning, sur		20 065	
Förzinkning, cyanid		65 067	
Förzinkning, komplex		1 797	
Kadmiering		1 333	
Förgyllning		77	
Förkvickning		57	
Förmässning		1 294	
Försilvring		784	
Elektrofores		2 000	
Polering		1 976	

Tabell B3:2. De flesta ytbehandlingsprocesser ger i större eller mindre utsträckning upphov till luftföroreningar. Tabellen anger luftföroreningarna vid några vanliga ytbehandlingsprocesser. (Hälsorisker vid kemisk och elektrolytisk ytbehandling, 1976.)

Behandlingsprocess	Kemikalier i processen som kan avges som luftförorening	Typ av luftförorening	Hälsoriskklass	Temperatur °C
Triavfettning (doppning)	Trikloretylen	Trikloretylenånga	B-1	20-30
Elektrolytisk avfettning	Natriumhydroxid (60 - 120 g/l)	Natriumhydroxidhaltig baddimma	C-1	50-90
Betning (saltsyra)	Saltsyra (5-20 vikts-%)	Klorvätegas	A-1	20-40
Betning (svavelsyra)	Svavelsyra (10-40 vikts-%)	Svavelsyradimma	B-2	50-70
Betning (salpetersyra)	Salpetersyra	Nitrösa gaser	A-1	20-30
Järnfosfatering	Diverse fosfater	Vattenånga	D-2	60-90
Kromatering (zink)	Kromater (1-10 g/l)	Inga	A-4	20-30
Anodisering	Kromsyra-svavelsyra	Krom- och svavel-syradimma	A-1, B-1	20-30
Elektropolering (rostfritt)	Fosforsyra-svavelsyra	Syradimma innehållande bl a krom och nickel	A-2, A-3	30-70
Elektrolytisk förzinkning	Cyanider, natriumhydroxid	Cyanidhaltig baddimma	B-2	20-30
Kadmiering	Cyanider, kadmium	Kadmium- och cyanidhaltig baddimma	A-3	20-30
Förnickling	Nickelsalter	Baddimma	C-3	20-50
Förkromning	Kromsyra	Kromsyradimma	A-1	20-40
Kemisk förkoppring	Formaldehyd	Formaldehydgas	A-2	



Tabell B3:3. Syror och syrablandningar för betning av metaller. (Hälsorisker vid kemisk och elektrolytisk ytbehandling, 1976.)

Metall	Svavelsyra 1	Saltsyra 2	Salpetersyra 3	Flourvätesyra 4
Olegerat stål	xxx	xxx	x	x
Legerat stål	x	xxx med 1 eller 3 eller 3 + 4	x med 4	
Gjutjärn	xx med 4	xx med 4		
Koppar och dess legeringar	xx		xx med 2 eller 1 + 2	x
Nickel och dess legeringar	xx		xxx med 1	x
Zink och dess legeringar	xx	x med CrO <sub>3</sub>	x	
Tenn och dess legeringar		xx	x	
Ädelmetaller	xx	xx med 3	xx	
Aluminium och dess legeringar	x		xx med 4	
Magnesium och dess legeringar			xx med 4	x

xxx mycket vanlig xx vanlig x kan förekomma

## LITTERATUR

Wranglén, Gösta, 1967, *Metallers korrosion och ytskydd* (Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB.) Uppsala.

Hälsorisker vid kemisk och elektrolytisk ytbehandling, 1976 (Institutet för verkstadsteknisk forskning.) IVF-resultat 76628. Stockholm.

Vatten- och luftföroreningar från ytbehandlingsanläggningar, 1972 (Statens Naturvårdsverk.) Publikation 1972:4. Stockholm.

Ytbehandling av metaller, 1977 (Korrosionsinstitutet, Sveriges Standardiseringskommission.) Stockholm.

## SAMMANFATTNING

I rapporten redovisas resultat från en undersökning av förutsättningarna för att med värmeväxlare återvinna värme ur korrosiv ventilationsluft inom ytbehandlingsindustrin. För bedömning av korrosionsriskerna i frånluften från lokaler där olika ytbehandlingsoperationer pågår har besiktningar och miljöanalyser utförts vid ett relativt stort antal industriföretag under projektets första etapp. Fältprov med provkroppar till värmeväxlare har under projektets andra etapp genomförts vid fem företag. Vidare har under projektets tredje och avslutande etapp långtidsprov med ett komplett värmeåtervinningssystem genomförts vid ett företag.

Den inledande kartläggningen av miljöförhållanden, temperaturer och luftflöden har omfattat ett trettio-tal industriföretag. Vid cirka hälften av dessa företag har sedan en mer detaljerad miljöanalys utförts. Halten av syror, natriumhydroxid och vissa metaller har härvid bestämts, liksom aciditeten. Med ledning av uppmätta eller angivna temperaturer och luftflöden har även den möjliga energibesparingen beräknats. En förutsättning för denna beräkning har varit att allt det värme som återvinns ur utgående lokal- och processluft kan utnyttjas för att värma tilluften till lokalen. Vidare har vid denna beräkning värmeåtervinningssystemets temperaturverkningsgrad antagits vara 60 %.

De industrilokaler som utvaldes för fältprov med värmeväxlarelement är sådana där de pågående ytbehandlingsoperationerna är jämförelsevis vanligen förekommande inom ytbehandlingsindustrin i Sverige. Fältprov har således genomförts i lokaler där betning, fosfatering, elförnickning, varmförzinkning och elförzinkning är den huvudsakliga ytbehandlingsoperationen. Provkroppar i form av lamellrörsvärmeväxlare av koppar/koppar, slätrörsvärmeväxlare av syrafast stål samt plattvärmeväxlare av aluminium och rostfritt stål har använts. Även plastbelagda värmeväxlarelement och en slätrörsvärmeväxlare av plast har provats.

Resultaten av fältproven med värmeväxlarelement sammanfattas i tabell 7. I tabellen värderas de olika värmeväxlarnas förutsättningar att klara den korrosiva frånluften från de angivna ytbehandlingsprocesserna. Tabellen grundar sig, förutom på resultaten från fältproven med värmeväxlarelement, även på långtidsprov med ett komplett värmeåtervinningssystem under den tredje etappen av undersökningen (se nedan). Reservationer måste naturligtvis göras för att förhållandena kan variera för en och samma ytbehandlingsprocess från ett industriföretag till ett annat.

Tabell 7. Resultat av fältprov i olika korrosiva frånluftsmiljöer. [+ = Resistent, (+) = Med viss tvekan resistent, (-) = Med viss tvekan olämplig, - = Olämplig på grund av korrosion.]

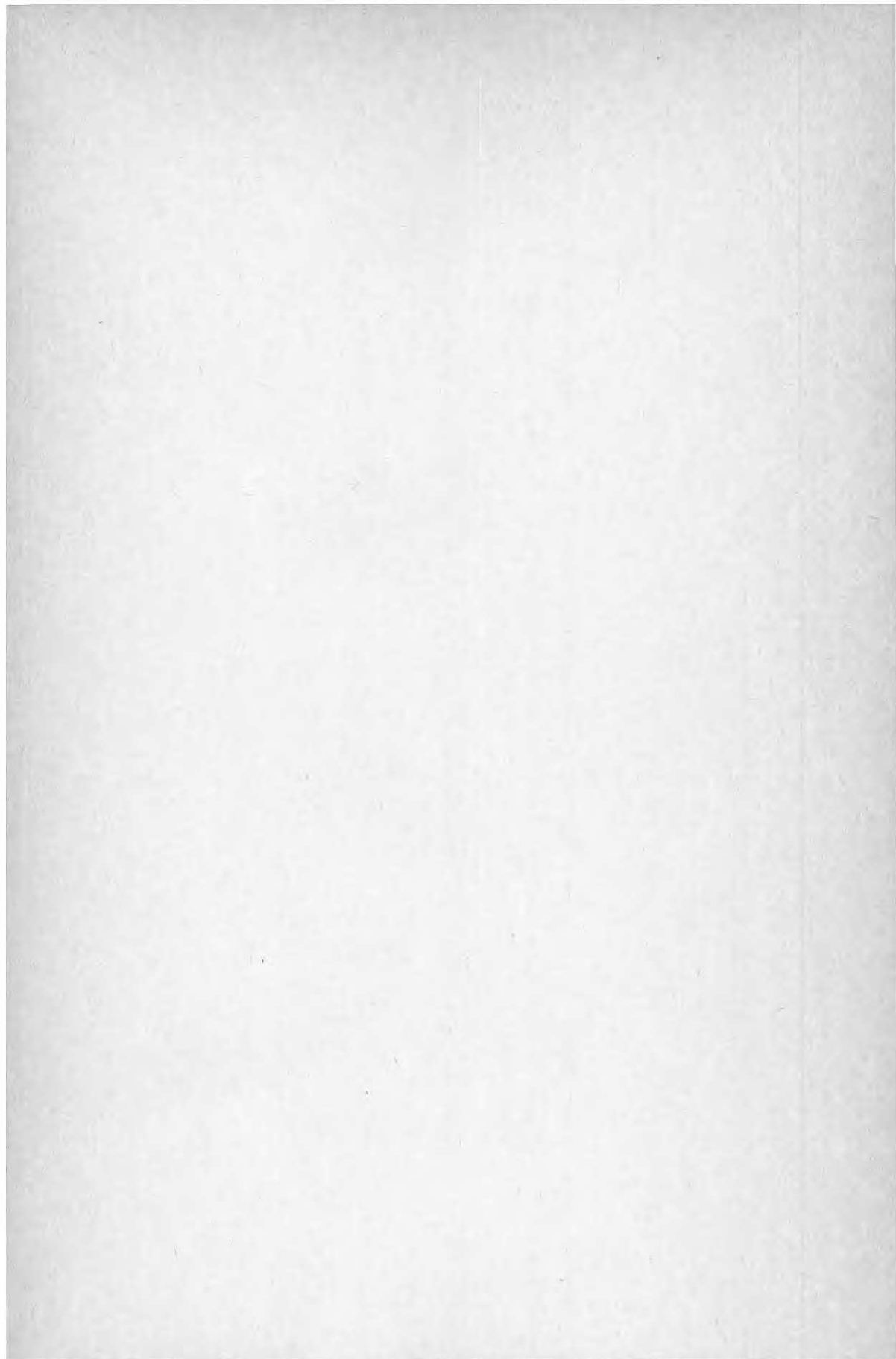
Värmeväxlare		Process				
Material	Typ	Betning HCl/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Fosfater- ing	Elför- nickling	Varmför- zinkning	Elför- zinkning
Cu/Al+epoxi	Lamellrör					+
Fe/Fe+epoxi	Lamellrör	-				
Cu/Cu	Lamellrör	-	(+)	(+)	(+)/(-)	-
Cu/Cu + tenn	Lamell- rör					(-)
Aluminium	Plattor	-	(+)	(+)	+	-
Syrafast stål	Slåtrör	-	+	+	+	(+)
Rostfritt stål	Plattor	-	+	+	+	(+)

Som avslutning på undersökningen har ett komplett vätskekopplat värmeåtervinningssystem provats under ett år vid en industri där elförzinkning utförs. I frånluftskanalen har i detta fall använts en värmeväxlare som är uppbyggd av tre olika lamellrörsvärmeväxlare, varav två är plastbelagda värmeväxlare av koppar/aluminium och den tredje är en förtent värmeväxlare av koppar/koppar.

Efter ett års prov uppvisar de med plastbeläggning yt-skyddade lamellrörsvärmeväxlarna inga synbara tecken på korrosion, medan den förtenta lamellrörsvärmeväxlaren är svagt korroderad. Värmeväxlarnas frontyta har trots förfilter (filterklass G85) fått en viss stoftbeläggning. Ett filter av högre klass borde således ha valts, eftersom det vid fältproven med värmeväxlarelement framkommit att ett klart samband mellan aerosolavsättning och korrosion föreligger. Av de tidigare fältproven att döma är vidare de erhållna resultaten i frånluften från elförzinkningsanläggningen överförbara till flera andra ytbehandlingsmiljöer.

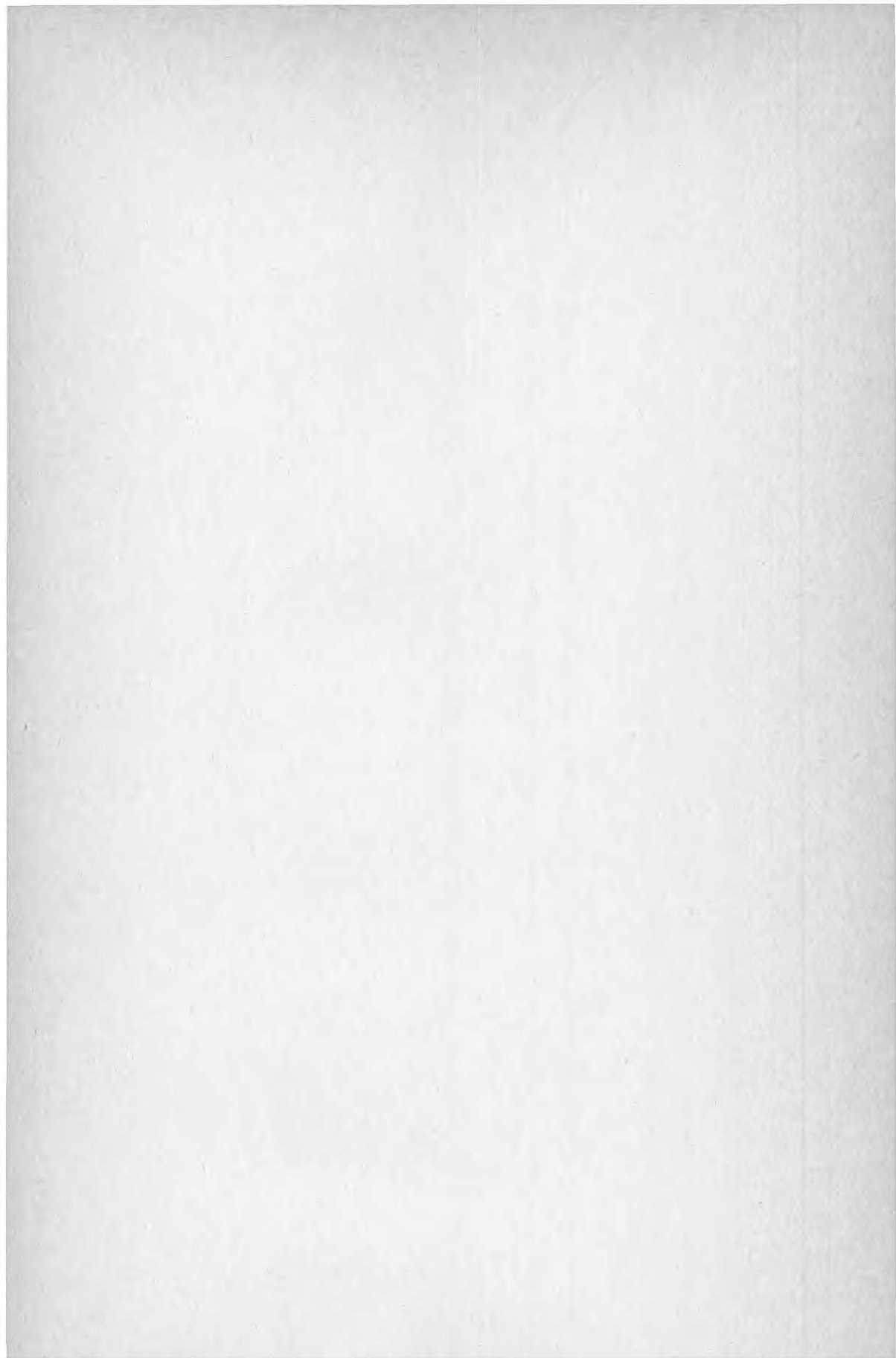
Den beräknade energibesparingen under de ovan nämnda förutsättningarna uppgår till ca 100 GWh/år vid de företag som undersökningen omfattar. Genom värmeåtervinning ur korrosiv ventilationsluft torde under samma förutsättningar totalt omkring 500 GWh/år kunna sparas inom ytbehandlingsindustrin i Sverige.













**Denna rapport avser forskningsanslag 770054-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till  
AB Svenska Fläktfabriken, Stockholm.**

**R70: 1982**

**ISBN 91-540-3728-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700570**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 30 kr exkl moms**