

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 6 1993

Branchekonsulent til
galvanoindustrien

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf 31 57 83 10

4.79 : 504.864.43

38

2x-2

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 6/1993

Branchekonsulent til galvanindustrien
Håndbog

Niels Frees og Johan Chr. Gregersen,
Danmarks Tekniske Højskole.
Instituttet for Produktudvikling.
Sektionen for Almen Procesteknik

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

7059

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

Indhold

1. Introduktion.	1
1.1. Indledning.	1
1.2. Analysemetoder.	1
1.2.1 Materialestrømsanalyse.	2
1.2.2 Værktøj til materialestrømsanalyse.	5
2. Vejledning i konsulentens arbejde	6
2.1. Konsulentens arbejde generelt	6
2.2. Procesoversigt, indledende diskussion	7
2.3. Gennemgang af bogholderi	8
2.4. Gennemgang af produktion og rensningsanlæg	9
2.4.1. Anlægsdata	9
2.4.2. Anlægsbeskrivelse	9
2.4.3. Beskrivelse af renselanlæg	19
2.5. Konklusion	20
2.5.1. Materialeomsætning	20
2.5.2. Konklusion af produktionsgennemgang	22
3. Forslag til løsninger	23
3.1 Systematiske løsningsmuligheder.	23
3.2. Umiddelbare (ikke investeringskrævende) tiltag	28
3.3. Langsigtede (investeringskrævende) tiltag	34
Litteratur, videncentre	47
Appendix 1. Diagnosticeringsmuligheder	48
A1.1. Generelle retningslinier	48
A1.1.1 Bogholderi	48
A1.1.2 Vurderinger	49
A1.1.3 Måling og analyse	49
A1.1.4 Beregninger	50
A1.2. Diagnosemetoder	50
A1.2.1 Måle- og analyseteknik	51
A1.2.2 Måling af delstrømme	54
Appendix 2. Materialestrømme i Galvanovirksomhed.	57
A2.1. Spildstrømme i en Galvanovirksomhed	58
A2.2. Massebalanceberegning for galvaniske virksomheder	62
A2.3. Produktionsforhold og miljøprofil	65
A2.3.1 Produktionsforhold	66
A2.3.2 Miljøprofil	67

Bilag	69
Bilag 1. Brev til virksomhederne	70
Bilag 2. Rapportparadigma	72
Bilag 3. Makro for flowdiagram af renseanlæg	81
Bilag 4. Makro for massebalanceberegning af sparskyl	82
Bilag 5. Eksempel på rapport til virksomhed	83

1. Introduktion.

1.1. Indledning.

Miljøstyrelsen har i forbindelse med tidligere projekter erfaret, at implementering af renere teknologi ikke finder sted uden en aktiv formidlingsindsats. Der er således gennemført en række projekter, der overfor virksomheder skal demonstrere, hvorledes miljøproblemer kan løses med anvendelse af renere teknologi. Men selv om det er påvist, at renere teknologier kan implementeres med tilfredsstillende tekniske og økonomiske resultater, sker udbredelsen og implementeringen meget langsomt.

For at få undersøgt om implementeringen af renere teknologi kan forstærkes gennem etablering af en branchekonsulentordning, der tilbydes et repræsentativt udsnit af en branches virksomheder, er nærværende forsøgsprojekt gennemført i galvanobranchen.

Projektet har derfor, dels det formål at få udviklet og afprøvet værktøjer til hjælp for branchekonsulenter, dels at vise om fremme af renere teknologi kan ske gennem oplysning og konstruktiv rådgivning overfor den enkelte virksomhed.

Projektet er gennemført af Institutet for Produktudvikling i samarbejde med 8 galvanovirksomheder. Metoden, som gennemgås i denne håndbog, er udviklet og afprøvet på basis af gennemførte konsulenttydelser på de 8 galvanovirksomheder.

Denne håndbog beskriver detaljeret, hvordan branchekonsulenten kan gennemføre analyse og rådgivning på en galvanovirksomhed.

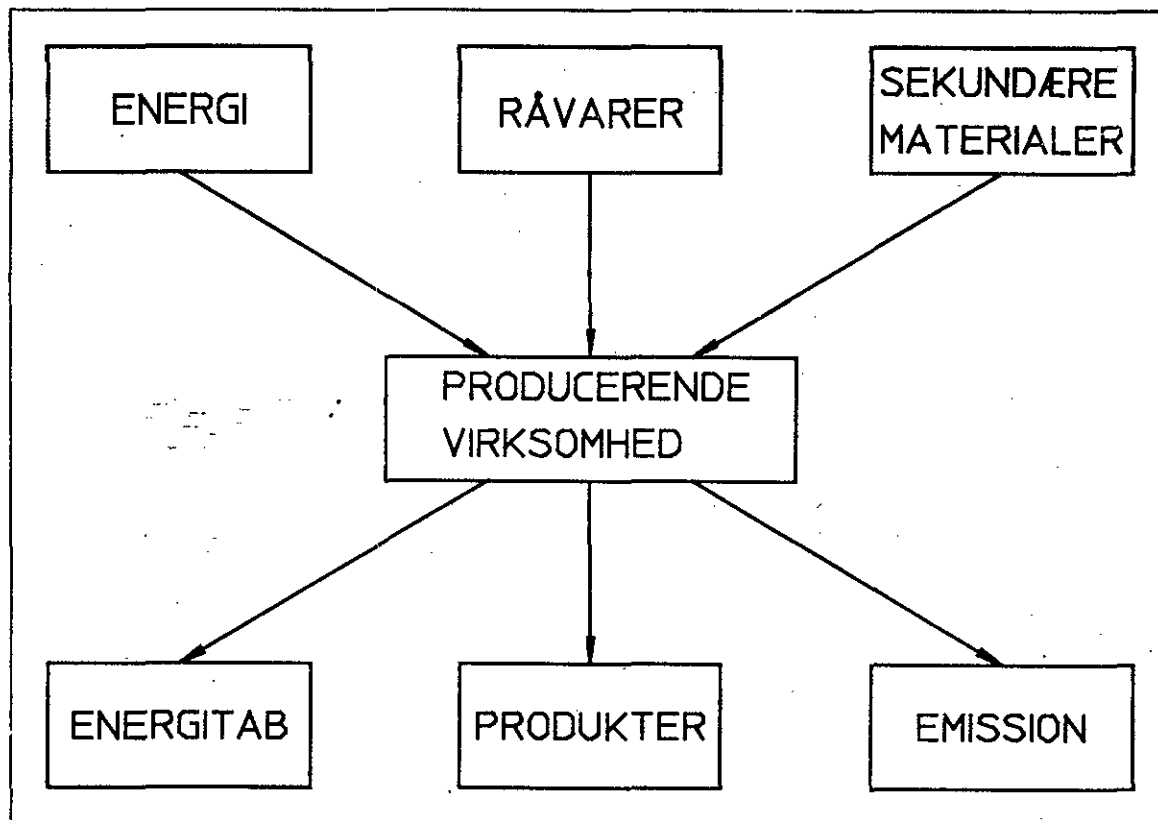
Håndbogen er opbygget med en kort teoretisk introduktion til materialestrømsanalyse i kapitel 1. Derefter følger i kapitel 2 en detaljeret anvisning på gennemførelse af en branchekonsulenttydelse på en galvanovirksomhed. Kapitel 3 indeholder en bred vifte af renere teknologi forslag og forhold som konsulenten skal være opmærksom på under sin gennemgang. Appendiks gennemgår kort forskellige målemetoder og analysemetoder, som anvendes til bestemmelse af materialeindholdet i de forskellige processer.

1.2. Analysemetoder.

Forudsætningen for at få et overblik over en virksomheds muligheder for at anvende renere teknologi er et overblik over materialestrømmene i virksomheden. Gennem en materialestrømsanalyse er det muligt at udpege de processer, som kan forbedres og de materialer, der kan genanvendes eller oparbejdes. Derudover vil materialestrømsanalysen afsløre om der er spildstrømme, der af økonomiske eller miljømæssige årsager bør gøres noget ved.

1.2.1 Materialestrømsanalyse.

Ser man overordnet på en given virksomheds materialestrømme, skal den samlede mængde, som tilføres virksomheden svare til den samlede mængde, som afgår fra virksomheden i form af produkter, energitab og emission. Emission fra virksomheden er her både kontrolleret (opsamlet affald) og "ukontrolleret" (ikke opsamlet udledning) i fast-, flydende- eller luftform. Figur 1 viser skematisk hovedmaterialestrømmene. De enkelte hovedmaterialer kan opdeles i mere specifikke materialer, hvilket er vist i figur 2.



Figur 1

Der er her ikke taget hensyn til den menneskelige arbejdskraft, eller de ressourcer og affalds-/emissionstyper, som er forbundet hermed. Dog vil det nok være nødvendigt at tage hensyn til vandforbrug og energiforbrug til toiletter, bad og rengøring.

Alle virksomheder bruger energi til processer, opvarmning og belysning. Energi kan tilføres som brændsel, varme eller elektricitet.

Råvarer kan være mange ting, og meget afhængig af hvilken type produktionsvirksomhed og hvilke produkttyper vi taler om. For jernindustrielle virksomheder vil råvarerne typisk være metaller, plast, træ, pap, papir og vand. Hertil kommer så en række sekundære materialer som hjælpematerialer, kemikalier og halvfabrikata i form af indkøbte komponenter og lignende. Energi og råvarer omsættes og forarbejdes i en række processer, som i hovedtræk kan henføres til kontorprocesser, produktionsprocesser, transportprocesser, lagerprocesser og vedligeholdelsesprocesser.

Output fra en virksomhed vil være produkter, emission og energitab. Energitabene afgives normalt, som varm luft og varmt vand. Opvarmningen af de to medier er et direkte udtryk for energitabene.

Emission kan være overordentlig mange ting. Langt de fleste produktionsprocesser medfører en eller anden form for affald. Det kan være kemikalieaffald eller det kan være metalspild i

form af spåner, slibestøv eller lignende. Ikke opsamlet emission kan være spildevand, f.eks. brugt køle- eller skyllevand; eller det kan være ventilationsprodukter til luft.

Produktionsaffald skal på en eller anden måde håndteres fornuftigt. Det kan ske på tre måder.

- ved at mindske affaldsmængderne gennem ændrede processer.
- ved at genanvende affaldet.
- ved at deponere eller destruere affaldet.

Den sidste metode er langt den dårligste, når man ønsker at optimere ressourceforbruget, men den kan være økonomisk attraktiv i nogle tilfælde for den enkelte virksomhed. Dette projekt har til opgave, at udvikle og afprøve værktøjer, som kan anvendes til at få overblik over mængderne af emissioner og anviser måder til at begrænse disse og genanvende affaldet. Overblikket kan skaffes ved systematisk at følge råvarerne, energiforbruget og sekundære materialer fra vareindlevering til produktudlevering og distribution. Omkranser man hver eneste proces og registrerer resourcetilførsel og resourceafgang kan man få overblikket ved at sammentælle alle input og alle output.

De elementer der skal beskrives er:

- Produktionsforløb for produkterne.
- Processer; Lagerprocesser, Transportprocesser, Produktions/- forarbejdningsprocesser, m.v.
- Input af råvarer, energi og hjælpematerialer for hver proces
- Spildstrømme fra hver proces
- Produkterne

Produktionsforløbet for de enkelte produkt er oftest bygget op i veldefinerede proceslinier, som kan beskrives. Summen af materialeinput til et produktionsforløb svarer til summen af output i form af spildstrømme og færdigt produkt. Summen af input til alle processerne er den totale materialestrøm ind, og summen af output er den totale materialestrøm ud. I praksis er det svært at håndtere en detalieret model. Antallet af produkter og processer skal ikke være stort, før overblikket forsvinder. Der er derfor i projektet arbejdet med et bogholderisystem, som holder styr på de mange materialestrømme på en overskuelig måde.

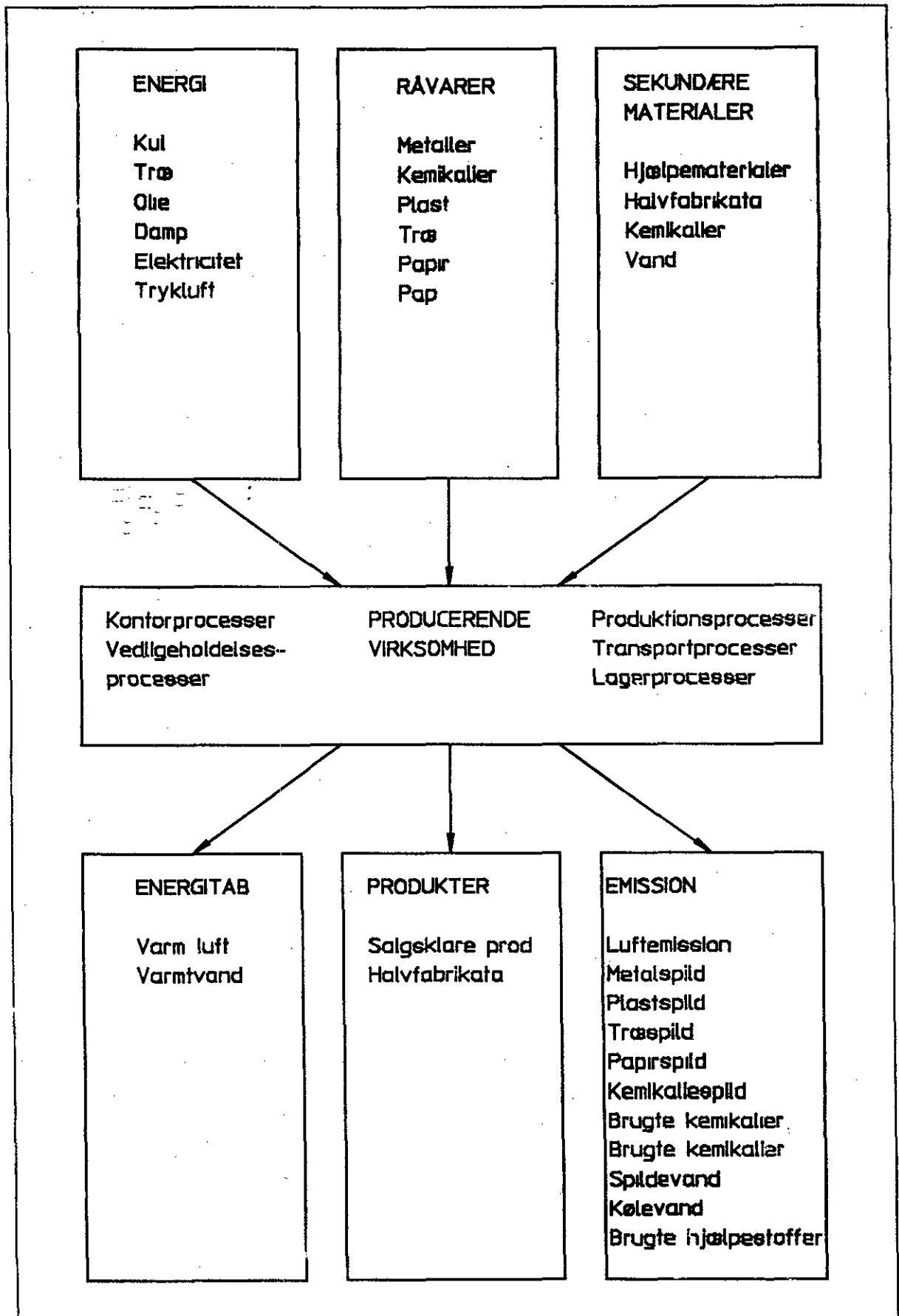
Et eksempel på ovenfor beskrevne massebalance kan være:

nikkelanode + nikkelsalt = Ni-belægning + Ni-udsløb (emission til vand) + Ni-aerosol (emission til luft) + Ni-spild (emission til jord).

En stor del af emissionen til vand vil i reglen blive opsamlet og bundet på fast form (hydroxid), hvorefter den deponeres som affald.

Det er interessant at bemærke, at produktionsforløbet for et givet produkt medfører markante ændringer af materialestrømmenes kvalitet. I virkeligheden flytter kvaliteten fra råvarer og hjælpemidler over på produktet, som får højere og højere værdi i forløbet, medens ikke forbrugte råvarer og hjælpestoffer forvandles til spildstrømme med stort set ingen eller negativ værdi.

1.2.2 Værktøj til materialestrømsanalyse.



Figur 2

Denne håndbog sigter hovedsagelig mod at udarbejde en materialestrømsanalyse for en galvanovirksomhed eller galvanofabrik på overordnet niveau.

De vigtigste procesområder i galvanobranchen er lagerprocesser, transportprocesser (håndteringsprocesser) og produktionsprocesserne, hvoraf sidstnævnte materialestrømsmæssigt er de mest interessante.

Lagerprocesserne er både råvarelager, mellemlagre og færdigvarelager. Lagerfunktionen er på sin vis passiv, men der vil være spildstrømme i form af fordampning, gulvspild m.m., som der må tages hensyn til.

I transportprocesserne er det selvfølgelig håndtering i form af pumpning, omhældning o.s.v., der kan medføre spildstrømme i registrerbart omfang.

For både lagerprocesser og transportprocesser gælder, at det vil være meget vanskeligt, at sætte tal på mange spildstrømme, men der kan nok laves en kvalitativ vurdering, som kan anvendes til at påvirke holdninger hos det personale, som udfører processerne. Det kan f. eks. være unødigt vandspild eller dryp fra fadpumper ved tromleskift. Begge ting kan løses gennem ordentlig information og instruktion.

Det er en meget stor opgave, at gennemføre en detaljeret materialestrømsanalyse, som giver det fulde overblik. Men det er faktisk muligt at udarbejde en tilstrækkelig detaljeret analyse på overordnet niveau indenfor de tids/økonomirammer, som en branchekonsulent skal arbejde under. I det næste kapitel er en sådan fremgangsmåde detaljeret beskrevet.

2. Vejledning i konsulentens arbejde

2.1. Konsulentens arbejde generelt

Konsulenten skal som grundlag for sin vurdering af virksomhedens finde frem til nogle nøgleværdier, som "tager temperaturen" på et galvanisanlæg.

De vigtigste nøgleværdier for en galvanovirksomhed er:

- Vandforbrug pr. produceret arealenhed
- Samlet emission (produceret affaldsmængde og udledning til kloak)
(vurderes i forhold til produktionen)

For at finde disse nøgleværdier må følgende data kendes:

- Badsammensætning
- Vareforbrug - anoder/metalsalt
- Metalslam afhændet til kommunekemi
- Metal udledt til kloak
- Vandforbrug pr. proceslinie/procesled
- Lagtykkelse (specificeret værdi)
- Produceret areal
- Overslæb pr. arealenhed (vurderet værdi)
- Afhænging af bejdse- og kromateringsbade (primært zink)
- Frit katodeareal (zink)(vurderet % af areal)
- Koncentration af sparskyl
- Analyse af metalslam

En del af disse oplysninger kan findes i virksomhedens bogholderi (regnskab og korrespondance), hvorimod andre oplysninger må vurderes eller måles ved gennemgang af anlæg og rensningsanlæg. Virksomhedens omgang med energi er ligeledes et punkt, konsulenten må være opmærksom på.

Det vil lette arbejdet, hvis virksomheden kan finde oplysningerne fra bogholderiet frem på forhånd. I bilag 1 er vist et brev, som kan sendes til virksomheden som forberedelse til konsulentbesøget.

Konsulentens arbejde i forbindelse med besøg og opfølgning på en virksomhed vil normalt indeholde følgende (forventet arbejdsbelastning i parentes):

- Indledende diskussion på ledelsesplan om besøgets formål, renere teknologi tankegang, virksomhedens miljøforhold og planlægning af arbejdet (ca. 2 h).
- Fremskaffelse af nøgletal på makroniveau fra produktionen ved samtale med bogholderi og produktionsfolk (2-5 h). Virksomheden bør om muligt have fremskaffet oplysninger før mødet.

- Gennemgang af produktion, med udtagning af enkelte prøver for analyse for at supplere ovennævnte nøgletal. Under gennemgangen iagttages hvor hensigtsmæssigt og omhyggeligt virksomheden håndterer produktionen (3-7 h).
- Udarbejdelse af forslag og rapport, herunder overordnet materialestrømsbeskrivelse, økonomisk vurdering og prioritering (hjemme)(20-30 h).
- Afsluttende diskussion på ledelsesplan med gennemgang af materialestrømsmodel, forslag og rapport samt opstilling af strategi. Påpegning af virksomhedens nettofordele ved miljøinvestering (ca. 2 h).
- Opfølgning (efter ½-1 år)(ca. 2 h).

Til en branchekonsulentydelse vil normalt medgå ca. 30 timer for en lille virksomhed/afdeling og ca. 50 timer for en stor virksomhed/afdeling. Selve arbejdet med gennemgangen af virksomheden kan normalt klares på en dag for en lille virksomhed, hvorimod man må påregne at skulle bruge 2 dage på en stor virksomhed.

Da der er mange ting at holde styr på i en galvanovirksomhed er det en stor fordel for konsulenten at arbejde ud fra et fast paradigme (fleksibelt "standardskema"). Et sådant paradigme er vist i bilag 2, og det findes også til tekstbehandlingssystemet WordPerfect, udarbejdet som rapportfil med makroer. Paradigmet og konsulentens konkrete arbejde ved udfyldning af dette er gennemgået i afsnit 2.2.-2.5., som er inddelt i følgende aktiviteter:

- Procesoversigt, indledende diskussion
- Gennemgang af bogholderi
- Gennemgang af produktion og rensningsanlæg
- Konklusion

Konsulentens arbejde som ovenfor beskrevet omfatter ikke implementeringen af renere teknologi i en virksomhed. Implementeringen er et ikke uvæsentligt punkt, men er meget svært at håndtere indenfor en konkret beskrevet ydelse (som en branchekonsulentordning skal tilbyde). Efter branchekonsulentydelsen må konsulenten være forberedt på at kunne hjælpe virksomheden med implementering af forslagene, f.eks. ved kontakt til leverandører og myndigheder, udarbejdelse af mere detaljerede forslag, afklaring af organisatoriske aspekter, etc. Nogle virksomheder kan selv magte implementeringen, hvorimod andre skal "holdes i hånden" over et længere forløb.

2.2. Procesoversigt, indledende diskussion

Ved den indledende samtale på virksomheden, som regel med virksomhedens leder, skal konsulenten opnå følgende:

- Vinde virksomhedens tillid, så samarbejdet mellem virksomhed og konsulent kan finde sted i en tillidsfuld og konstruktiv atmosfære.
- Forklare baggrunden for branchekonsulentarbejdet. "Sælge" idéen med renere teknologi til virksomheden. Forklare potentielle fordele for virksomheden med indførelse af renere teknologi tiltag - driftsøkonomi, image, kvalitet/styring.

kunderelationer. Nedbryde eventuelle barrierer omkring miljø/arbejdsmiljø og renere teknologi.

- Forklare paradigmet og de nøgletal der lægges til grund for afrapporteringen. Herunder forklares hvilke oplysninger der skal indhentes og hvordan nøgletallene fremkommer.
- Skaffe sig overblik over virksomheden - medarbejdere, produkter, processer, produktionsanlæg. *Herunder udfyldes side 1 i paradigmet.*
- Planlægge det konkrete arbejde på virksomheden, herunder introduktion til de medarbejdere der skal bistå med gennemgang af bogholderi og produktion.

2.3. Gennemgang af bogholderi

Gennemgangen af bogholderiet omfatter primært opgørelse af vareforbrug og opgørelse af affald (opsamlet emission) fra virksomheden. Bogholderiet kan sekundært støtte indsamling af data fra produktionen, hvilket er beskrevet i afsnit 2.4.

Vareforbrug:

Vareforbruget opgøres for nøgleprodukter ud fra fakturakopier eller dataudskrifter i bogholderiet.

Vareforbruget opgøres for de enkelte produktionslinier og på rensningsanlægget. Opgørelsen sker lettest såfremt produktionen er opsplittet i konti for de enkelte linier. Er dette ikke tilfældet baseres opgørelsen på virksomhedens skøn eller produktionsskemaer. *Tabel 1 i paradigmet kan benyttes til opgørelse af vareforbruget.*

Indkøbene opgøres for en række nøgleprodukter for en repræsentativ periode (vurderet af indehaveren). Det årlige gennemsnitsforbrug beregnes. Ved opgørelsen må der tages hensyn til lagerbeholdning ved start og slut af perioden. Normalt købes ind når lageret er nede (just-in-time leverancer), men dyre metalanoder (f.eks. nikkel) købes fortrinsvist ind når markedsprisen er lav.

Affald:

Afhænging af kemikalieaffald opgøres ud fra følgesedler til kommunekemi eller anden affaldsmottager. *Tabel 2 i paradigmet kan benyttes til opgørelse af afhændet affald.*

2.4. Gennemgang af produktion og rensningsanlæg

2.4.1. Anlægsdata

Produktionsgennemgangen, suppleret med oplysninger fra bogholderiet, resulterer i en række data for produktionslinierne, herunder nøgletal for vandforbruget. *Tabel 3 i paradigmet kan benyttes til præsentation af anlægsdata.*

Det pletterede areal opgøres for hver produktionslinie. I nogle tilfælde kan bogholderiets oplysninger lægges til grund for arealopgørelsen, f.eks. ud fra omsætningen, hvor arealet indgår i kundeprisen, eller hvis virksomheden har stamkort på de behandlede produkter med oplysninger om arealet. I mange tilfælde må arealopgørelsen ske under produktionsgennemgangen, se anlægsbeskrivelse nedenunder.

Vandforbruget opgøres for hver enkelt produktionslinie. Opgørelsen kan ske ud fra bogholderiets oplysninger, såfremt disse er tilstrækkeligt detaljerede. Hvis dette ikke er tilfældet kan opgørelsen ske under produktionsgennemgangen, eller ud fra virksomhedens skøn, såfremt der ikke er andre muligheder.

2.4.2. Anlægsbeskrivelse

Beskrivelse:

Til anlægsbeskrivelsen findes en makro, "anlæg", i WordPerfect paradigmet. *Processkema* kan benyttes til beskrivelse af de enkelte produktionslinier. For at få en ensartet beskrivelse er det en fordel at benytte dette skema selvom der findes beskrivelser og tegninger på virksomheden.

Processkemaet indeholder følgende oplysninger:

Pos. nr.:	Kronologisk rækkefølge af placeringen af enkeltprocesser (kar) i produktionslinien.
Rækkefølge, nr.:	Processrækkefølge på linien. Denne er ikke nødvendigvis den samme som placeringen af enkeltprocesserne på linien.
Proces:	Betegnelse for enkeltprocesserne
Type:	Type af proces, f.eks. sur, alkalisk, modstrømsskyl, sparskyl etc.
Vandforbrug, flow:	Flow (l/h el. m ³ /døgn) målt pr. vandtilledning til skyl samt omregning til årligt vandforbrug. Såfremt der ikke er påbygget flowmålere på skyllekarene er det som regel muligt at måle vandflowet ved hjælp af litermål og stopur.
Bemærkninger:	Forklaringer til produktionsliniens opbygning eller drift, f.eks. kobling af modstrømsskyl/sparskyl, udskiftning af bade (bejdsning,

kromatering) eller evt. sparskyl, metalkoncentration i badet på udskiftningstidspunktet, etc.

Bemærkninger, udslæb, vandforbrug:

Her fremkommer nøgletal for udslæbt metalmængde (emission) og vandforbrug pr. arealenhed. For at komme frem til disse nøgletal er det nødvendigt at kende det pletterede areal samt overslæb mellem badene (badsammensætningen oplyses af virksomheden eller analyseres).

Der skelnes mellem overslæb og udslæb på følgende måde: Overslæbet er den væskemængde, som følger med varerne fra ét kar til et andet. Udslæbet er den metalmængde (eller andet, f.eks. olie), som netto forlader karrerne (til luft, til rensning/kloak og til affald). Udslæbet følger i mange tilfælde direkte med overslæbet, men i forbindelse med f.eks. sparskyl kan en stor del af den udslæbte metalmængde ledes tilbage igen. Andre typer af udslæb er tømning af kasserede bade, ikke genbrugelig belægning af kontaktflader, ventilationsprodukter (aerosoler) og øvrige spildstrømme.

Areal:

Arealet kan opgøres på følgende måder:

- 1) ud fra metalforbrug (overslæbskorrigeret) og lagtykkelse
- 2) ud fra stikprøveopmåling
- 3) ud fra proceskort
- 4) ud fra amperetimer og lagtykkelse

Opgørelse af arealet ud fra metalforbruget vil i reglen give det mest pålidelige resultat, men såvidt muligt bør man desuden opgøre arealet ved en anden metode for sammenligningens skyld.

Arealopgørelse er vigtig i forhold til de efterfølgende beregninger og vurderinger. Erfaringsmæssigt føler virksomhederne, at arealet er meget usikkert at opgøre. Man bør derfor støtte arealopgørelsen med så mange oplysninger som muligt. Virksomhedsindehaverens fornemmelse kan i nogle tilfælde være nyttig, men giver i andre tilfælde et forkert billede. Nogle virksomheder giver tilbud baseret på pletteret areal, så her kan man støtte sig til omsætningen for de enkelte produktionslinier.

1) Ud fra metalforbrug (overslæbskorrigeret) og lagtykkelse:

Som mål for lagtykkelsen benyttes den specificerede lagtykkelse, med mindre der findes mere eksakte mål, f.eks. fra kvalitetskontrol. Metalforbruget fås fra opgørelsen af vareforbruget i bogholderiet. Der skal dog tages højde for spildstrømme (overslæb).

For bade med opløselig anode kan man nogenlunde regne med, at forbrugt anode går direkte til belægning, idét overslæbet (ideelt set) modkompenseres af kemikaliedosering til badet. Man kan da direkte gå ud fra anodeforbruget. Nogle bade vil opløse anode ved simpel anætsning ud over den elektrokemiske opløsning, hvilket giver en vis usikkerhed (i reglen få procent).

For bade med inert anode går den doserede kemikaliemængde både til belægning og udslæb. Fordelingen herimellem er ikke umiddelbart kendt. Den udslæbte metalmængde kan antages at være 5-10 % af den totale metaltilsætning for de fleste processer. For processer med en høj metalkoncentration i badet, og/eller for meget tynde belægninger, kan udslæbet udgøre

størstedelen af metalforbruget. Et eksempel på dette er glanskrom, men her kan arealet dog bestemmes ud fra en forudgående fornikling. Hvis der er tilbageføring af skyllevand til proceskarret (sparskyl) udgør den netto udslæbte metalmængde en relativt beskedent del af metalforbruget.

Foruden det normale udslæb via overslæb med varerne vil der være et udslæb via belægning af uisolerede kontaktflader i stel og tromle. Dette bidrager med en lille usikkerhed, i reglen nogle få procent.

2) Ud fra stikprøveopmåling:

Stikprøver af et repræsentativt udsnit af emnetyper fra produktionen arealbepstmmes og de udtagne emnetyper vejes. Det pletterede areal pr. år kan derefter bestemmes, da virksomheden i reglen kender vægten af pletterede varer.

3) Ud fra proceskort:

I nogle virksomheder findes oplysninger i bogholderiet om det belagte areal, f.eks. i proceskort eller stamkort. Sådanne oplysninger findes i reglen kun hvis virksomheden er ISO9000 godkendt.

4) Ud fra amperetimer og lagtykkelse:

Arealet kan bestemmes ud fra den specificerede lagtykkelse og den udfældede metalmængde bestemt ud fra amperetimetallet (Coulombs lov). Her skal virkningsgraden af processen dog være kendt. Beregningen er beskrevet i Appendix 1. Oplysninger om amperetimetallet i forhold til den kørte produktion bogføres dog kun undtagelsesvis på virksomhederne, og en eventuel registrering heraf går derfor tabt. Oplysninger kan muligvis være til stede i ISO 9000 godkendte virksomheder.

Overslæb:

Overslæbet kan opgøres på følgende måder:

- 1) ud fra overslæb pr. dm^2 og pletteret areal med tillæg for stel/tromle.
- 2) ud fra kemikalietilsætningen

I en løbende produktion er det ikke realistisk muligt at opmåle overslæbet eksakt. Man må derfor basere sig på et estimat. De nævnte metoder fungerer i praksis tilfredsstillende. Vurdering af overslæbet ud fra overslæb pr. arealenhed vil i reglen give det mest pålidelige resultat, men såvidt muligt bør man også vurdere overslæbet ud fra kemikaliedoseringen for sammenligningens skyld. Det er desuden muligt at kontrollere overslæbsvurderingerne ved at sammenligne overslæbsemissionen (udslæbet) med emissionen estimeret ud fra affalds- og spildevandsanalyser (tabel 4 i paradigme), se afsnit 2.5.

1) Ud fra overslæb pr. dm^2 :

Overslæbet via emnerne fra et bad kan skønsmæssigt anslås ud fra erfaringsværdier for overslæb pr. dm^2 . En almindelig håndregel siger, at overslæbet er 1-2 ml/dm^2 . Dette afhænger naturligvis af emnernes form, afdrypningstid og om der er tale om stel eller tromle. Der må desuden beregnes et tillæg for overslæb via stel- eller tromle. Tillægget til stel eller tromle

angives procentvis ud fra et skøn over hvor stort stel- eller tromlearealet er i forhold til emnearealet.

Resultater fra laboratoriemålinger af overslæb findes i Appendix 2, tabel 2.

I praksis kan man tage udgangspunkt i de skønsmæssige værdier vist i nedenstående tabel, baseret på gennemgangen af testvirksomhederne for branchekonsulentprojektet.

Anlægstype	Emner		Dryptid		Overslæb ml/dm ²	
	simple	komplexe	kort (1-3s)	normal (5-10s)		
Stel	manuelt	X	X		2	
			X	X	3	
	automatisk	X		X		1
		X			X	0.75
			X	X	X	1.5
	X	X		X	1	
Tromle	manuelt	X	X	X	3	
		X	X	X	2	
	automatisk	X	X		X	1.5

Overslæbet kan være mindre end ovenfor anført, hvis der er tale om meget lange dryptider (15-20s), men der er en grænse for dryptidens længde, idét der er risiko for at emnerne bliver skjoldede eller passiverer.

2) Ud fra kemikalietilsætningen:

Vurdering af overslæbet ud fra kemikalietilsætningen kan foretages for bade med opløselig anode. Overslæbet modkompenseres principielt af dosering af vand og kemikalie til badet. Når kemikaliedoseringen og badkoncentrationen er kendt kan overslæbet derfor beregnes. Metoden er dog usikker, da hverken væskniveau i karet eller kemikaliekoncentration i badet er helt konstante. Desuden vil nogle bade opløse anode ved simpel anætsning ud over den elektrokemiske opløsning, hvilket bidrager til usikkerheden.

Udslæbt metalmængde:

Den udslæbte metalmængde fra badene (via overslæb eller kassering af bade) er den direkte kilde til emission (affald og udledning til kloak) fra virksomheden. Ventilationsprodukter og spild udgør materialestrømsmæssigt en forsvindende lille del (promiller), men må naturligvis tages med i den generelle vurdering af virksomhedens miljø- og arbejdsmiljøforhold. Udslæbet er en nøgleværdi, og er et udtryk for om virksomheden har en unødigt stor emission.

Udslæbet kan opgøres på følgende måde:

- 1) ud fra overslæbet og metalkoncentrationen i badet.

med tillæg af

- 2) tømning af bade til rensningsanlægget
- 3) arealandel zink udfældet på stel/tromlekatode og opløst i bejdse

Til sammenligning med 1) kan udslæbet opgøres ud fra:

- 4) metallsalttilsætning v. opløselig anode

Opgørelse af metaludslæbet ud fra 1) giver i reglen det mest pålidelige resultat, men såvidt muligt bør man også opgøre udslæbet ved 4) for sammenligningens skyld. Der er desuden nogle særlige forhold man skal være opmærksom på omkring bejdse- og kromateringsbade, filtrering, ionbytning og sparskyl. Disse forhold beskrives under 1).

- 1) Ud fra overslæbet og metalkoncentrationen i badet:

Den udslæbte metalmenge findes ved at gange overslæbet med koncentrationen i det aktuelle kar. Denne mængde er totalt fra badet, men man må efterfølgende skelne mellem udslæb til spildevand (kloak) og opsamlet udslæb (se også afsnit 2.5.). Følgende forhold skal iagttages:

Bejdse- og kromateringsbade:

I bejdse- og kromateringsbade opbygges zink under driften, og slæbes ud med overslæbet fra disse bade. For bejdsebade kan man lave en totalbetragtning for udslæb via emner og udslæbet via afhænding af kasserede bade, se 3). For kromateringen kan man som tommelfingerregel gå ud fra, at gennemsnitskoncentrationen af zink gennem badets levetid er 2 g/l. Koncentrationen af krom er oplyst i badspecifikationerne og er nogenlunde konstant. Se desuden 2) for kassation af kromateringsbade.

Filtrering:

Filtrering bidrager inddirekte til udslæb fra virksomheden i form af filterpapir eller dekanteringsrester (aktivt kulslam). Dette optræder især ved nikkel.

Ionbytning:

Ionbytning benyttes oftest som en vandbesparende renseforanstaltning. Eluatet fra ionbytterer er derfor et udslæb som afhændes til kommunekemi eller til virksomhedens rensningsanlæg. Ionbytterer er derved kun et "mellemlager". Totaludslæbet beregnes på normal vis ud fra metalkoncentration og overslæb, men det kan være en fordel at skelne mellem udslæb opsamlet via ionbytter, udslæb som ledes til rensningsanlæg og udslæb som ledes direkte til kloak.

I særlige tilfælde indgår ionbytterer i en emissionsbegrænsende renere teknologiløsning, f.eks. et sparskyl. Ionbytterer kan her indgå som et "filter" og vil derved give et inddirekte udslæb, da ionbytterer binder en del badvæske som går tabt ved eluering. I nogle tilfælde kan eluattet udnyttes på virksomheden, men ionbytterer er fortsat ikke tabsfri.

Sparskyl:

Ved sparskyl skelnes princippielt mellem om skyllet ledes tilbage til proceskar eller ej. Der kan være tale om en blanding mellem disse, f.eks. hvis kun en del af sparskyllet kan ledes til proceskarret på grund af lav fordampning fra dette.

Hvis sparskyllet (1.spar) ledes til proceskar tages udgangspunkt i næstsidste skyllekar. Udslæbet fra dette kar (hvor metalkoncentrationen er relativt lav), føres over i et sidste skyl, som holdes rent over ionbytter eller ved vandgennemstrømning. Udslæbet fra næstsidste skyl går derfor enten til kloak/reanseanlæg eller til ionbytter, se ovenfor. Man må desuden være opmærksom på om der kan være tale om inddirekte udslæb fra filtrering eller ionbytning af den tilbageførte strøm.

Hvis sparskyllet ikke ledes til proceskar vil 1.spar blive opsamlet og med mellemrum blive afhændet enten til kommunekemi eller til virksomhedens eget rensningsanlæg. I dette tilfælde kan man derfor tage udgangspunkt i udslæbet fra proceskarret. Man bør dog i lighed med ovenstående også bedømme udslæbet fra næstsidste skyl, for at kunne skelne udslæb til spildevand fra opsamlet udslæb, og dermed bedømme hvor meget udslæbet kan nedbringes ved tilbageledning til proceskar.

Massebalancen mellem udslæb (via overslæb) og tilbageføring kan beregnes på baggrund fra analysetagning af karrene eller måling af de aktuelle strømme, se bilag 4. Der findes også et EDB-program som udfører denne beregning ("Sparskyl" fra fa. NelCom). Man kan få en bedre fornemmelse for sparskyllets balance og effektivitet ved at gennemføre disse beregninger.

2) Tømning af bade til rensningsanlægget:

Vedrørende afhænding af kasserede bade til rensningsanlæg eller til kommunekemi må man især være opmærksom på brugte bejdsebade og brugte kromateringsbade. Pånær kemiske bade er det sjældent nødvendigt at afhænde pletteringsbade grundet disses generelt lange levetid (adskillige år). Afhænding af elektrolytiske pletteringsbade er derfor ikke en almindeligt forekommende driftssituation.

Bejdsebade:

I brugte bejdsebade opbygges under drift en stor mængde jern fra emner og zink fra udfældning på stel eller tromlekatoder. For virksomheder med en stor produktion af messing og kobberemner må man desuden være opmærksom på opbygning af kobber i bejdsen (kobber/messingemner har som regel sin egen bejdse). Det er vanskeligt ved analyse at afgøre hvor stor en mængde det drejer sig om, da man skal følge bejdsen i hele dens levetid. For zink er det muligt at lave en opgørelse, se 3).

Kromateringsbade:

I kromateringsbade opbygges zink under driften. Ved kassation af kromateringsbade kan man som tommelfingerregel gå ud fra, at koncentrationen af zink er 4 g/l.

Pletteringsbade:

Pletteringsbade bør så vidt muligt afhændes på en måde så badene enten regenereres (f.eks. ved tilbagetagning til leverandør) eller så metallet i badene udvindes (f.eks. ved elektrolyse - husk badresten er kemikalieaffald). Kun i nødsfald afhændes badet til kommunekemi eller rensningsanlægget.

3) Arealandel zink udfældet på stel/tromlekatode og opløst i bejdse:

Man kan her se på hvor stor en procentdel det uisolerede kontaktareal på stel eller i tromle udgør af det samlede udfældede areal (emne + kontakt). Denne procentdel af zinkanode forbruget kan antages at blive slæbt ud med bejdsen - via overslæb og via afhænging af bejdsen. Emnekontakten i tromler etableres af katodeplader eller af massive katodestykker hvis areal kan måles direkte. Erfaringsmæssigt udgør kontaktareale: 1-10% (normalt 2-5%) for stel og katodeplader i tromler og få promille for katodestykker i tromler.

4) Metalsalttilsætning v. opløselig anode:

Vurdering af metaludslæbet ud fra tilsætningen af metalholdigt kemikalie kan foretages for bade med opløselig anode. Udslæbet modkompenseres principielt af dosering kemikalie til badet, idét anodeforbruget går til belægningen. Kemikaliedoseringen er derfor (ideelt set) et direkte udtryk for udslæbet. Metoden er dog usikker, da hverken væskniveau i karet eller kemikaliekoncentration i badet er helt konstante. Desuden vil nogle bade opløse anode ved simpel anætsning ud over den elektrokemiske opløsning, hvilket bidrager til usikkerheden. Man må desuden være opmærksom på, om der er brugt kemikalie til opsætning af nye bade,

Vandforbrug:

Antal liter skyllevand pr. dm² pr. linie er en nøgleværdi for den benyttede skyllevandsmængde, og er et udtryk for om der er besparelser at hente.

Vandforbruget på de enkelte linier kan måles ved aflæsning af vandmålere, såfremt sådanne er monteret, eller ved hjælp af målebæger. Bogholderiet har oplysninger om virksomhedens samlede vandforbrug (regning til vandværket), hvorimod forbruget på de enkelte linier kun sjældent kan hentes i bogholderiet.

Ved måling af vandforbruget med målebæger føres karrets tilledning ned i et målebæger, evt. via en påkoblet slange, og der tages tid til fyldning af bægeret. En stor fordel ved metoden er, at vandforbruget måles pr. kar, hvilket giver mulighed for at vurdere, om de enkelte skylleprocesser har et unødigt højt forbrug.

Summen af det målte vandforbrug på de enkelte linier udgør langt størstedelen af virksomhedens kontinuerte vandforbrug. Dertil kommer et diskontinuert forbrug til sanitet og rensningsanlæg. Resultatet af vandforbrugsmålingen kan kontrolleres ved aflæsning af virksomhedens hovedvandmåler før og efter bestemmelsen med målebæger eller aflæsning af vandmålere på enkeltkar eller linier.

Kommentarer:

Udslæbet og vandforbruget kommenteres. Virksomhedens udnyttelse af energiresourcer kommenteres ligeledes. Endelig kommenteres konkrete uregelmæssigheder og mangler med hensyn til miljø- og arbejdsmiljøforanstaltninger. Kommentarerne er et oplæg til de efterfølgende forslag til tiltag.

Udslæb:

Den samlede emission fra en virksomhed i forhold til det producerede areal afhænger af mange faktorer, hvoraf den udslæbte mængde og behandlingen heraf vejer tungt. En

virksomhed er selvfølgelig underlagt myndighedernes krav for, hvad de finder acceptabelt. Set ud fra et teknisk synspunkt kan der ikke gives nogen entydig grænse for, hvad der er tilfredsstillende (opnåeligt) med hensyn til emission, uanset om myndighedernes krav er efterlevet. Man må i stedet se på, om virksomhedens produktionssystemer, og håndteringen heraf, er hensigtsmæssige.

De vigtigste forhold at have for øje er følgende:

- Emneafdrypning; tid, spray
 - længst mulig afdrypningstid
 - badvæsken skal kunne løbe ud af emnerne
 - sprayskyl over kar mindsker udslæbet
- Badsammensætning; konc., komplekser
 - mindst mulig metalkoncentration i badene tilstræbes
 - undgå bade med komplekdannere
- Filtrering
 - undgå unød filtrering
 - bade som kræver mindst mulig filtrering bør foretrækkes
 - benyt filtreringsteknik, som giver mindst muligt spild (filtrerpapir mættet med aktivt kul foretrækkes normalt, aktivt kul direkte i badene bør undgås)
- Tilbageføring af udslæb
 - udslæb kan for en stor del tilbageføres ved sparskyl
 - eluat fra ionbytter kan i nogle tilfælde genbruges i bade
- Metalgenvinding
 - udvinding af metal fra kasserede bade
 - udvinding af metal fra sparskyl, ionbyttereluat eller andet opsamlet spild
- Regenerering
 - oparbejdning af kasserede bade
- Rensningsanlæg/udledning
 - decentral rensning/opsamling til kommunekemi kan evt. kommenteres her. Central rensning og udledning kommenteres i afsnit 2.4.3., beskrivelse af renseanlæg.

Under kommentarer anføres kun egentlige uregelmæssigheder, idét forslag til forbedringer beskrives under umiddelbare og langsigtede tiltag.

Vandforbrug:

Grænsen for, hvad der er tilfredsstillende med hensyn til vandforbruget afhænger af følgende forhold:

- Produktionsliniens art

Produktionslinier, som indeholder mange procestrin eller som kræver stor omhu i forbehandlingen, er mere vandkrævende. Det gælder f.eks. nikkellinier, som indeholder både nikkel og glanskrom og evt. også kobber.

- **Produktionens art**
Tromleproduktion er mere vandkrævende end stelproduktion. Emner, som er ekstra kritiske med hensyn til kvalitet, eller som har en kompleks geometri, er ligeledes mere vandkrævende.
- **Type af skyl**
Følgende vejledende værdier kan gives, under hensyntagen til ovennævnte bemærkninger:
 - linier med sparskyl/andre foranstaltninger: 0.05 - 0.2 l/dm²
 - linier med modstrømsskyl: 0.2 - 0.5
 - linier med simpelt gennemstrømningsskyl: 0.4 - 1

Skyllene på en produktionslinie er oftest indrettet med en blanding af de nævnte typer. F.eks. er forbehandlingsskyl indrettet som modstrømsskyl eller gennemstrømsskyl, da det her er vanskeligt eller umuligt at benytte sparskyl.

Vandforbrug som ligger højere end de nævnte værdier kan som regel nedbringes ved umiddelbare tiltag. Ved langsigtede tiltag bør man etablere skylleprincipper, som giver det mindst mulige vandforbrug (og samtidigt den mindst mulige emissions-/affaldsmængde).

Energi:

På en galvanovirksomhed benyttes der energi til følgende formål:

- **Processer**
Procesenergien er givet ved Coulombs lov (se Appendix 1). Processer med en katodisk virkningsgrad nær 100% bør foretrækkes. Processer med en lav virkningsgrad bør drives så virkningsgraden bliver så god som muligt.
- **Hjælpeprocesser**
Hjælpeprocesser kan være nødvendigt til at drive renere teknologi tiltag, f.eks. tvungen fordampning fra bade. Man må satse på hjælpeprocesser som er mindst muligt energiforbrugende.
- **Opvarmning af bade**
Til opvarmning af bade bør man tilstræbe at udnytte overskudsvarme andre steder fra i virksomheden, f.eks. ved varmeveksling med bade som kræver afkøling. Man kan udnytte temperaturforskelle eller benytte varmepumper.
- **Afkøling af bade**
Se bemærkning til opvarmning af bade.
- **Transport af væsker og varer**
Transport af varer med kran og pumpning af procesvæsker og skyllevand kræver energi. Man må her vurdere, om virksomhedens indretning og interne logistik er hensigtsmæssig.
- **Beskyttelse af miljø og arbejdsmiljø**
Ventilationsanlæg og luftvaskere bør indrettes med varmegenvinding og/eller så varmetabet begrænses.

- Forbrugsvand, rumopvarmning, lys
Virksomheder med megen overskudsvarme bør udnytte dette til rumopvarmning og varmt forbrugsvand.

Under kommentarer anføres egentlige uregelmæssigheder. Forslag til forbedringer kan beskrives under umiddelbare og langsigtede tiltag.

Umiddelbare tiltag:

Umiddelbare tiltag kan etableres uden eller med meget lille investering. Umiddelbare tiltag er nærmere beskrevet i kapitel 3. De foreslåede tiltag bør primært sigte mod renere teknologi, dvs. mindsket vandforbrug, mindskede spildstrømme og bedre energiudnyttelse. Sådanne tiltag vil medføre en umiddelbar rentabilitetsforbedring af produktionen. Bedre rensemetoder foreslås som sekundære tiltag. Såfremt der er forhold, som er miljømæssigt eller arbejdsmiljømæssigt uforsvarligt må dette påpeges.

Umiddelbare tiltag er eksempelvis:

- omhu med afdrypning på manuelle anlæg, arbejdsvaner generelt
- simple løftehjælpermidler ved afdrypning på manuelle anlæg
- forlænget afdrypningstid på automatiske anlæg
- reduceret vandtilførsel (øget ledningsevne i skyl), f.eks. ved manuel eller aktiv styring ved hjælp af vandmålere, portionsudmålere eller ledningsevnemålere
- sprayskyl over kar, etc.
- fornuftigt valg af kulfiltreringsmåde og -terminer
- omhu med valg og dosering af additiver
- påkrævet ventilation eller andre arbejdsmiljøforanstaltninger
- påkrævet luftvaskning eller andre miljøforanstaltninger

Langsigtede tiltag:

Langsigtede tiltag er investeringskrævende og der må derfor beregnes en afskrivningstid. Langsigtede tiltag er nærmere beskrevet i kapitel 3. Tiltagene bør primært sigte mod renere teknologi, dvs. mindsket vandforbrug, mindskede spildstrømme og mindsket energiforbrug, sekundært mod bedre rensemetoder. Det forudsættes, at forsvarlige arbejdsmiljømæssige foranstaltninger er integreret i de foreslåede løsninger.

Langsigtede tiltag er eksempelvis:

- fornyelse eller modernisering af proceslinier med henblik på produktion efter sparskylsprincippet med tilbageføring til procesbadet
- påkobling af udstyr til metal- og kemikaliegenvinding, f.eks. elektrolyse af kasserede bade eller af sparskyl, hvor tilbageføring til procesbadet ikke er tilrådeligt eller ionbytning hvor eluat genanvendes i proceskar.
- erstatning af miljøbelastende processer med mindre miljøbelastende, eksempelvis processer som arbejder med mindre metalkoncentration i badet eller med mindre miljøbelastende stoffer
- indretning af anlæg til genanvendelse eller bedre udnyttelse af skyllevand, f.eks. modstrømskyl mellem forbehandlingsskyl
- ultrafiltrering af affedterbade

- omlægning/ændring af produktionssystemer for at sikre bedre intern logistik

Økonomi:

Besparelsespotentialet beregnes for henholdsvis umiddelbare tiltag og langsigtede tiltag. De nødvendige investeringer for de foreslåede løsninger vurderes. Virksomhedens gevinst ved umiddelbare tiltag og afskrivningsperiode for langsigtede løsningsforslag beregnes.

Følgende faktorer indgår i beregningerne:

- Vandbesparelse
- Besparelse på anoder
- Besparelse på badkemi
- Besparelse på renskemiddel
- Besparelse på affaldsbortskaffelse
- Besparelse/merudgift til energi

Ved vurdering af en langsigtet løsning må der endvidere tages hensyn til, om virksomheden alligevel står overfor anlægsfornyelser, f.eks. af proceslinier eller renselanlæg.

2.4.3. Beskrivelse af renselanlæg

Beskrivelse:

Virkemåde:

Afgiftning, fældning, ionbytning etc.

Processkema:

Flowdiagram over karopstilling og procesrækkefølge kan evt. placeres her eller som bilag. Makro til tegning af flowdiagram kan hentes ind i WP-paradigmet (makro: flow).

Bemærkninger, udsløb:

Typiske udledningsværdier:

Gennemsnittet af et antal repræsentative analyser af virksomhedens udledning til kloak anføres. Målingerne kan være foretaget af myndighedernes miljøkontrol eller virksomhedens egenkontrol. Angivelsen vil være i ppm. Den udledte mængde kan angives i tabel 4 i paradigmet.

Kommentarer:

Ved unormalt høje værdier bør man især være opmærksom på komplexdannere, fældnings-pH, anlæggets kapacitet, flokuleringsindretning og filtrering. Komplexdannere kan optræde i affedterbade og pletteringsbade på proceslinierne. Man må ligeledes være opmærksom på olieindsløb fra affedterbade. Dårlig presning (højt vandindhold) af slammet bør ligeledes give anledning til kommentarer.

Umiddelbare tiltag:

Anføres hvis der er tale om unormalt høje udledningsværdier. Årsagen til den unormale udledning må findes og lægges til grund for forslag til umiddelbare tiltag.

Langsigtede tiltag:

Langsigtede tiltag for renseanlægget foreslås således at disse afpasses de langsigtede tiltag for proceslinierne. Der kan f.eks. være tale om et mindre anlæg til fældning af ikke genbrugeligt ionbytningseluat.

Der kan ligeledes anføres langsigtede tiltag ved unormalt høje udledningsværdier, som ikke synes at kunne nedbringes ved umiddelbare tiltag. I disse tilfælde bør man dog primært søge at afhjælpe problemet ved renere teknologiforanstaltninger på selve proceslinierne, d.v.s. nedbringe udslæbet ved kilden.

Såfremt virksomheden ikke har noget renseanlæg bør de langsigtede tiltag baseres på renere teknologiforanstaltninger på proceslinierne, således at etableringen af et centralt renseanlæg afpasses disse tiltag. Der kan være tilfælde, hvor renere teknologitiltag på proceslinierne er så effektive, at man helt kan undgå investeringen i et centralt rensningsanlæg.

Økonomi:

De nødvendige investeringer for de foreslåede umiddelbare tiltag og langsigtede tiltag vurderes. Virksomhedens gevinst/udgift ved umiddelbare tiltag og afskrivningsperiode for langsigtede løsningsforslag beregnes.

Følgende faktorer indgår i beregningerne:

- Besparelse på rensekemi
- Besparelse på affaldsbortskaffelse
- Besparelse/merudgift til energi

Vurderingen bliver særlig interessant, hvis virksomheden er pålagt at skulle nedbringe sin udledning. Hvis dette er tilfældet må der foretages en økonomisk vurdering under et af anlægsinvestering i proceslinier og renseanlæg, idét der kan opnås væsentlige besparelser på investeringen i et rensningsanlæg ved at satse på renere teknologitiltag på proceslinierne.

2.5. Konklusion**2.5.1. Materialeomsætning**

Tabel 4 i paradigmet kan benyttes til præsentation af virksomhedens materialeomsætning. Materialeomsætningen opgøres pr. metal og kan således godt være summen af flere procesliniers emission.

Tabel 4 indeholder følgende oplysninger:

Udfældet metalmængde: Den udfældede metalmængde (kg/år) er opgjort under anlægs-gennemgangen. Værdien kan hentes fra tabel 3 i paradigmet.

Metal i slam, målt: Målingen baseres på prøveudtagning af slamkager på virksomheden. Der indsamles et antal prøver forskellige steder fra i virksomhedens affaldsdepot (container eller sække), således at prøverne præsenterer et udsnit af produktionsforløbet over så lang en periode som muligt (uger - måneder). Prøverne sammenblandes og sendes til analyse for koncentration af enkeltmetaller og vandindhold. Den årlige emission af metaller til affald estimeres ved at multiplicere metalkoncentrationerne i prøven med den årlige produktion af metalholdigt slam (hydroxidslam). Sidstnævnte oplysning kan hentes fra tabel 2 i paradigmet, baseret på bogholderioplysninger.

Udledt metal, målt: Målingen baseres på analyser af virksomhedens udledning til kloak. Oplysning herom er anført under beskrivelse af rensningsanlæg, afsnit 2.4.3. Disse koncentrationsmålinger multipliceres med den årlige spildevandsmængde udledt til kloak (virksomhedens årlige vandforbrug kan benyttes hvis der ikke er separat måler på kloakudledningen).

Slam og udledt, målt: Summen af ovennævnte = virksomhedens samlede emission til affald og kloak. Værdien kan evt. yderligere angives som procent af det årlige metalforbrug.

Der tages ikke hensyn til luftemissionen, da denne materialestrømsmæssigt er meget beskeden (omend den kan have konsekvenser for arbejdsmiljø og lokalmiljø).

Vurderet udsløb: Summen af udslæbene opgjort under anlægsbeskrivelsen, afsnit 2.4.2. Denne værdi er ligeledes et udtryk for virksomhedens samlede emission til affald og kloak og skal derfor i størrelseorden passe med den målte værdi ovenfor, se dog "kommentarer" nedenunder.

Forventet metalforbrug: Summen af den udfældede metalmængde og det vurderede udsløb kan eventuelt angives her. Værdien skal svare til det opgjorte metalforbrug angivet i tabel 1 i paradigmet. Der kan være behov for at udføre denne kontrol, hvis man har været usikker på udslæbsvurderingen, hvilket kan være tilfældet for meget tynde belægninger, især hvor der anvendes inert anode, så som glanskrom.

Tørstofindhold i slamkage: Angives.

Kommentarer:

Overensstemmelsen mellem den målte og den vurderede emission kommenteres.

Man må her være opmærksom på, at den målte værdi er estimeret ud fra "øjebliksbilleder" indenfor et begrænset tidsrum af den årlige produktion. Den målte værdi er derfor følsom overfor periodiske hændelser, så som tømning af bade (kromatering, bejdse, sparskyl) eller behandling af ionbyttereluat.

Det vurderede udsløb baseret på udslæbopgørelsen giver nok det mest reelle billede, men er behæftet med den usikkerhed, der ligger i vurderingen af overslæbet, se afsnit 2.4.2.

2.5.2. Konklusion af produktionsgennemgang**Samlede kommentarer:**

Kommentarer til virksomhedens drift og indretning af betydning for miljø og arbejdsmiljø afgives her. Følgende punkter bør iagttages:

- Virksomhedens drift/organisation som helhed - veldrevet, mangler/uregelmæssigheder
- Medarbejdere - instruktion, viden/erfaring, motivation
- Produktionsudstyr - alder, evt. type, stand
- Arbejdsmiljøforanstaltninger - ventilation, afskærmning, logistik, plads
- Miljøforanstaltninger - udsivningsrisiko (indretning og stand af lokaler og fundament), rensningsanlæg
- Hovedkonklusioner fra anlægsbeskrivelsen - væsentlige potentialer for reduktion af vandforbrug og affaldsreduktion

Prioriteret handlings- og moderniseringsplan:

På baggrund af anlægsbeskrivelsens kommentarer samt forslag til umiddelbare og langsigtede tiltag og økonomibetragtning skitseres en prioriteret plan for indføring af renere teknologitiltag.

Umiddelbare tiltag, som skønnes at have den største effekt, prioriteres først. Dernæst skitseres en mere langsigtet plan for virksomheden, hvor der tages hensyn til den forventede effekt af tiltagene, samt i hvor høj grad renovering/fornyelse af de enkelte proceslinier i al almindelighed er påkrævet.

3. Forslag til løsninger

Der er mange muligheder for reduktion af spildstrømme. En systematisk listning af muligheder findes i afsnit 3.1. I afsnit 3.2. og 3.3. er udarbejdet et lille katalog, som nærmere beskriver nogle af de konkrete hjælpemidler og udstyr.

For en virksomhed er det interessant at kende omkostningsniveauet for de forskellige løsningsmuligheder. Løsningsforslagene er derfor i afsnit 3.2. og 3.3. beskrevet ud fra om de er investeringskrævende eller ej, d.v.s. om de umiddelbart kan etableres, eller om etableringshorisonten er mere langsigtet. Skellen mellem umiddelbare og langsigtede tiltag er vist ved nedenstående grove rubricering.

Umiddelbare (ikke investeringskrævende).

- Procedureændringer.
- Vaner og holdninger.
- Simpelt udstyr (indenfor normalt driftsbudget)

Langsigtede (investeringskrævende).

- Ændring og ombygning af eksisterende udstyr.
- Nyt udstyr.
- Ændring/justering af processer.
- Nye processer.

Til løsningerne er desuden bemærket, om de er baseret på renere teknologi eller forbedret rensning, idét renere teknologi alt andet lige må prioriteres højest.

3.1 Systematiske løsningsmuligheder.

Der er tidligere gjort rede for, hvilke spildstrømme en galvanovirksomhed typisk skal være opmærksom på, og hvor de stammer fra. I al væsentlighed kommer spildstrømmene fra nedenstående områder.

- energitab (dårlig effektudnyttelse, procesbade, udstyr)
- spildvarme
- dampe og gasser
- aerosoler
- slam
- støv/snavs
- brugt skyllevand
- spildevand til kloak
- nedslidte bade/kasserede kemikalier
- kasseret emballage
- transportuheld/lagerfunktion
- andet/skrot

Spildstrømmene kan på en række områder gøres mindre eller bringes under kontrol med enkle tiltag, som i mange tilfælde vil have en positiv effekt på rentabilitet og indtjening.

I det følgende er der opstillet nogle forslag til ændringer af processer, udstyr og produktionsforhold, som alle bidrager til at reducere mængden af affald og forbruget af ressourcer i en galvanovirksomhed. Forslagene er søgt systematiseret i det omfang, som det har været muligt.

Energital (dårlig effektudnyttelse).

- Kontroller spænding. For høj spænding giver tab.
- Kontroller styring.
- Kontroller placering af anoder og katoder.
- Kontroller elektrodeareal, for lille areal øger energitabene.
- Snavsede anoder og anodeposer øger modstanden.
- Snavsede og korroderede strømføringer og varestænger øger modstanden.
- Vælg hensigtsmæssigt materiale til galvanophæng. Kobber er en god leder, men det dårligt ledende rustfrit stål m.fl. kan være nødvendigt for at sikre kontakt i korrosivt miljø.
- Galvanoophængene skal være isolerede på nær i kontaktpunkterne, for at minimere energi- og materialespild til udfældning af metal på uisolerede dele. Metallet skal senere trækkes af i et syrebade med ekstra affald til følge. Kontroller at isolationen er intakt og fri for revner.
- Kontroller anbefalet driftstemperatur.
- Kontroller elektrolyt. Den kan trænge til at blive justeret, renses eller eventuelt skiftet. Simple kemiske analysemetoder er tilstrækkelige til kontrol. Hjælp kan findes i "Analytische Untersuchungen im Galvanische Betrieb", udgivet af Eugen G. Leuze Verlag, Saulgau/Württemberg. Check med badleverandørens forskrifter.
- Anbefal større huller i tromlerne på tromleanlæg. Så meget hul som muligt, uden at emnerne hænger fast eller falder igennem.
- Kontroller temperatur på badene, for høj temperatur koster energi. Kontroller udslæb. Stort udslæb fra varme bade medfører ofte efterfyldning med koldt vand, hvilket koster opvarmning. Overdækning med plastkugler reducerer afkøling af varme bade. Det er en fordel, at afdække varme bade udenfor driftsperioden.

Spildvarme.

- Varmen fra ventilationsluft kan genindvindes af en varmeveksler og bruges til opvarmningsformål. (Opvarmning af procesbade, lokaler etc.)
- Varmen fra kølevand kan genindvindes af en varmeveksler og bruges til opvarmningsformål.
- Kar til varme procesbade bør isoleres. Der kan etableres låg på karrene, som aktiveres automatisk ved op- og neddykning af emner.

Dampe og gasser.

- Luftvasker kan rense ventilationsluften. Hvis der ikke er mulighed for genbrugssystemer (se nedenfor), ledes brugt vaskevand til rensningsanlæg, med mindre at koncentrationen ligger under rensningsanlæggets fældningsgrænse.

Som vaskevand kan muligvis bruges 1. eller 2. hold skyllevand i procesforløb, hvor udsugningen er lokal fra vedkommende proceslinie og kun indeholder dampe og

gasser af processens sammensætning. Skyllevandet cirkuleres over luftvaskeren. Denne løsning er at foretrække.

- Organiske dampe kan fjernes vha. kulfiltre.

Aerosoler.

- På mindre anlæg opsamling i specialfilter (aerosolfilter), hvor det er muligt. Den opsamlede væske tilbageføres til processen. Sammenblandede aerosoler skal afgiftes eller deponeres.
- På større anlæg kan der installeres en luftvasker. Se under dampe og gasser.
- I visse situationer kan man tilsætte skumdannere til procesbadene, hvorved udviklingen af aerosoler nedbringes drastisk. (Eksempelvis fluortensider i chrombade og elektropoleringsbade).
- Der kan etableres låg på karrene, som aktiveres automatisk ved op- og neddykning af emner, eller der kan etableres afsugningslåg på transportør/kran. Førstnævnte bør foretrækkes for at undgå neddrypning af fremmedstoffer i badene.
- Generel renlighed er vigtig, for at undgå at fremmedstoffer via ventilationskondensat føres/drypper ned i badene, hvilket kan være ødelæggende for produktion og bade.

Slam

- En del teknikker til besparelse af skyllevand giver samtidigt mindre slam, se brugt skyllevand, f. eks. sprayskyl over procesbad ved mindre produktioner.
- Kontroller flowet i sparskyl, så udslæb til et eventuelt ionbyttet slusksyl minimeres. Sparskyl kan ofte justeres, så en fordampning fra procesbadet eller det første og mest forurenede skyllekar balancerer med den tilførte væskemængde fra skyllekar nr. 2, se Bilag 4. Sparskylsprincippet er forklaret i afsnit 3.3.
- Meget snavsede og rustne emner kræver kraftigere forbehandling, ludkoger og bejdsning, hvilket giver ekstra slam.
- Ultrafiltrering eller løbende centrifugering af alkalisk affedterbad eliminerer olieudslæb til rensningsanlæg, som forringer fældningen og giver risiko for kassation af affald.
- Nedsæt overslæb ved at rotere tromlerne over proceskarrene inden de transporteres til næste station.
- Nedsæt overslæb ved så lang afdrypningstid som muligt, uden at emnerne passiverer eller bliver skjoldede.
- Nedsæt overslæb ved afblæsning af emnerne under optagning (luftkniv). Afstemmes, så emnerne ikke passiverer eller bliver skjoldede.
- Nedsæt overslæb ved tilsætning af afspændingsmiddel (tensider) i visse bade, f.eks. i nikkelbade. Afspændingsmiddel giver øget afdryp.
- Nedsæt overslæb gennem vendbare rack for emner med hulrum.
- Nedbring behovet for filtrering/oprensning af bade ved at undgå overdosering af glans og andre additiver (automatisk glansdosering anbefales), ved at benytte additivsystemer som nedbrydes mindst muligt og ved generel renlighed (se støv/snavs).
- Kontroller filterindikatorer (omløbet kan være trådt i funktion).
- Metaludslæbet fra badene, og dermed slammængden, kan nedsættes ved at benytte så lav metalkoncentration som muligt i procesbadene.
- Slammængden kan nedsættes ved at udvinde tungmetallerne af det brugte skyllevand ved elektrolyse. Behovet for efterfølgende rensning med resulterende slam bliver mindre.

- Undgå overfødigt uisoleret kontaktareal for at minimere materiale- og energispild til udfældning af metal på uisolerede dele. Metallet skal senere trækkes af i et syrebad med ekstra affald til følge. Kontroller at isolationen er intakt og fri for revner.

Støv/snavs

- Installer hjælpemidler til at håndtere tørre materialer ved omhældning fra sække og beholdere for at minimere støvudslippet. Eventuel lokaludsugning gennem filter.
- Ophældning under væskeoverflade, hvor det er muligt (frarådes i cyanidiske bade). Husk personlige værnemidler (handsker, briller, støvmaske). Emballagen skal være ren for at undgå forurening og ødelæggelse af badene.
- Installer lokaludsugning hvor der slibes, sandblæses og poleres. Udsugningsluften filtreres (risiko for brand ved gnister fra slibning) eller vådvaskes.
- Sandblæsning kan evt. erstattes af vådblæser.
- Sørg for at der altid er rent og ryddeligt i afdelingerne. Det giver automatisk en større lyst til at svine mindre, og mindsker risikoen for at fremmedstoffer kommer ned i badene, hvilket kan være ødelæggende for produktion og bade.
- Spildevand fra rengøring og gulvvask skal behandles som andet kemikalieholdig spildevand.

Brugt skyllevand

- Minimer skyllevandsmængderne ved at anvende sprayskyl og modstrømsskyl.
- Vandmålere og styring på vandhanerne kan reducere unødvendigt vandforbrug.
- Sparskyl reducerer vandforbruget.
- Sprayskyl over proceskar mindsker overslæb og behovet for efterfølgende skylning. Især anvendeligt ved varme bade, hvor fordampningstabet kan kompenseres.
- Roterende tromler under transport mindsker overslæb og behovet for skylning. Motor påbygges kran.
- Ultrafiltrering og centrifugering af alkalisk affedterbad nedsætter udslæbet af olie og snavs og forlænger samtidigt badlevetiden.
- Omvendt osmose på skyllevand kan reducere skyllevandsforbruget væsentligt. Der er gode erfaringer med skyllevand fra nikkelprocesser. Membranerne kan ikke endnu (1991) klare pH-området 0-2 og 12-14. Dette udelukker omvendt osmose på stærkt sure og stærkt alkaliske væsker.
- Ionbyttere på sidste hold skyllevand holder dette bad rent og reducerer tilførslen af rent vand. Til gengæld skal ionbytterne regenereres jævnlige med henholdsvis syre og lud, som således kommer til at indeholde forureningerne. Ved at gemme de første hold skyllevand fra ionbytterne efter regenerering med syre (kationbytter) og lud (anionbytter) til næste gang man skal regenerere, kan man blot opkoncentrere disse med syre/lud og således spare både syre, lud og lidt vand.
- Opkoncentrering ved vacuuminddampning og atmosfærisk fordampning med kondensering kan nedsætte vandforbruget og kemikalieforbruget.

Spildevand til kloak

- Spildevand til kloak indeholder ioner, komplekser, olie etc., som ikke fældes som slam eller bindes i ionbytter. Disse minimeres ved at begrænse udslæbet fra kilden, se slam, og ved at begrænse skyllevandsforbruget, se brugt skyllevand.

Nedslidte/kasserede bade

- Pånær enkelte bade, så som kromatering og kemisk nikkel, nedslides de fleste galvanobade meget langsomt og kan have en levetid på adskillige år, forudsat at de ikke ødelægges ved uheld. Der gælder derfor følgende:
For bade som slides hurtigt skærpes procesovervågning og badkontrol/justering og rensning for at optimere levetiden. Skift til anden proces, hvis det er muligt. Generelt kan man undgå at badene ødelægges ved forurening ved f.eks. at skærpe kontrollen med indgående gods, ved at tildække bade, som ikke er i drift, ved at undgå, at kondenserede ventilationsprodukter fra andre bade drypper ned i karret og ved at benytte kemikalier og anodematerialer af ren kvalitet egnet for galvano.
- Forsøg så vidt muligt oparbejdning og genbrug (evt. til andre formål) af kasserede bade, evt. i samarbejde med badleverandøren eller mulige aftagere.
- Elektrolyse på nedslidte, metalholdige elektrolytter kan ofte betale sig, da det udvundne metal kan sælges, og da det er muligt at nedbringe affaldsmængden til bortskaffelse.
Dækningsbidraget ved denne proces kan "svinge" betragteligt afhængigt af det pågældende metals pris og renhedsgrad, samt krævet pris for udvinding. Det er f.eks. meget energikrævende at fælde krom fra kromsyre grundet dårligt strømudbytte.
- Specielt for anodiseringsanlæg kan man undersøge muligheden for at afhænde Alun til kommunens rensningsanlæg til fældning af fosfat. Alun, $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$, dannes ved at sammenblende brugte natriumhydroxidbade med brugte svovlsyreanodiseringsbade. Processen skal afstemmes for at få det rigtige salt.

Kasseret emballage.

- Forlang emballage, som kan tømmes helt (mange dunke er vanskelige at tømme helt).
- Forlang kemikalier i returemballage.
- Engangsemballage, som har indeholdt kemikalier bortskaffes som kemikalieaffald.

Transportuheld/lagerfunktion.

- I en lager/transportfunktion vil der af og til forekomme spild af kemikalier på gulve. Dette kan forekomme når sække transporteres med truck (prikker hul på emballagen, en dunk vælter eller falder ned under omhældning, aftapning etc.).
Udslip i denne forbindelse, til det eksterne miljø, kan hindres/minimeres ved omhu under transport, ved anvendelse af pålideligt transportmateriel og ved at have en kemikaliefast gulvbelægning og gulvafløb til beholder, hvorfra indholdet kan ledes til destruktion. Dette gælder både lager og galvanoafdeling.
- I galvanoafdelingen bør altid være en "sump" til opsamling af spild og sprøjt. Gulvarealet bør omkranses af en kant, som forhindrer væsker i at løbe udenfor afdelingen.

Andet/skrot.

- Det er umuligt at undgå emner, som af den ene eller anden grund skal kasseres. Har emnerne først fået overfladebehandling kan man vælge at lave overfladebehandlingen om eller kassere emnerne. Det første tilfælde svarer til afsyring af ophæng med deraf følgende forholdsregler. Kasseres emnerne bør de mærkes, således at skrothandleren kan sortere emnerne efter materialeindholdet.

3.2. Umiddelbare (ikke investeringskrævende) tiltag

Til ikke investeringskrævende ændringer hører f.eks. løbende rengøring af udstyr og lokaler, løbende kontrol og overvågning af processerne og velorienterede og veluddannede medarbejdere. Ændringer af procesforløb eksempelvis afdrypningstider og lignende hører også hjemme i denne kategori.

En række af disse ændringer er på sin vis indlysende, men det er på den anden side svært at finde slagkraftige argumenter for dem, fordi det ofte er personalets og lederens holdninger til orden og omhu, som skal bearbejdes, hvilket gør emnet følsomt. De bedste argumenter er nok økonomiske, som at snavs f. eks. fører til flere brokkede emner, dårlige forbindelser fører til effekttab o.s.v.

Dygtige og specialuddannede medarbejdere, som forstår baggrunden for de forskellige procedurer er en væsentlig faktor for at reducere spildstrømmene. Omhyggelig instruktion med orientering om baggrunden for de konkrete tiltag er forudsætningen for at få ændrede procedurer til at virke.

Med under umiddelbare tiltag tages den gruppe af udstyr og hjælpemidler, som kan anskaffes indenfor et almindeligt driftsbudget og monteres uden større driftsmæssige indgreb på anlægget. Et katalog over sådanne løsninger er vist de næste sider. I kataloget er følgende løsninger beskrevet:

- Vandbegrænser, flow
- Vandbegrænser, doseringsmængde
- Flowmåler
- Fotocensor for afdryp
- Sprayskyl, dysearrangement

Betegnelse
Vandbegrænser, flow

Type		
Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr <input type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr <input type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces <input type="checkbox"/>

Beskrivelse
<u>Virkemåde:</u> Indsats med konus og fjedervertil for konstant flow, uafhængigt af trykket. Leveres med forskellige mærkeflow.
<u>Installation/opbygning:</u> Indskydes i tilgangsvandledning, f.eks. i eksisterende gevindsamling. Findes også i hus med forskruninger til rør.
<u>Miljømæssig effekt:</u> Vandbesparelse ved at fastholde vandflowet på et i forvejen bestemt, mindst muligt niveau.

Økonomi (1992 priser)	
<u>Pris:</u> profesional kvalitet, 60-1800 l/h: ca. 300kr. billig VVS-udgave: få kr.	<u>Besparelse:</u> Afh. af vandbesparelse. Vil ofte kunne tjene sig ind på få uger/måneder.

Betegnelse

Vandbegrænser, doseringsmængde

Type

Renere teknologi, vandbesparende
 Renere teknologi, mindre affald
 Renseproces

Procesudstyr
 Hjelpeudstyr
 Proces

BeskrivelseVirkemåde:

Indretning til væskedosering i en begrænset tidsperiode ved at åbne og lukke for tilførslen. Aktiveringen kan ske mekanisk (tryk på knap), optisk (påvirkning af fotocensor) eller elektrisk (styresignal).

Installation/opbygning:

Doseringsbegrænseren indskydes i tilgangsvandledning på et sted hvor aktiveringen kan ske enten manuelt eller automatisk.
 Doseringbegrænseren har størst berettigelse på anlæg med diskontinuert produktion, hvilket især er tilfældet på manuelle anlæg.

Miljømæssig effekt:

Vandbesparelse ved at begrænse tilførslen af vand til en begrænset tidsperiode hvor der er et reelt behov.

Økonomi (1992 priser)Pris:

50 - 200 kr plus installation.

Besparelse:

Afh. af vandbesparelse. Vil ofte kunne tjene sig ind på få uger/måneder på de anlæg hvor doseringsmængdebegrænseren er berettiget.

Betegnelse
Flow måler, plastik

Type		
Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr <input type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr <input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces <input type="checkbox"/>

Beskrivelse
<u>Virkemåde:</u> Flyderhøjde i gradueret plastrør viser vandforbruget (l/h eller m ³ /h). Mulighed for tilslutning af f.eks. alarm.
<u>Installation/opbygning:</u> Flowmåleren indskydes ved rørgvind eller limning i tilgangsvandledning.
<u>Miljømæssig effekt:</u> Mulighed for vandbesparelse ved at skrue ned for vandtilførslen, idét vandforbruget direkte kan aflæses.

Økonomi (1992 priser)	
<u>Pris:</u> 50 - 1000 l/h: ca. 800 kr 1 - 6 m ³ /h: ca. 1100 kr	<u>Besparelse:</u> Afh. af vandbesparelse. Vil ofte kunne tjene sig ind på få måneder eller mindre.

Betegnelse

Fotocensor for afdryp

Type

Renere teknologi, vandbesparende



Procesudstyr



Renere teknologi, mindre affald



Hjælpeudstyr



Renseproces



Proces

**Beskrivelse**Virkemåde:

Fotocensor registrerer om der er afdryp og giver signal til kran om at køre til næste position når afdryp ophører.

Installation/opbygning:

Lysgiver/fotocensoren påbygges kran således at lysstrålen afbrydes af væsketæppet når emnerne drypper af. Fotocensoren tilsluttes kranens eksisterende styring i stedet for den normale timerfunktionen for den pågældende position (justering af tidsskemaet kan være påkrævet hvis der er flere kraner på samme linie).

Miljømæssig effekt:

Sikrer optimal afdrypning og mindsker derved overslæb

Økonomi (1992 priser)Pris:

2000 - 4000 kr pr. position

Besparelse:

Overslæbet kan i mange tilfælde reduceres med 10-25 %, hvilket betyder besparelser af kemikalitilsætning til badet, kemikalie til fældning og afhænding af affald.

Vil ofte kunne tjene sig ind på få måneder eller mindre end et år.

Betegnelse
Sprayskyl, dysearrangement

Type		
Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr <input type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr <input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces <input type="checkbox"/>

Beskrivelse
<u>Virkemåde:</u> Emner afskylles med spraydyser over proceskar. Såfremt skyllet etableres i et særskilt kar er der tale om et langsigtet tiltag, se beskrivelsen afsnit 3.3.
<u>Installation/opbygning:</u> Spraydyser monteres på et vandrør som placeres over proceskarret, så emner kan afspules under optagning. Dyserne bør være med kontraventil til forhindring af efterdryp. Rørene kan være plast eller galvaniserede. Princippet er kun egnet for bade med en vis fordampning (opvarmede bade). Hvis dette ikke er tilfældet må afspulningen ske i et separat kar. Doseringen må afpasses, så den er mindre end eller lig med fordampning og overslæb fra karret. Princippet er mindre egnet for tromleanlæg.
<u>Miljømæssig effekt:</u> En stor del af badvæsken som hænger ved emnerne skylles tilbage i karret, hvorved metaludslæbet nedbringes væsentligt. Sprayskyl er samtidigt meget effektiv, og er derfor vandbesparende. Sprayskyllet har større effekt, hvis det har karakter af en tåge frem for en spuling. Sprayskyl kan benyttes som alternativ til sparskyl, hvor man er betænkelig ved at tilbageføre strømmen, eller i kombination med sparskyl for at mindske opkoncentreringsproblemer og/eller dermed forbundet tab ved filtrering etc.

Økonomi (1992 priser)	
<u>Pris:</u> Fuldkegledyse med kuglekontraventil: ca. 200 kr. 5-10 dyser monteret på rør og installeret på kar kan etableres for 3000-5000 kr, incl. et simpelt mekanisk doseringssystem.	<u>Besparelse:</u> Udslæbet kan i mange tilfælde reduceres med ca. 75 %, som sparer badkemikalier, kemikalie til fældning og afhænding af affald. Desuden spares vand svarende til første hold skyl. Vil ofte kunne tjene sig ind på få måneder eller mindre.

3.3. Langsigtede (investeringskrævende) tiltag

I det følgende er vist et katalog over investeringskrævende udstyr. Tiltag og ændringer som medfører større investeringer skal være rentable med en for branchen normal tilbagebetalingstid på 5 - 10 år, med mindre der er tale om nødvendige tiltag for at opfylde myndighedskrav til indre og ydre miljø.

Tilbagebetalingstiden vil naturligvis afhænge af den enkelte virksomhed. I nogle tilfælde kan løsningerne indgå i virksomhedens marketingstrategi (image/kundefastholdelse) eller kvalitetssikringsstrategi. I så fald vil der ikke nødvendigvis være krav om en tilbagebetalingstid ud fra almindelige driftsøkonomiske betragtninger, idét virksomheden mere vil se på investeringen i Renere Teknologi som en overlevelsesstrategi.

Til langsigtede tiltag hører selvfølgelig dem hvor virksomheden køber udstyr eller processer, men også tiltag som i højere grad medfører en omfattende intern investering frem for den eksterne medtages her. Det gælder f.eks. ændring/justering af processer, eller ændring/ombygning af udstyr. Sådanne tiltag kræver i reglen at produktionsudstyret tages ud af drift i en periode, samt en længere periode med indkøring af det ændrede udstyr eller den ændrede proces. Dette medfører en periodisk nedsætning af produktionskapaciteten i et omfang så virksomheden må betragte det som en langsigtet investering.

I det efterfølgende katalog er primært beskrevet enkeltelementer, som kan kobles sammen til komplette proceslinier. Der er derfor tale om udstyr, som er Renere Teknologi skabende - enten hver for sig eller i sammenkobling med andre elementer. Det er ikke muligt entydigt at beskrive en "idealmode" for en produktionslinie baseret på Renere Teknologi, da den afhænger af mange faktorer, så som hvilken proces der aktuelt er tale om og hvilke muligheder virksomheden har for intern udnyttelse af spildstrømme fra processen (som derved ikke længere er spildstrømme). I et Renere Teknologi koncept vil dog indgå en eller flere af følgende elementer, som vil blive omtalt i det følgende. Nogle af elementerne er renseprocesser, som kan være påkrævede for at en Renere Teknologi-løsning kan fungere.

- Sparskyl
- Sprayskyl, separat
- Modstrømsskyl
- Fordampere
- Ionbytning, rensning
- Ionbytning, udnyttelse af eluat
- Omvendt osmose
- Ultrafiltrering
- Elektrolyse
- Elektrodialyse
- Integrerede systemer

Betegnelse

Sparskyl

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Skyl, som ikke har noget afløb eller hvor afløbet ledes tilbage til proceskarret før skyllet. I sidstnævnte tilfælde følger et antal skyl, som er koblet i modstrøm til det første sparskyl.

Der kan afsluttes med et skyl i recirkulerende ionbyttet vand.

Installation/opbygning:

Opbygges af et eller flere kar som skyl efter en proces. Den bedste effekt fås hvis skyllet ledes i modstrøm tilbage til proceskarret. Dette er kun muligt, hvis der er (eller etableres) en fordampning fra dette kar, og såfremt koncentrationsopbygning af additiver og forureninger kan kontrolleres. Hjælpeprocesser så som fordamper på proceskarret og filtrering eller ionbytning af tilbageførselsstrømmen kan derfor være påkrævet. Man kan mindske behovet for hjælpeforanstaltninger ved at søge en løsning i kombination med sprayskyl. Der findes nogle bade/additiver, som er udviklet med henblik på sparskyl. Hvis tilbageførsel ikke er muligt, kan metalkoncentrationen i sparskyllet holdes nede ved elektrolyse, som også genvinder metallet.

Miljømessig effekt:

Der opnås en høj grad af vandbesparelse, idét vandforbruget begænses til kompensation for overslæb og fordampning fra procesbadet.

Metaludslæbet nedbringes væsentligt, idét størstedelen af den overslæbte badvæske ledes tilbage til proceskarret. Udslæbet kan nedbringes med en faktor 100 eller mere, men der kan være tab forbundet med nødvendig filtrering/ionbytning som mindsker effektiviteten. Alternativt til tilbageførsel opsamles skyllevandet for metalgenvinding.

Fordampning kræver energi, som imidlertid rigeligt modregnes af besparelser på energi bundet i renskemikalier, rensprocesser og affaldshåndtering. Fordampning via vacuumfordamper eller atmosfærisk fordamper er at foretrække frem for opvarmning af bade, da man i højere grad udnytter badets naturlige damptryk.

Betegnelse

Sparskyl

Økonomi (1992 priser)**Pris:**

Prisen må kalkuleres i det enkelte tilfælde. Man må normalt regne med 1-2 ekstra skyl i forhold til modstrømsskyl, samt pumpe/-doseringsudstyr for tilbagestrømmen (kan undværes ved manuel tilbagehædning) og evt. filter/ionbytter. Kar koster ca. 2000 kr. for 500 l og 20000 kr. for 2500 l. Ionbyttere koster 10-50 000 kr. På en eksisterende linie kommer dertil omrokering og ændring af rørføring, kranbane etc.

Besparelse:

Besparelsen må kalkuleres i det enkelte tilfælde.

For nyanlægninger er der ofte tale om besparelse af centralt rensingsanlæg eller tilbagebetalingstid af merinvestering på 1-2 år. På eksisterende anlæg skal der regnes med en længere tilbagebetalingstid, og det er ikke altid at investeringen kan hentes hjem på sparede driftsomkostninger.

Betegnelse

Sprayskyl, separat

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Emner afskylles med spraydyser i separat kar. Kan også etableres som et umiddelbart tiltag over proceskar, se beskrivelsen afsnit 3.2.

Installation/opbygning:

Spraydyser monteres på et vandrør som placeres i et skyllekar, så emner kan afspules. Dyserne bør være med kontraventil til forhindring af efterdryp. Rørene kan være plast eller galvaniserede.

Sprayskyl i separat kar kan udformes som sparskyl, ved at tilbageføre sprayvæsken, som opsamles i skyllekarret, til proceskarret. Dette er en mulighed for etablering af sparskyl hvor der er pladsproblemer. Alternativt kan metallet genvindes ved elektrolyse. I nogle tilfælde mindskes kravet om fordampning fra proceskarret. Princippet er mindre egnet for tromleanlæg.

Miljømæssig effekt:

Sprayskyl er meget effektivt, og er derfor vandbesparende. Sprayskyllet har større effekt, hvis det har karakter af en tåge frem for en spuling.

Skyllet bør udformes som sparskyl, d.v.s. den brugte sprayvæske bør føres tilbage til proceskarret eller elektrolyseres.

Økonomi (1992 priser)Pris:

5-10 dyser monteret på rør og installeret i et kar kan etableres for 3000-5000 kr, incl. et simpelt mekanisk doseringssystem.
Et kar på 2500 l koster ca. 20 000 kr.
Færdige, højeffektive systemer bygget til sparskyl koster 80-100 000 kr.

Besparelse:

Vandforbruget til første skyl mindskes kraftigt. Ved kobling som sparskyl spares desuden badkemi, renskemi og affaldsbortskaffelse.
Ved nyanlægning (færdigt system) spares kar og plads.
Vil ofte kunne tjene sig ind på få år.

Betegnelse
Modstrømsskyl

Type			
Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

Beskrivelse
<u>Virkemåde:</u> Et antal indbyrdes forbundne skyllekar, hvor skyllestrømmen føres tilbage fra det sidste, mest rene, skyl til det første. Man får derved et genbrug af skyllevand. Der er afløb fra første kar, eller dette benyttes som sparskyl (se dette).
<u>Installation/opbygning:</u> Opbygges af et antal kar som skyl efter en proces. Kan også etableres mellem skyl efter forskellige processer. Det er en stor fordel at opkoble skyl efter alkaliske og sure forbehandlingsprocesser i modstrøm, da man derved får en hel eller delvis neutralisering, som kan spare kemikalier i efterfølgende renseanlæg. Et eksempel herpå er slutskyl for bejdse i modstrøm til alkalisk affedter skyl.
<u>Miljømæssig effekt:</u> Er først og fremmest vandbesparende. Kan medvirke til besparelser på kemikalier (syre/base til neutralisering) til efterfølgende rensning.

Økonomi (1992 priser)	
<u>Pris:</u> Kan i nogle tilfælde kræve ekstra kar. I andre tilfælde (ved forbehandling) kan kar spares da man kan opnå bedre udnyttelse af skyllevandet.	<u>Besparelse:</u> Etablering af modstrømsskyl har generelt god rentabilitet med baggrund i vandbesparelse.

Betegnelse

Fordampere

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Der findes to hovedprincipper, vacuumfordampere og atmosfæriske fordampere. I begge tilfælde er der en tilledning af badvæske, en afdampning af vand, og en tilbageledning af den opkoncentrerede badvæske (kondensat).

Vacuumfordamperen virker ved, at badvæsken fordampes i et vakuumkammer og kondenseres ud på et køleelement. Ikke kondenseret vanddamp ledes ud i det fri, kondensatet ledes tilbage til badet.

Atmosfæriske fordampere virker ved, at badvæsken ledes ned over et antal lameller med en stor overflade, samtidig med at en kraftig luftstrøm blæses henover lamellerne. Dette giver en vandfordampning, som ledes til det fri.

Installation/opbygning:

Fordamperen placeres ovenover eller i nærhed af badet der skal fordampes på. Tilledning og tilbageføring installeres i karret.

Miljømæssig effekt:

Fordampning via vacuumfordamper eller atmosfærisk fordamper er at foretrække frem for opvarmning af bade, da man i højere grad udnytter badets naturlige damptryk.

Fordampning kræver energi, men er nødvendigt for at drive et sparskyl. Den forbrugte energi opvejes imidlertid rigeligt af sparet energi bundet i renskemikalier, renseprocesser og affaldshåndtering.

Økonomi (1992 priser)Pris:

Fordampere koster typisk 30 000 - 50 000 kr afhængigt af kapacitet og udstyr.

Besparelse:

Vacuumfordampning indgår undertiden som en integreret del af en sparskylsløsning.

Betegnelse

Ionbytning

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input checked="" type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Beholder med ionbyttermasse, som tilbageholder ioner ved at erstatte dem med andre (ufarlige). Findes som kationbyttere (tilbageholder metalioner) og anionbyttere (tilbageholder salt). Der findes desuden selektive ionbyttere, som kun tilbageholder visse metaller eller salte. Når ionbyttteren er mættet skal den regenereres, d.v.s. at de tilbageholdte ioner skylles ud med sur eller basisk væske. Det udskyllede produkt kaldes eluat, og indeholder de tilbageholdte ioner på koncentreret form.

Installation/opbygning:

Ionbyttere kobles ind på steder i et produktionsanlæg, hvor der er behov for at tilbageholde og opsamle ioner. Det kan f.eks. være til løbende oprensning af skyllebade (slutskyl efter sparskyl).

I nogle tilfælde vil eluatet være af samme sammensætning som procesbadet og kan derfor genbruges (renere teknologi). I andre tilfælde må eluatet behandles som kemikalieaffald.

Afhængigt af formålet benyttes anionbytter, kationbytter eller an- og kationbytter i serie. Ionbyttteren mættes hurtigt ved høj saltbelastning, og bør derfor kun benyttes til væsker med lav koncentration. Problemet kan i nogen grad imødegås ved at anvende selektive ionbyttere, som kun tilbageholder de ioner man ønsker at fange.

Miljømæssig effekt:

En ionbytter kan bidrage til at renholde skyl, og er derved vandbesparende. Såfremt eluatet kan genbruges er ionbyttteren kemikaliebesparende, men der er et vist tab i forbindelse med regenerering.

En ionbytter er i nogle tilfælde en nødvendig hjælpeforanstaltning for at holde et sparskyl igang - på slutskyl eller på tilbageførselsstrømmen.

Ionbyttere kan benyttes i centralt eller decentrale rensningsanlæg for brugt skyllevand.

Betegnelse

Ionbytning

Økonomi (1992 priser)**Pris:**

Prisen må kalkuleres i det enkelte tilfælde. En enkelt ionbytter uden udstyr koster 5000-20 000 kr. An- og kationerbytter i serie med reguleringsudstyr koster ca. 50 000 kr. for 25 Val og 150 000 kr. for 400 Val (200 000 kr for dobbeltanlæg). Automatisk regenereringsenhed koster ca. 150 000 kr.

Besparelse:

Besparelsen må kalkuleres i det enkelte tilfælde, og holdes op mod eventuelle alternativer.

Betegnelse
Omvendt osmose

Type			
Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input checked="" type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

Beskrivelse
<u>Virkemåde:</u> Membranfilter, som er i stand til at tilbageholde opløst stof, organisk stof etc. idét kun vandmolekyler (og molekyler mindre end disse) tillades at passere.
<u>Installation/opbygning:</u> Omvendt osmosefilter kobles ind på steder i et produktionsanlæg, hvor der er behov for at rense en strøm og tilbageholde et opkoncentrat. Det kan f.eks. være til løbende behandling af skyllebade (sparskyl), med henblik på at kunne genvinde metallerne i opkoncentratet (elektrolyse), eller lede det modstrøms til proceskarret (som derved kræver mindre fordampning). Omvendt osmose er ikke egnet til væsker med meget høj (12-14) eller lav (0-2) pH. Koncentrerede væsker (\geq ca. 5 g/l) kan ikke behandles, da det osmotiske modtryk bliver for stort. Osmosefiltre risikerer at blive tilstoppet af organisk materiale.
<u>Miljømæssig effekt:</u> Omvendt osmose kan bidrage til at renholde skyl, og er derved vandbesparende. Omvendt osmose er en rensesforanstaltning, som tilbageholder tungmetalioner og andre ioner. Omvendt osmose benyttes primært som hjælpeudstyr i forbindelse med renere teknologi, som ovenfor beskrevet. Omvendt osmose har ikke ionbytterens ulemper med et relativt stort tab i forbindelse med eluering.

Økonomi (1992 priser)	
<u>Pris:</u> Et omvendt osmosefilter koster komplet ca.: 100 l/h: 40 000 kr. 300 l/h: 50 000 kr. 600 l/h: 60 000 kr.	<u>Besparelse:</u> Besparselsen må kalkuleres i det enkelte tilfælde, og holdes op mod eventuelle alternativer. Omvendt osmose indgår ofte som en del af en sammenhængende løsning.

Betegnelse

Ultrafiltrering

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input checked="" type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Membranfilter, som er i stand til at tilbageholde større organiske molekyler og som tillader væsker og opløsninger at passere.

Installation/opbygning:

Tilsluttes affedterbåde for at holde olieindholdet i disse nede. Affedtervæsken cirkuleres over ultrafiltret.

Miljømæssig effekt:

Forhindrer at fedt/olie bringes videre i produktionen via overslæb med deraf følgende miljøbelastende produktionsforstyrrelser. Forhindrer at fedt/olie ledes til rensningsanlæg med strømmen af brugt skyllevand fra affedteren med deraf forbunden forstyrrelse af rensningsanlæggets funktion. Forlænger affedterens levetid.

Økonomi (1992 priser)Pris:

Et omvendt ultrafiltreringsfilter koster komplet ca.:

100 l/h: 40 000 kr.
300 l/h: 50 000 kr.
600 l/h: 60 000 kr.

Besparelse:

Ultrafiltrering indgår ofte som en del af en sammenhængende løsning på forbehandlingen. Kan hindre at affald til kommunekemi kasseres på grund af olieindhold med deraf forbundne omkostninger.

Betegnelse

Elektrolyse

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input checked="" type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Elektrolysecelle, hvor badvæske eller skyllevæske som skal behandles virker som elektrolyt. I cellen findes anode og katode. Metallet udfældes på katoden, som kan være inert eller af samme materiale som der skal udfældes. Den recirkulerede væske får derved et væsentlig mindre metalindhold. Ved anoden sker der oxidation af bl.a. cyanid.

Installation/opbygning:

Tilsluttes skyllebade for at holde metalindholdet i disse nede, eller brugte bade for at udvinde metallet. Badvæsken eller skyllevæske cirkuleres over elektrolysecellen. Såfremt det udvundne metal sælges som skrot, opstartes udfældningen på katode af samme materiale som det der skal udfældes. Hvis metallet genbruges som anode i badet udfældes på inert katode, som kan bruges igen og igen.

Anoden må være inert, for ikke at opløses under processen. Sådanne DSA-anoder (Dimensional Stable Anodes) anbefales.

Elektrolyse er mest egnet på sparskyl, hvor tilbageledning til proceskar ikke er muligt, på cyanidiske skyl samt på ionbyttereluat.

Miljømæssig effekt:

Kan genvinde metal fra sparskyl, fra brugte bade og fra eluat. Kan afgifte en stor del af cyanid i et bad, og er dermed besparende på rensekemi.

Økonomi (1992 priser)Pris:

Kommercielt fremstillede elektrolyseceller koster 50 - 100 000 kr. afhængigt af kapacitet og udstyr.
Man kan selv bygge en elektrolysecelle for ca. 20 000 kr.

Besparelse:

Genvundet metal kan sælges som skrot, eller genbruges som anode i badene. Der spares på rensekemi og affaldsbortskaffelse. Behovet for central cyaniddestruktion kan reduceres væsentligt.

Betegnelse

Elektrodialyse

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renseproces	<input checked="" type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Membranproces, som lader an- og kationer passere hver sit sæt ionbytttermembraner. An- og kationerne drives af elektroder (anode og katode). Man får derved et opkoncentrat af an- og kationer på den ene side, og en delvist rensset væskemængde på den anden side.

Installation/opbygning:

En elektrodialysecelle kobles ind på steder i et produktionsanlæg, hvor der er behov for at rense en strøm og tilbageholde et opkoncentrat. Det kan f.eks. være til løbende oprensning af skyllebade (sparskyl), med henblik på at kunne genvinde metallerne i opkoncentratet (elektrolyse).

Miljømæssig effekt:

Elektrodialyse kan bidrage til at renholde skyl, og er derved vandbesparende. Elektrodialyse er en renseforanstaltning, som tilbageholder tungmetalioner og andre ioner. Elektrodialyse kan anvendes alternativt til omvendt osmose, f.eks. som hjælpeudstyr i forbindelse med renere teknologi (opkoncentrering af skyl for elektrolyse eller retur-nering til procesbad).

Økonomi (1992 priser)Pris:

En elektrodialysecelle koster ca. 50-100 000 kr.

Besparelse:

Besparelsen må kalkuleres i det enkelte tilfælde, og holdes op mod eventuelle alternativer.

Elektrodialyse vil indgå som en del af en sammenhængende løsning.

Betegnelse

Integrerede systemer (galvanomaskiner)

Type

Renere teknologi, vandbesparende	<input checked="" type="checkbox"/>	Procesudstyr	<input checked="" type="checkbox"/>
Renere teknologi, mindre affald	<input checked="" type="checkbox"/>	Hjælpeudstyr	<input type="checkbox"/>
Renseproces	<input type="checkbox"/>	Proces	<input type="checkbox"/>

BeskrivelseVirkemåde:

Produktionslinier opbygget som sammensatte systemer med meget lille vandforbrug og ingen eller næsten ingen affaldsproduktion.

Installation/opbygning:

Systemerne er i reglen opbygget efter sparskylsprincippet med sprayskyl i separate kar, som ledes tilbage til proceskar. Der kan være påbygget hjælpeudstyr til kontrol af additivopbygning (f.eks. glansdosering) m.v. Der er tale om nøglefærdige, modulopbyggede systemer.

Miljømæssig effekt:

Systemerne fungerer miljømæssigt optimalt med meget lille vandforbrug og minimal emission.

Økonomi (1992 priser)Pris:

1-5 mill kr pr. produktionslinie afhængig af kapacitet og færdiggørelsesgrad med kran etc.

Besparelse:

Anskaffelsen af et integreret, Renere Teknologi produktionssystem er ikke dyrere (eller ikke væsentlig dyrere) end et traditionelt system, men driftsomkostningerne er betydeligt lavere og et egentlig rensningsanlæg kan spares eller begrænses væsentligt. Økonomien i sådanne anlæg er derfor meget gunstig.

Litteratur, videncentre

Litteratur

RENTEK miljøinformationsprogram, Miljøstyrelsen, kontoret for Renere Teknologi og Produkter, 1992. Forhandles af CIM-Consulting, Farum.

Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand, Miljøprojekt nr. 107, Miljøstyrelsen, 1989.

Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder, Miljøprojekt nr. 162, Miljøstyrelsen, 1991.

Praktische Galvanotechnik, Eugen G. Leuze Verlag, Saulgau/Württemberg.

Analytische Untersuchungen im Galvanische Betrieb, Eugen G. Leuze Verlag, Saulgau/Württemberg.

Appendix 1. Diagnosticeringsmuligheder

Mulige metoder til diagnostisering af spildstrømme kan inddeles i:

- Optegnelser i firmaets bogholderi
- Kvantitative/kvalitative vurderinger
- Måling og analyse
- Beregninger

For at få et samlet overblik kan det være nødvendigt at benytte samtlige metoder. For at kunne sammenligne resultaterne, eller lade dem supplere hinanden, anbefales det at basere sig på kvantitative data.

Metoderne anvendes hensigtsmæssigt efter de situationer man vil bedømme. Disse situationer kan f.eks. være opsplitning i forskellige delprocesser som omtalt i afsnit 2.2. Delprocesserne i en galvanovirksomhed er typisk:

- lagerprocesser
- transportprocesser
- produktionsprocesser, herunder:
 - hjelpeprocesser (forarbejdningsprocesser)
 - forbehandling (rensning)
 - belægningsprocesser
 - efterbehandlingsprocesser

Dertil kommer processer til håndtering af affalds- og spildprodukter.

A1.1. Generelle retningslinier

En eventuel opdeling i delprocesser/delstrømme må ske ud fra reglerne i afsnit 2.2. Nedenstående er diagnosemulighederne beskrevet sammen med retningslinier for, i hvilke situationer det kan være hensigtsmæssigt at anvende dem. Måle- og analysemetoder er dyberegående beskrevet i afsnit 3.2.

A1.1.1 Bogholderi

I firmaets bogholderi kan findes regnskabsbilag for indkøbte råvarermængder og følgesedler for affald afhændet til kommunekemi. Der bør desuden findes dokumentation for målinger foretaget af miljø- eller arbejdsmiljøkontrol eller af virksomheden selv.

Firmaets bogholderi er egnet til at få overblik over helheden, dvs. de samlede indgående kemikaliemængder og den samlede mængde affald som er afhændet til kommunal modtagestation samt udledte mængder målt af miljømyndigheder eller virksomheden selv.

Firmaets bogholderi er desuden egnet til kontrol ("facitliste") for målinger og beregninger. Man bør dog i begge situationer være opmærksom på, hvilken kvalitet bogholderioptegnelserne har, dvs. om de detaljeret gør rede for samtlige ind- og udgående varer, eller om der mangler oplysninger.

Bogholderiets oplysninger kan sjældent gøre rede for de enkelte spildstrømme, bl.a. fordi mange af disse strømme i bogholderiet figurerer som værende blandet. F.eks. vil hydroxidse-diment afhændet til kommunekemi som regel være en blanding af forskellige tungmetal-hydroxider. Sammenholdt med en kemisk analyse kan bogholderiets oplysninger dog være anvendelige. Bogholderiet beskriver desuden situationerne diskontinuerligt. Bogholderiets oplysninger skal derfor beregnes for en længere periode, f.eks. et år, så man kan regne med at oplysningerne beskriver den kontinuerte driftssituation.

For at få fuldt udbytte af bogholderiets oplysninger må de sammenholdes med en beregning af, hvor stor en mængde kemikalier der kan forventes medgået til metalbelægningerne (se 3.1.4). Herved kan bogholderiet være en hjælp til at advare om væsentlige "lækagestrømme", men datagrundlaget vil generelt være for usikkert til at finde mindre lækagestrømme.

A1.1.2 Vurderinger

Kvalitative vurderinger er egnede til at få et førstehånds overblik over betydningen af de enkelte spildstrømme i en galvanovirksomhed med henblik på at planlægge diagnosticeringsarbejdet. Dette har især betydning hvis der er begrænsede ressourcer til rådighed for at udføre et fuldstændigt diagnosticeringsarbejde. Da kvalitative vurderinger ikke kan indgå i den nødvendige kvantitative diagnose bør man så vidt muligt basere sig på kvantitative vurderinger.

Kvantitative vurderinger kan benyttes til at få et førstehånds overblik i lighed med de kvalitative vurderinger, men giver et mere konkret grundlag. Kvantitative vurderinger kan ydermere indgå som element i de øvrige kvantitative data fremkommet fra bogholderiet eller ved målinger, eller kan benyttes for at bringe disse på en sammenlignelig form, såfremt de ikke er direkte omsættelige.

Kvantitative vurderinger baseres typisk på teoretiske beregninger, se 3.1.4., på tommelfingerregler eller på overslag. Kvantitative vurderinger foretages i situationer hvor der er begrænsede ressourcer til rådighed eller hvor det er forbundet med stor usikkerhed eller store vanskeligheder at foretage målinger. Situationer som med fordel kan vurderes kvantitativt er f.eks. spild ved lager- og transportprocesser og bundfald i kar.

A1.1.3 Måling og analyse

Måling og analyse af materiale- og energistrømme er velegnede til måling på delprocesser/delstrømme, f.eks. overslæb, udledning og aerosolafgivelse. Der opnås ofte et meget nøjagtigt bedømmelsesgrundlag, men i nogle situationer kan målinger være forbundet med usikkerhed. Generelt er målinger mest egnede i forbindelse med produktionsprocesserne. Der er oftest tale om måling af en øjeblikkelig situation, og det kan derfor være nødvendigt at foretage flere målinger med forskellige tidsintervaller.

Måle- og analysemetoder og deres anvendelse til måling af forskellige delstrømme er beskrevet i afsnit 3.2.

A1.1.4 Beregninger

Beregninger er nødvendige for at omsætte måledata og bringe dem på en sammenlignelig form, f.eks. beregning af kemikaliemængde medgået til udfældning eller udsløb over et bestemt tidsrum. Beregninger kan desuden være en hjælp til at skaffe grundlag for vurderinger.

En vigtig beregning er hvor stor en råvaremængde der medgår til metaludfældning. Hertil kan benyttes formlen:

$$m = c \cdot I \cdot t \cdot \eta \quad (2)$$

hvor

m = metalmasse i gram

c = den elektrokemiske ækvivalent i g/Ah = atommasse/ladningstal $\cdot 26.8$

I = strømstyrken

t = udfældningstid i timer

η = katodisk virkningsgrad, 0 - 1

Såfremt et Coulombmeter er til rådighed beregnes metalmængden af:

$$m = \text{atommasse} \cdot C \cdot \eta / \text{ladningstal} \cdot 96487 \quad (2a)$$

hvor

C = den målte strømmængde i Coulomb

Hvis virkningsgraden er mindre end 1 (100%) må den bestemmes for den konkrete produktion, hvilket kan ske ud fra ovenstående ligning hvor massen af udfældet metal måles på dummyemner, som kører med i produktionen.

Råvarerne kan være anodemateriale og/eller kemikalier. Der henvises til RENTEK og datablade fra leverandører for en beskrivelse af hvilke råvarer der indgår i de forskellige bade, samt deres metalindhold. Beregninger indenfor galvanoteknikken er f.eks. beskrevet i "Praktische Galvanotechnik" udgivet af Eugen G. Leuze Verlag, D-7968 Saulgau/Württemberg.

A1.2. Diagnosemetoder

Der findes et utal af forskellige analysemetoder, hvoraf mange, som bruges til kontrolmålinger af bade, ofte er for upræcise til diagnose af massestrømme. Det gælder f.eks. rutineprægede pH-målinger og ledningsevne målinger samt leverandørangivne titreringer. I enkelte tilfælde kan de dog benyttes, hvis der anvendes kalibrerede værdier på en ensartet produktion, hvilket er en fordel, da de så kan benyttes af virksomheden selv. Kalibrering af værdierne, dvs. omsætning af måleværdierne til en specifik stofkoncentration, må ske ved et større prøvetagningsarbejde og analyse på dertil egnet apparatur, f.eks. atomabsorption.

I mange tilfælde må diagnosen stilles ved hjælp af analysemetoder, som kræver specielt og måske kostbart udstyr, såvel som et særligt kendskab til kemisk analyse.

I det følgende gennemgås vejning og en række egentlige kemiske analysemetoder samt den praktiske måling på forskellige delstrømme.

AI.2.1 Måle- og analyseteknik

Vejning:

Vejning af emner er ikke egnet til løbende produktion, bortset fra dummyprøver, men kan bruges til initial bestemmelse af lagtykkelse eller strømodbytte ud fra ligning (2). Vejning kan desuden benyttes til bestemmelse af overslæb i laboratorieskala.

De steder i procesgangen hvor der vejes fremgår af figur 2. Startvægten kendes principielt ikke, da varerne (formodentlig) er snavsede/fedtede og/eller oxiderede ved modtagelsen. Startvægten (inkluderet evt. passiveringslag) kan findes efter rensning, skylning og tørring. Overslæb findes ved vejning efter normalt afdryp, men før skyl. Slutvægten findes efter belægning, skylning og tørring. Efter bestemmelse af startvægt, og mellem hvert belægnings-trin som der eventuelt bliver målt på, må emnerne gennemløbe en normal forbehandling med el.affedtning og dekapering før belægning. Dette skyldes at emnerne ret hurtigt passiverer og desuden bliver fedtede ved håndtering.

Under forbehandlingen sker der mange samtidige masseændrende processer i de enkelte trin, som gør vejning vanskeligt at omsætte til diagnose af enkeltstrømmene i forbehandlingen. F.eks. sker der i anodisk el. affedtning en samtidig afgivelse af olie/fedt og opbygning af passiveringslag. Under bejdsning opløses metaloxide og måske en lille del af emnemetallet. Det samme sker under dekapering, men i betydeligt mindre målestok. Disse forhold gør, at den fundne startvægt ikke er den "ægte", men afvigelsen vil være beskeden - i forbindelse med elaffedtning og dekapering næsten umålelig. Materialeafgivelse ved bejdsning bør kendes ved stærkt oxiderede emner, men som nævnt kan der være tale om en blandet afgivelse af oxid og emnemateriale, hvorfor der anbefales en kemisk analysemetode.

Gravimetrisk analyse

Ved gravimetrisk analyse bringes stoffet der skal analyseres til at reagere kemisk med et tilsat reaktionsmiddel under dannelse og udskillelse af et tungtopløseligt produkt af kendt sammensætning. Ved at fraseparere, tørre og veje det tungtopløselige reaktionsprodukt kan indholdet af det oprindelige stof bestemmes.

Gravimetrisk analyse kan med stor omhu detektere koncentrationer ned til 0.1%, men er bedst egnet til koncentrationer over 1%. Dette gør metoden uegnet til fortyndede skyllevandsstrømme, men metoden er anvendelig i selve badene og koncentrerede skyllestrømme. Metoden er primært anvendelig til bestemmelse af saltindholdet, f.eks. sulfatdelen eller kloriddelen af et metalsalt, men kan også detektere metaldelen.

Gravimetrisk analyse er et enkelt princip og kan udføres på virksomheder uden særlig ekspertise såfremt der er klare retningslinier for den enkelte analyse. Den praktiske udførelse

af en gravimetrisk analyse kan være noget omstændelig og i reglen foretrækkes derfor en titrering.

Titrering

Ved titrering bringes stoffet der skal analyseres til at reagere kemisk med et reaktionsmiddel, som er i stand til fuldstændigt at forbruge stoffet der analyseres for. Reaktionsmidlet er en opløsning med kendt koncentration, hvilket gør det muligt at bestemme stofkoncentrationen i prøven.

Det punkt, hvor alt stoffet lige netop er reageret, kaldes ligevægtspunktet. Titrering kan foretages enten til ligevægtspunktet nås, hvis der her findes en tydeligt markeret fysisk forandring, eller langt væk fra ligevægtspunktet, hvis koncentrationen her er proportional med en målbar fysisk egenskab.

Ved konventionel titrering titreres til et ligevægtspunkt, hvor der sker en synlig forandring, f.eks. et farveskift eller dannelse af uklarheder, eller et skift i pH. Disse faktorer er meget enkle at detektere. Andre ligevægtsforandringer kræver særligt udstyr at detektere. Det gælder f.eks. skift i elektrisk potentiale, ledningsevne eller lysbrydning.

Detektionsgrænsen for titrering til ligevægt er nogenlunde som for den gravimetriske analyse (ca. 0.1 %), og anvendelsesområdet derfor det samme. Titrering er dog anvendelig overfor et større antal stoffer. Nøjagtigheden er god, ca. 0.5 %.

Titrering udenfor ligevægtspunktet har en betydeligt større følsomhed og benyttes ofte i forbindelse med potentometri og spektroskopi, se disse.

Konventionel titrering er meget enkel at udføre, og kan udføres på virksomheder uden særlig ekspertise såfremt der er klare retningslinier for den enkelte analyse. Denne form for analyse er den absolut mest udbredte og foretrækkes såfremt nøjagtigheden er tilfredsstillende, hvad den dog sjældent er i fortyndede spildstrømme.

Optisk spektroskopi

Disse metoder omfatter spektroskopi i det ultraviolette (UV) og det synlige (VIS) lysområde, samt fluorescensanalyse. Metoderne bygger på, at elektromagnetisk stråling, her UV eller VIS lys, absorberes ved passage af det stof der skal analyseres. Ved absorptionen svækkes strålingen (UV/VIS spectroscopi) eller giver anledning til excitering af fluorescent lys (fluorescensanalyse). Såvel svækkelsen af strålingen som udsendelse af fluorescent lys sker efter fysiske love, som gør det muligt at detektere stoffer og bestemme deres koncentration.

Spektroskopi er anvendeligt overfor et betydeligt antal stoffer - i forbindelse med galvano såvel metaldelen som aniondelen. For UV/VIS spektroskopi skal prøven være en klar opløsning. Fluorescensanalyse kan også benyttes overfor uklare opløsninger og visse faste stoffer, men det er kun et begrænset antal stoffer der udsender fluorescent lys.

Spektroskopi er kun egnet til fortyndede opløsninger (<0.01 M) og er derfor egnet til fortyndede spildstrømme (eller badvæsker/koncentrerede spildstrømme efter kendt fortynding). Følsomheden er god, måling i ppm-området (10^{-6}) er generelt ikke noget problem, fluorescensanalyse kan måle helt ned i ppb-området (10^{-9}). Analysemæssigt hører metoderne

til de mindre nøjagtige, uden dog at være dårlige. Nøjagtigheden af UV/VIS spektrometri forbedres hvis den udføres i forbindelse med en titrering (fotometrisk titrering).

Udførelse af spektroskopi kræver særlig viden og specielt udstyr. Udstyret varierer meget i pris og kompleksitet alt efter hvilke stoffer og hvilken nøjagtighed man ønsker. Der findes relativt enkelt og prisbilligt udstyr såvel som dyrt og kompliceret.

Generelt er spektroskopi en opgave for firmaer/videncentre med særlig ekspertise. For en del virksomheder vil det være muligt at oplære en operatør til at udføre et antal specifikke analyser på simpelt udstyr.

Atomabsorption

Atomabsorption er en særlig form for spektroskopi, hvor prøven er bragt på atomar form, f.eks. ved afbrænding i en flamme. UV/VIS lys vil svækkes ved passage af den atomiserede prøve på samme måde som for UV/VIS-spektroskopi, hvilket benyttes til bestemmelse af koncentrationen. Der benyttes særlige spektrallamper som kun udsender lys med den bølgelængde, som det pågældende stof kan absorbere.

Atomabsorption anvendes kun til metaller, så som metalioner i galvanobade. Metoden er i lighed med spektroskopi kun egnet til fortyndede opløsninger, hvor den både er meget følsom og nøjagtig. Ved afbrænding i flamme kan der måles i ppb-området med en nøjagtighed på 1-2%. Afbrænding i grafitovn muliggør måling ned til hundredele ppb med en nøjagtighed på 5-10%.

I lighed med spektroskopi kræver udførelsen af atomabsorption særlig viden og specielt udstyr. Udstyret er relativt dyrt og kompliceret.

Atomabsorption er generelt en opgave for firmaer/videncentre, som har særlig ekspertise og råder over udstyret.

Potentiometri

Ved den direkte potentiometriske metode udnyttes, at potentialet af en elektrode afhænger af en eller flere komponenter i en opløsning. Metoden bygger på, at den ion i opløsningen som der skal måles reduceres på en inert elektrode. Reaktionen forløber ved en for stoffet karakteristisk spænding (potentiale). Når potentialet nås og reaktionen starter løber der en strøm, hvis styrke afhænger af koncentrationen af det pågældende stof.

Potentiometri kan anvendes både til metalioner og anioner i en opløsning. Metoden er egnet til såvel relativt koncentrerede som meget fortyndede opløsninger. Følsomheden ligger i ppm-området. Metoden har en særlig fordel, nemlig at den kan analysere for ioner i forskellige oxidationstrin, f.eks. krom(III) og krom(VI).

Potentiometri benyttes også i forbindelse med titrering (potentiometrisk titrering). Metoden er her betydeligt mere nøjagtig og følsom end konventionel titrering, og kan også oplyse om andre, måske uventede, stoffer.

Potentiometri kræver særlig viden og udstyr. Udstyret er ikke dyrt, men metoden kan være ret omstændelig. Potentiometri er generelt en opgave for firmaer/videncentre, som har særlig ekspertise.

A1.2.2 Måling af delstrømme

De materialestrømme det er mest interessant at måle er overslæb, aerosol og gas, udledning til virksomhedens rensesanlæg eller til kloak samt udfældet metal.

For at finde en materialestrøm skal man måle både koncentration af det pågældende stof og mængden af delstrømmen som bærer stoffet. Dette gælder både for væskebårne strømme (skylle/spildevand) og luftbårne (aerosol/gas). Mængden af delstrømmen kan eventuelt findes ved en flowmåling over en given tidsperiode. Der gælder derfor følgende ligning:

$$m = C \cdot M = C \cdot Q \cdot t \quad (3)$$

hvor

m = masse (mg, omregnes til passende enhed)

C = koncentration (mg/l væske; mg/m³ luft)

M = mængde (l væske; m³ luft)

Q = flow (l/h væske; m³/h luft)

t = tid (h = timer).

De angivne enheder bruges ofte i forbindelse med analyse, men enhederne bør naturligvis vælges hensigtsmæssigt i forhold til de målte mængder og koncentrationer, blot der benyttes samme enheder i ligningen.

Overslæb

Overslæb kan måles direkte ved vejning eller ved kemisk analyse. Vejning anvendes kun ved forsøg, kemisk analyse kan anvendes både ved forsøg og produktion. Måling af overslæb ved vejning er omtalt i afsnit 3.2.1.

Ved måling under produktion ved hjælp af kemisk analyse antages det, at der indstiller sig en ligevægt hvor den opløste mængde metaller og salte i overslæbet som tilføres skyllekarret er lig med den mængde som ledes ud med skyllestrømmen. Overslæbet kan derved findes ved måling af skyllevandskoncentration og mængde under brug af ligning 3.

Det største mængde overslæbt metal findes i første skyllekar og det er måske muligt at anvende titrering her. Hvis ikke må der benyttes en mere følsom metode. Såfremt der anvendes modstrømsskyl vil koncentrationen i første kar og måske også andet kar altid være meget koncentreret og titrering muligt. Ved modstrømsskyl måles koncentrationen direkte i skyllekaret og skyllevandsmængden fås ved måling af den tilbageførte skyllestrøm.

Overslæbet fra kar til kar er måske mindre interessant end det samlede overslæb til strømmen af brugt skyllevand, idét det er sidstnævnte som udgør den egentlige spildstrøm. Såfremt der måles på den samlede strøm må der benyttes en analysemetode som kan måle for alle stofferne samtidigt, således at enkeltkilderne og deres betydning kan spores. Den største sikkerhed i bestemmelsen opnås ved at måle på de enkelte stikledninger til afledningen af det brugte skyllevand, hvilket reelt er fra kar til kar, men det medfører et større arbejde i praksis. Da der i den samlede spildstrøm også indgår andre spildstrømme, f.eks. fra almindelig rengøring, er det muligt at få et overblik over disse andre spildstrømme ved måling både på stikledninger og den samlede strøm. Som hovedregel kan man regne med, at overslæbet udgør langt den største kilde.

En simpel, men ikke fuldstændig nøjagtig måde at måle/vurdere overslæbet på, er måling af affaldsprodukterne. Overslæbet ledes til renseanlægget (sammen med en mindre mængde andre spildstrømme), hvor det fældes som hydroxid eller bindes i en ionbytter. Hydroxid eller eluat afhændes til kommunekemi og mængderne vil i reglen fremgå af bogholderiet. Fordelingen og koncentrationen af de enkelte metaller findes ved analyse, og da stofferne i affaldet er meget koncentrerede kan dette ske ved simpel titrering. Ved måling af hydroxidet findes kun metaldelen, idét aniondelen ikke bindes, men ledes ud.

Aerosol og gas

Måling af aerosoler og gasser foretages rutinemæssigt i forbindelse med arbejdsmiljømålinger. Her er man udelukkende interesseret i stofkoncentrationen på kritiske steder og ikke i stofmængden.

Ved materialestrømsanalyse er man interesseret i stofmønderne, som bestemmes af ligning 3. Det byder på nogle praktiske problemer indenfor galvanø, især hvor der er tale om almen ventilation.

Prøvetagning kan ske ved opsamling med pumpe eller opsamling ved diffusion. Ved opsamling med pumpe samles prøven på et filter (aerosoler og støv) eller i et adsorptionsrør (dampe og gasser). Mere sjældent samles prøven i en vaskeflaske eller direkte i en pose eller beholder. Den gennempumpede luftmængde måles. Den opsamlede prøve (aerosol eller bunden gas) opløses eller elueres sidenhen og mængden bestemmes ved hjælp af analysemetoderne beskrevet i afsnit 3.2.1.

Ved diffusionsmetoden bevæger dampene sig gennem et diffusionskammer frem til et adsorberende medie. Den opsamlede prøve elueres og mængden bestemmes. Ved samtidigt at kende prøvetagningstiden kan koncentrationen i prøvestedet beregnes ud fra diffusionslove.

For procesanlæg med almen ventilation og ineffektiv lokal ventilation afgives aerosoler og gasser til den omgivende luft, som er et uafgrænset medium i modsætning til f.eks. en skyllevandsstrøm. Det er derfor ikke muligt umiddelbart at medømme den luftmængde, som aerosolerne eller gasserne blandes op i.

Et andet problem er, at det er vanskeligt at afgøre hvornår aerosolerne rent faktisk har forladt proceskarret. De tungeste aerosoler falder ved hjælp af tyngdekraften tilbage i proceskarret. Hvorvidt aerosolerne falder ned i proceskarret, falder ned udenfor eller hvirvles op og bæres væk afhænger ud over deres størrelse og masse også i høj grad af luftstrømmene i lokalet, og disse kan være meget variende. Bevægelse fra personer er nok til at påvirke luftstrømmen. Måling af aerosolafgivelsen i f.eks. et telt omkring proceskarret vil derfor give et falsk resultat.

For procesanlæg med effektiv lokal ventilation afgives aerosoler og gasser til et afgrænset medie, idét det må antages at den samlede afgivne mængde tvinges med luftstrømmen ind i afsugningen. Her kan koncentration og luftflow måles og den afgivne mængde derved bestemmes. Et problem er dog, at aerosoler udkondenseres i ventilationsanlægget, og nogle aerosoler løber eventuelt tilbage i karret. Man kan beregne denne mængde ved at måle i indgangen og udgangen af ventilationskanalen. Produktionsmæssigt er det risikabelt at lade udkondenserede aerosoler løbe tilbage i karret, da det kan medføre en forringet belægningskvalitet eller i værste fald ødelæggelse af badene. Udkondenserede aerosolerne bør opsamles i fælder (hvor mængden kan måles) og ledes til rensning.

Udledning til renselanlæg eller kloak

For konventionelle galvanoeanlæg er udledning til renselanlægget, som nævnt under overslæb, en fortyndet blandet strøm. Forhold omkring måling af brugt skyllevand til virksomhedens renselanlæg er omtalt ovenfor under overslæb. For udledning til kloak efter renselanlægget gælder, at koncentrationerne er meget små (ppm-området), hvorfor der her må benyttes spektrometri, atomabsorption eller eventuelt potentiometri.

Det er interessant at måle før og efter renselanlægget for at måle dets effektivitet og måle den udgående spildstrøm til kloak. Det er her værd at nævne, at det ikke bare er de udledte stofkoncentrationer og mængder der er interessante, men også vandmængden, da vand også må opfattes som en ressource. Spildevandsmængderne i et konventionelt galvanoeanlæg er ofte meget store.

I spildevandsstrømme er det muligt at automatisere prøvetagning og analyse ved den såkaldte Flow Injection Analysis (FIA), hvor man kontinuert afleder en lille mængde af spildstrømmen til et særligt analyseapparat, som f.eks. kan bygge på spektroskopi.

Udfældet metal

Måling af udfældet mængde metal kan udføres ved vejning, se 3.2.1, hvor emnernes areal er kendt, eller ved måling af den forbrugte strømmængde, se 3.1.4. Til produktionsmåling anvendes strømmængdemåling. Vejemetoden kan benyttes ved forsøg og indkøring.

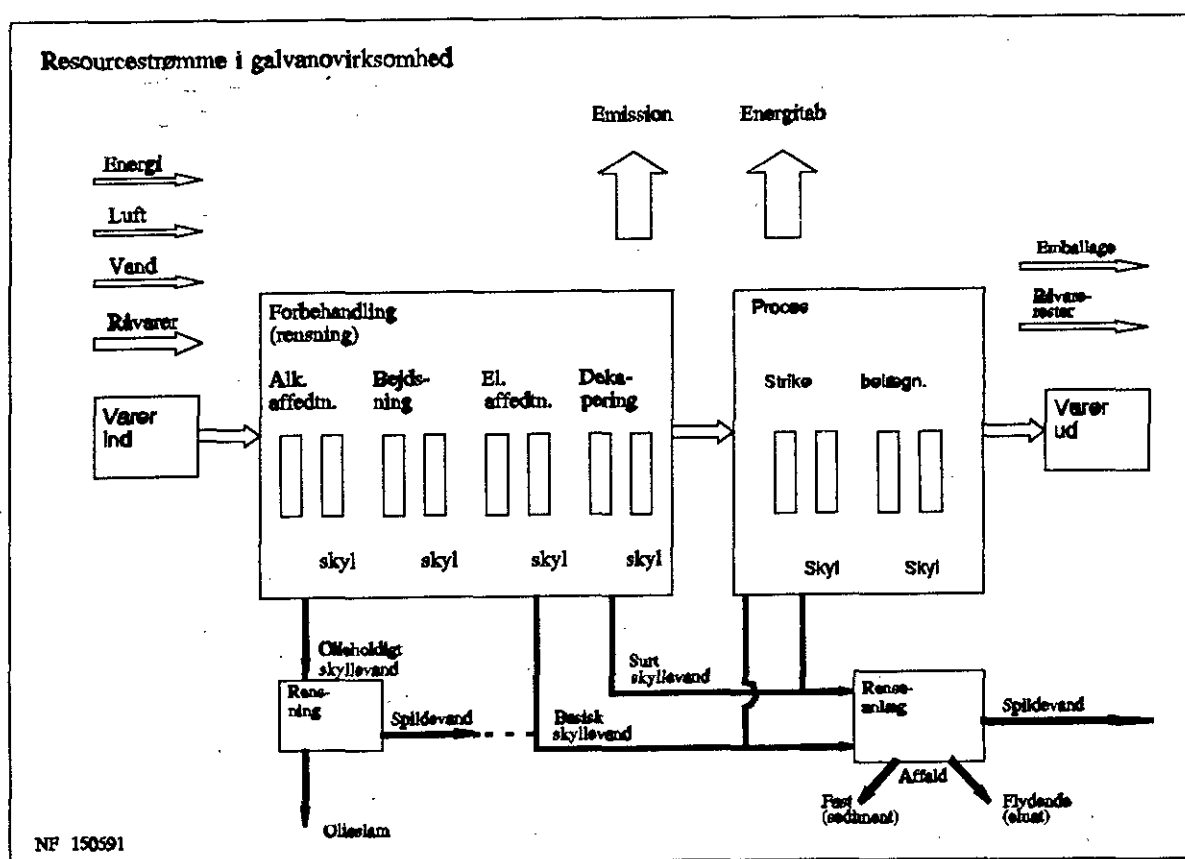
Appendix 2. Materialestrømme i Galvanovirksomhed.

Det er for en branchekonsulent af interesse at vide, hvor og hvordan han skal observere materialestrømme i en galvanovirksomhed.

Galvaniske belægningsprocesser kan generelt karakteriseres ved en varestrøm, som gennemløber en forbehandling (afrensning) og en belægning. Eventuelt kan der udføres efterbehandling (f.eks. kromatering) og/eller hjælpeprocesser (f.eks. slibning).

De ovennævnte hovedprocesser består typisk af en række delprocesser. F.eks. kan forbehandlingen bestå af alkalisk affedtn., bejdsning, el.affedtn. og dekapering med skyl imellem hver. Belægningen kan bestå af et strikelag og selve belægningen.

Til processerne er knyttet ressourcestrømme, dvs. materiale- og energistrømme, se fig. 4. Delprocesserne for de enkelte belægninger og deres bestanddele er beskrevet i RENTEK-systemet [1], hvortil der henvises.



Figur 3 Materiale/resourcestrøm i galvanovirksomhed.

Ressourcestrømme i en galvanovirksomhed kan være ønskede eller uønskede. De ønskede materialestrømme kommer fra de nødvendige materialetransporter og processer. Transport og

processer kan foregå og være mere eller mindre miljø- og ressourcevenlige. Nogle er det ikke teknologisk muligt at forbedre, andre vil kræve investeringer, som er urentable.

De uønskede ressourcestrømme udgøres hovedsageligt af spildstrømmene, så som dampe, aerosoler, slam, spildevand og energitab. En vis mængde spildstrømme kan næppe undgås, men nogle stammer fra dårlige vaner og uhensigtsmæssige rutiner ved transport og håndtering af kemikalier og processer, som omtalt i kapitel 4.

A2.1. Spildstrømme i en Galvanovirksomhed

Spildstrømmene i en galvanovirksomhed (se fig. 1) udgøres generelt af:

- energitab (dårlig effektudnyttelse)
- spildvarme
- dampe og gasser
- aerosoler
- slam
- støv/snavs
- brugt skyllevand
- spildevand til kloak
- nedslidte/kasserede kemikalier
- kasseret emballage
- andet

Energitab (dårlig effektudnyttelse):	Procesbetinget lavt strømudbytte (ineffektiv proces). Anlægs- eller brugerbetinget lavt strømudbytte (for små huller i tromler, for lille anodeareal, dårlig elektrolyt, manglende styring og overvågning).
Spildvarme:	manglende anvendelse af spildvarme, hvor det er muligt (elpolering, hårdkrom, alkalisk zink).
Dampe og gasser:	varme væskeoverflader, kraftig ventilation og elektrokemiske processer. Ætseprocesser (NO _x), opløsningsmidler (triaffedter)
Aerosoler:	Gasudvikling fra elektrokemiske processer (lavt strømudbytte i krombad) og luftgennemblæsning i bade (surt kobber). Eventuelt fra udsugning.
Slam ¹⁾ :	Fra proceskar og hjælpeudstyr: bundfald, kemiske udfældninger, filtre, kulfiltre, filterposer, filterkager, anodeposer, anoderounds (slamlag). Fra rensningsanlæg: Sediment fra hydroxidfældning.

Støv, snavs:	Mekanisk bearbejdning, håndtering af tørt, pulveriseret eller granuleret materiale. Vådblæsere, sandblæsning, glasperleblæsning og slibning. Saltstøv dannet fra aerosoler (i udsugningsanlæg).
Brugt skyllevand:	Skyllevand fra rengøring og badvedligehold. Brugt skyllevand fra processerne (udledt via rensningsanlæg - ionbytter, hydroxid-fældning etc.).
Spildevand:	Kationer (metalioner), anioner (sulfat, fosfat etc.), komplekser, olie i spildevand.
Nedslidte/kasserede kemikalier ²⁾ :	Kasserede elektrolytter (kemisk nikkel). Kasserede ætsebade, bejdsebade og metalstrippere. Kasserede vandbaserede og opløsningsmiddelbaserede affedtere. Eluat fra ionbyttere.
Emballage:	Tromler, beholdere og lignende, som indeholder kemikalierester.
Andet:	Maskeringsmat (Tape, lak og voks). Brokkede emner. Spild ved uheld.

¹⁾ Skovlbart

²⁾ Ikke skovlbar væske

Tabel 1 viser en oversigt over spildstrømmene fra de enkelte delprocesser som kan indgå ved en konventionel galvanisk udfældning. Der er tale om en samlet oversigt, idét ikke alle delprocesserne nødvendigvis udføres for en given belægningstype.

Ved en konventionel galvanisk udfældning forstås et procesforløb som bygger på almindeligt benyttet "gammeldags" teknologi. Skylling sker i rigeligt vand, som udledes efter rensning ved hydroxidfældning og sedimentering af tungmetaller.

Spildstrømmenes afhængighed af forskellige produktionsparametre er omtalt nærmere i afsnit 2.3.

Tabel 1.

Oprindelse/ proces	Anvendel- sesgrad	Spildstrøm	Mængde, normalt	Afhænger af	Nedbringes gennem
Hjælpeprocesser					
Slibning Tilretning af emner før be- lægning, sli- ning på mål efter belægn.	lille	Partikler (metal) fra emne eller belægning	lille - mellem	Emnets udgangs- tilstand, belæg- ningens udførelse (kantopbygning, spredning, ruhed)	Omhu og for- nuftigt proces- valg for em- netilvirkning og belægning
Tromleafgrat- ning Tilretning af emner før be- lægning, grovrensning	lille	Partikler (metal) fra emne	lille	Emnets udgangs- tilstand (grater)	Omhu og for- nuftigt proces- valg for em- netilvirkning og belægning
Forbehandling					
Triaffedtning Grovaffedt- ning	lille	Triklor-dampe	mellem	Emnegeometri, varemængde	Substitution med alkalisk affedter
Alkalisk affedt- ning Grovafrens- ning (fedt og snavs)	stor	Overløb til skyllebad af: kemikalier olie	mellem stor	Emnegeometri, varemængde, af- drypningstid	Skylning over badet, separation af olie (afskim- ning, ultrafilt- rering)
		Vanddamp	mellem	Badtemperatur	
Bejdsning Grovafrens- ning (oxider)	stor	Overløb til skyllebad af: kemikalier metalioner	mellem mellem	Emnegeometri, emnemateriale, varemængde, afdrypningstid	
		Syre- og vand- damp	mellem	Badtemperatur	
		Gas og aerosol	lille	Varemængde, tid	
El.affedtning Finafrensning (fedt og snavs)	stor	Overløb til skyllebad af: kemikalier olie	lille lille	Emnegeometri, varemængde, afdrypningstid	Ultrafiltrering
		Vanddamp	mellem	Badtemperatur	
		Gas og aerosol	stor	Strømtæthed, varemængde, tid	

Oprindelse/ proces	Anvendelsesgrad	Spildstrøm	Mængde, normalt	Afhænger af	Nedbringes gennem
Dekapering Finafrensning (oxidfilm, al- kali), akti- vering	stor	Overslæb til skyllebad af: kemikalier metalationer	lille lille	Emnegeometri, emnemateriale, varemængde, afdrypningstid	
		Gas og aerosol	lille	Varemængde, tid	
Skylning Skylning mel- lem hver af ovennævnte (undt. tri)	stor	Overslæb til procesbad af: vand kemikalier metalationer evt. olie	(fortyndet) lille lille lille lille	Emnegeometri, varemængde, afdrypningstid	Minimering af overslæb fra procesbade. Sparskyl, særlige teknikker til genanvendelse
		Bortledning af: vand kemikalier metalationer	stor mellem mellem	Overslæb fra foregående pro- cesbad	
Galvanisk proces					
Elektropolering Især på rust- frit stål. Ofte udføres der ikke efterføl- gende belæg- ning	lille	Overslæb til skyllevand af: kemikalier metalationer	stor mellem	Emnegeometri, varemængde, afdrypningstid	
		Gas og aerosoler	stor	Strømtæthed, varemængde, tid	
		Syredampe	stor	Badtemperatur	
Strikelag Aktiverende lag for be- lægning	mellem	Overslæb til skyllebad af: kemikalier metalationer	mellem mellem	Emnegeometri, afdrypningstid	Optimere strøm- udbytte
		Gas og aerosoler	ingen - mellem	Strømodbytte, strømtæthed, varemængde (ti- den er lille)	
		Aerosoler	ingen - lille	luftgennemblæs- ning (lille tid)	

Oprindelse/ proces	Anvendel- sesgrad	Spildstrøm	Mængde, normalt	Afhænger af	Nedbringes gennem
Belægning Selve belæg- ningen. Der kan være tale om ét eller flere lag, dvs. én eller flere delprocesser	stor	Overslæb til skyllebad af: kemikalier metalioner	mellem mellem	Emnegeometri, afdrypningstid	
		Gas og aerosoler	ingen - stor	Strømodbytte, strømtæthed varemængde, tid	Optimere strøm- udbytte
		Aerosoler	ingen - mellem	luftgennemblæs- ning, tid	Varebevægelse hvis muligt
Skylning Skylning mel- lem hver af ovennævnte	stor	Overslæb til procesbad af: vand kemikalier metalioner	lille lille lille	Emnegeometri, afdrypningstid	
		Bortledning af: vand kemikalier metalioner (fortyndet)	stor mellem mellem	Overslæb fra foregående pro- cesbad	Minimering af overslæb fra procesbade. Sparskyl, særlige teknikker til genanvendelse
Efterbehandling					
Kromatering Passiverende lag, især på zink	mellem	Overslæb til skyllebad af: kemikalier metalioner	mellem mellem	Emnegeometri, afdrypningstid	
Skylning Skylning efter kromatering	mellem	Bortledning af: vand kemikalier metalioner (fortyndet)	stor mellem mellem	Overslæb fra foregående pro- cesbad	Minimering af overslæb fra procesbad

A2.2. Massebalanceberegning for galvaniske virksomheder

Det grundlæggende princip i en materialestrømsanalyse er, som omtalt i afsnit 1.2, at summen af de indkommende materialer skal være lig med summen af de udgående, se figur 3. Dette kan illustreres ved følgende ligning:

$$\sum \text{materialer}_{\text{ind}} = \sum \text{materialer}_{\text{ud}} \quad (1)$$

Ovennævnte betragtning gælder i princippet for virksomheden totalt set. For at kunne håndtere en materialestrømsanalyse i praksis, er det imidlertid en fordel at kunne betragte de enkelte processer separat, dvs. at behandle lagerprocesser, transportprocesser og de enkelte produktionsprocesser for sig. Dette vil på den ene side forenkle arbejdet, men øger samtidigt muligheden for fejl, f.eks. ved dobbelt bogholderi eller ved forglemmelse. Der gælder derfor følgende hovedregler:

Ved opsplitting af materialestrømsanalyse i delanalyser for hovedprocesser eller delprocesser skal man for hver delanalyse definere en starttilstand og en slutttilstand, så ligning 1 er opfyldt.

Opsplitningen skal foretages på en sådan måde, at alle strømme er medtaget i summen af de enkelte delanalyser, men hver delstrøm kun er medtaget i én delanalyse.

Ovennævnte regler sikrer mod fejl, men det kan i praksis være vanskeligt at foretage opdeling og måling af delstrømmene. Dette skyldes bl.a. følgende forhold:

De udgående strømme for processerne blandes ofte, f.eks. i forbrugt skyllevand eller ventilationsafkast.

Det kan være vanskeligt at definere start og sluttidspunkt. F.eks. tilføres kemikalier ofte diskontinuerligt, mens de forbruges kontinuerligt, eller kemikalier kan deponeres i badene som uopløselige reaktionsprodukter og vil således kun blive registreret med meget lange mellemrum. Hvis man ikke er opmærksom på sidstnævnte, kan denne deponering give anledning til en generel fejlkilde ved en materialestrømsanalyse.

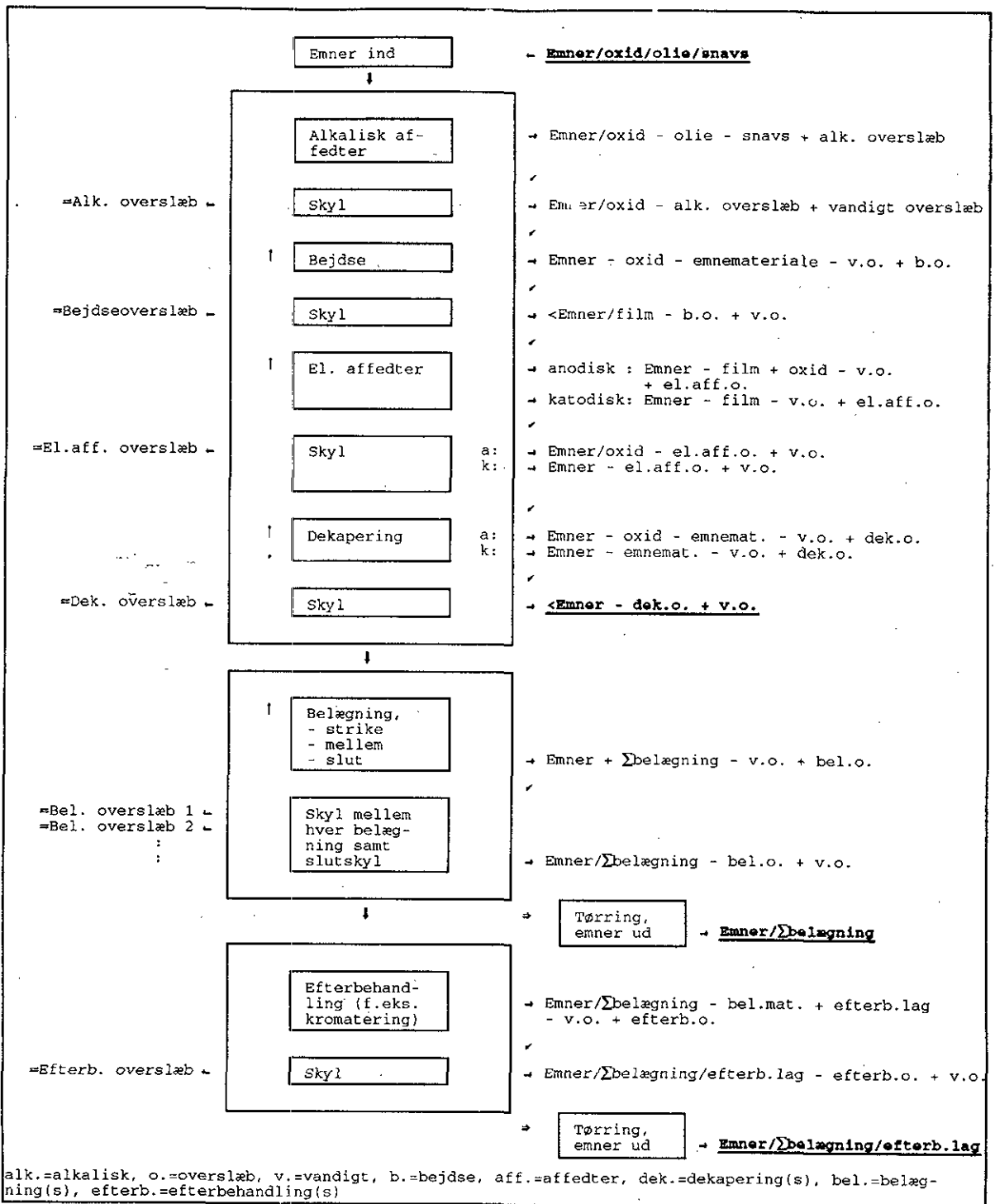
Det er vigtigt at få overblik over samtlige strømme. Nogle strømme kan forekomme negligibile. Fravælgelse af delstrømme kræver imidlertid nærmere overvejelse af miljømæssige konsekvenser.

I afsnit 2.1 er samtlige mulige spildstrømme for en galvanovirksomhed medtaget. I det følgende behandles materialestrømsanalyse for produktionsprocesserne, da de generelt er mest interessante. De praktiske forhold omkring måltagning er beskrevet i kapitel 3.

A2.2.1 Materialestrømsanalyse af produktionsprocesser

Produktionsprocessen inddeles i forbehandling (rensning), belægning og eventuelt efterbehandling. Under selve belægningsprocessen tilføres emnet kun en belægning. Under forbehandlingen kan der ske en del mellemreaktioner og materialetransporter til og fra emnet, så som oxidering/oxidfjernelse og opløsning af emnemateriale. Figur 5 viser materialetransporterne og gangen i beregningen af materialestrømmen for en konventionelt udført belægning. Højre side af figuren viser tilstanden af emnet efter hver delproces, hvad emnet har mistet og hvad det bringer videre. Venstre side viser hvad der forsvinder ud ved hver delproces. De små pile op indikerer at der kan dannes aerosoler, dampe eller gasser. Yderst til venstre er vist hvad der går ud med skyllevandet. En minimering af spildstrømmene går bl.a. ud på at lukke eller tilbageføre strømmene i venstre side af figuren, som beskrevet i kapitel 4.

Figuren viser ikke kemikalietilgangen, men der foretages selvfølgelig en kontinuert eller diskontinuert erstatning af de forbrugte råvarer.



Figur 4 Materialestrøm i konventionel galvanisk proces.

Kemikalietransporten for belægningsprocesser kan beskrives således:

Kemikalier, ind:

- opløsning af anode (elektrolytisk)
- opløsning af salte, syrer, baser m v.

- opløsning af additiver/hjælpestoffer
- (ukontrolable, f.eks. reaktion med luft)

Kemikalier ud:

- overslæb til skyllevand
- aerosol og dampe til luft
- belægning til vare
- (sidereaktionsprodukter som deponeres i badet)

Det blev nævnt, at der under forbehandlingen kunne ske en del mellemreaktioner og materialetransporter, som dog netto ender med, at emnet bliver fuldstændigt rent. Disse "mellemregninger" er i reglen små, men det må alligevel overvejes om det kan forsvares at se bort fra dem. F.eks. fjernes der ved bejdsning af rustfrit stål måske 2µm materiale fra overfladen. Det er ikke meget, men hvis der behandles 1000 dm² vil det svare til 160 gram opløst metal, heraf 20 - 40 gram krom. Der vil derfor blive oparbejdet krom i bejdsen, som ender i skyllevandet. Også ved dekapering opløses der emnemateriale, men i betydeligt mindre mængde end ved bejdsning.

A2.3. Produktionsforhold og miljøprofil

I en total vurdering af de miljømæssige aspekter for en proces indgår ikke blot *materialestrømsanalyse*, men også *energiberegning* og en vurdering af *spredning og effekt i ydre miljø* samt vurdering af *eksponering og effekt i indre miljø*.

Det ligger ikke indenfor rammerne af denne håndbog at komme nærmere ind på, hvordan en total miljøvurdering foretages, da der ikke foreligger nogle endegyldige kriterier herfor, og da det er et ret kompliceret område. Der arbejdes i øjeblikket (1991) på udvikling af metoder og kriterier, både nationalt og internationalt, og området har en meget stor bevågenhed. Der henvises her til det såkaldte UMIP-projekt, som støttes af miljøstyrelsen, og hvor nærmere retningslinier forventes klar primo 1993.

Der vil dog i det følgende blive redegjort for nogle generelle faktorer og sammenhænge, som er af betydning for en proces' miljøbelastning.

A2.3.1 Produktionsforhold

Strømudbytte:

Strømudbyttet er den galvaniske proces' virkningsgrad. Der er tale om både en anodisk virkningsgrad og en katodisk. Emnet udgør katoden for normale belægningsprocesser og anode for elektropolering og anodisering. Ved angivelse af strømudbyttet for en galvanisk belægningsproces tænkes normalt på den katodiske virkningsgrad. Strømudbyttet er overvejende procesbetinget, men kan dog styres indenfor processens rammer.

Strømodbyttet defineres som den procentdel af strømmen der går til udfældelse af metal. Såfremt dette er under 100% vil den resterende strømmængde gå til sidereaktioner, i praksis gasudvikling (hydrogen ved emnet, oxygen ved anoden).

Strømodbyttet er afgørende for *energiudnyttelsen*, jo højere strømodbytte jo bedre energiudnyttelse. På grund af gasudviklingen er strømodbyttet også afgørende for *aerosoldannelsen*. Jo mindre strømodbyttet er jo mere intenst sker gasudviklingen og aerosoldannelsen. Ved et strømodbytte på 100% sker der ingen aerosoldannelse, forudsat at der ikke er luftgennemblæsning i badet..

Strømtæthed og varemængde:

Strømtætheden er den strømstyrke der benyttes pr. arealenhed af emner. Strømtætheden kan i reglen varieres indenfor ret vide grænser, og er bestemmende for den tid det tager at belægge et emne med en given mængde metal.

Strømtætheden har ikke i sig selv nogen direkte indvirkning på miljøforhold. Sammenholdt med den aktuelle varemængde og dennes areal bestemmes dog den mængde aerosol der produceres pr. tidsenhed.

En høj strømtæthed i forbindelse med en stor varemængde udvikler varme, og der kan blive tale om, at badet må køles, hvilket giver en dårligere energiudnyttelse. Mange bade kræver dog opvarmning, og den egenvarme, som badet producerer, bliver derfor udnyttet.

Luftgennemblæsning/varebevægelse

Bevægelse af badvæsken sker ved luftgennemblæsning eller varebevægelse, sjældent ved omrøring. Luftgennemblæsning giver en større bevægelse af væske omkring emnerne end varebevægelse.

Luftgennemblæsning giver anledning til *aerosolderdannelse* og stænk. Luftgennemblæsning i opvarmede bade giver desuden *dampudvikling* og på grund af afkøling også et *energitab*.

Varebevægelse giver ikke ovennævnte ulemper, men desværre er det ikke altid muligt at benytte varebevægelse. Dels kan varerne være uegnede og dels kan badet være uegnet ved f.eks. at køre med stor strømtæthed.

Badtemperatur:

Mange bade fungerer kun indenfor et vist temperaturområde, der ofte ligger over stuetemperatur. Badet må derfor opvarmes. Der vil altid være et varmetab fra et opvarmet bad, selvom det er almindeligt at isolere, f.eks. med "bordtennisbolde" på væskeoverfladen. Emnerne afkøler desuden badet ved neddykning. Badtemperaturen er derfor af betydning for *energitab* ved processen. En høj badtemperatur kan desuden give *dampudvikling*. Der vil i reglen være tale om vanddamp, men der kan også være tale om f.eks. syredampe, ammoniakdampe og afdampning af forskellige additiver.

En høj badtemperatur kan dog give nogle indirekte miljømæssige fordele, idét det er muligt at udnytte den høje badtemperatur til vandbesparende og affaldsnedbringende foranstaltninger, hvilket er nærmere omtalt i kapitel 4.

Badkoncentration

Koncentrationen af opløst metal i badet er afgørende for den mængde metal, der føres ud via *overslæb*. Jo større koncentration, jo større mængde går ud via overslæbet. Koncentrationen kan i begrænset omfang varieres indenfor processens rammer.

Badlevetid:

Levetiden af badet har betydning for den mængde brugte bade og dermed kemikalier, der må kasseres. Galvanobade må kasseres når de har nået en sådan kvalitetsforringelse, f.eks. ved forurening, at de ikke længere kan give en tilfredsstillende udfældning og det ikke er muligt at foretage oprensning og justering.

De fleste bade har en levetid på adskillige år, men der er enkelte bade som må fornys jævnlgt, og som således giver anledning til store mængder *kemikalieaffald* (se RENTEK).

A2.3.2 Miljøprofil

I tabel 2 er angivet en grov miljøprofil for en række gængse galvaniske processer. Miljøprofilen er blevet til på grundlag af oplysninger i RENTEK-systemet, og tager her udgangspunkt i gennemsnitlige tekniske data, samt i vejledende badsammensætninger. På baggrund af skemaets oplysninger og miljøoplysningerne for både det indre og ydre miljø i RENTEK, er der foretaget en umiddelbar førstehåndsvurdering af processernes miljøskadelige potentiale, idét der henvises til det metodegrundlag der er under udvikling i UMIP-projektet.

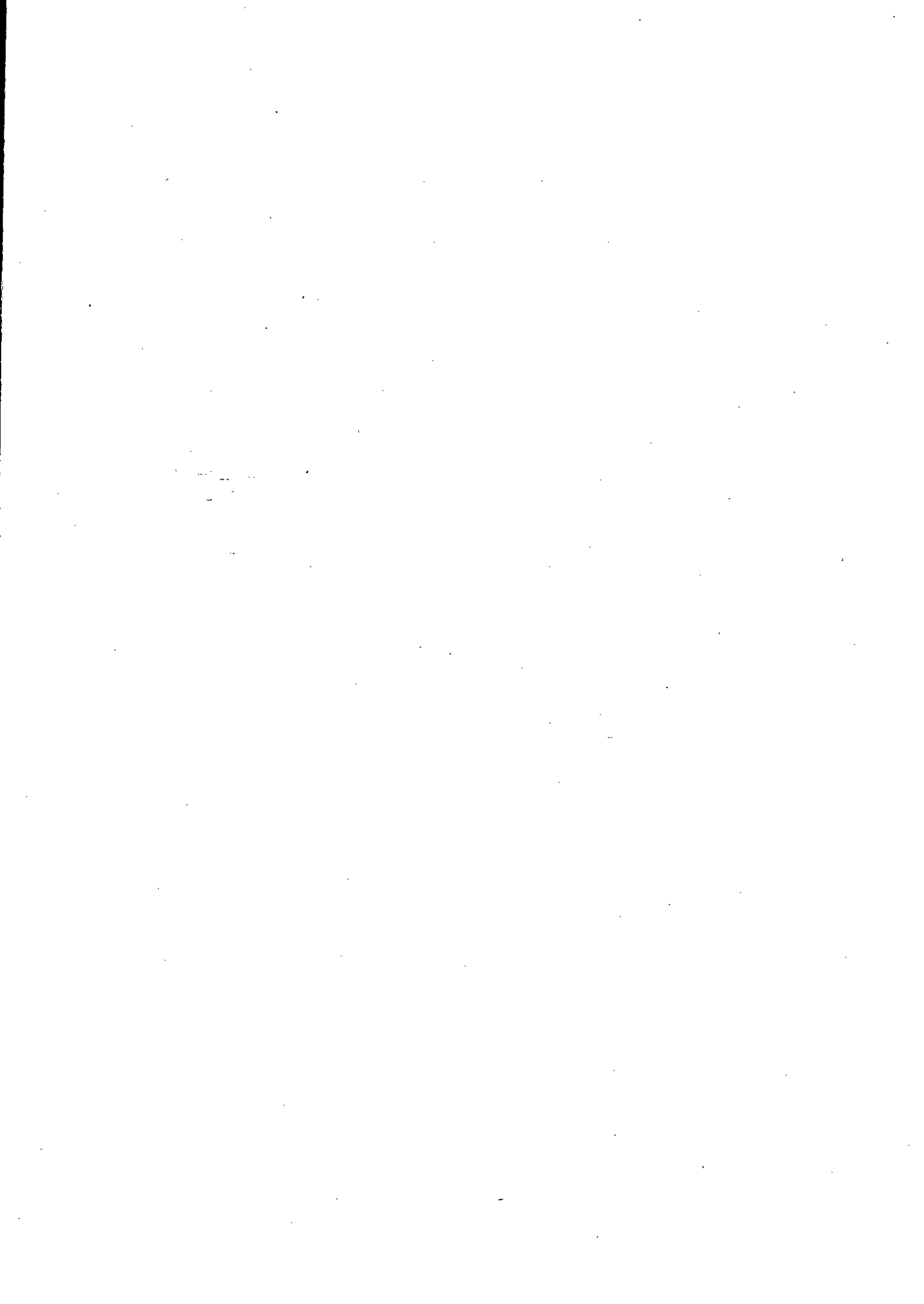
Tabel 2 læses således:

Aerosoldannelse:	0 = ingen
	1 = lille intensitet
	2 = middel intensitet
	3 = stor intensitet
Påvirkning af indre og ydre miljø:	I = Højt potentiale for skade
	II = Et vist potentiale for skade
	III = Ringe potentiale for skade

Overslæb er målt i laboratorie bl.a. med formål at eftervise en håndregel om, at overslæbet udgør 1-2 ml/dm². Pladeemnerne var 7X10 cm stålplader. Det blandede gods var M12 bolte, møtrikker og skiver. Emnerne blev afdryppet 10 sek. før vejning. Overslæbet er angivet som væskeoverslæb og som overslæb af metalioner. Metalionerne vil ofte være kompleksbundne, f.eks. til cyanid. For det blandede gods er overslæbet desuden beregnet pr. kg gods, hvilket naturligvis kan variere meget i praksis.

Tabel 2 Miljøprofil for en række galvaniske belægninger

Proces	Strømdybte %	Strømtæthed A/dm ²	Væskebevægelse:	Aerosoldannelse	Badtemperatur °C	Overslæb		Miljøpåvirkning	
						Plade ml/dm ² væske mg/dm ² ioner	Blandet gods ml/dm ² ; ml/kg væske mg/dm ² ; mg/kg ioner	Indre	Ydre
Cyanidisk zink (lav cyan)	~ 60	5 (2-10)	vare	middel	~ 28	$\frac{0.44}{7.0 \text{ Zn}^{++}}$	$\frac{0.96; 9}{15; 140 \text{ Zn}^{++}}$	I	I
Sur zink (svag sur)	~ 95	3 (0.2-6)	vare:→ luft:→	ingen lille	~ 25	$\frac{0.29}{12 \text{ Zn}^{++}}$	$\frac{0.87; 8}{35; 330 \text{ Zn}^{++}}$	III	II
Krom (Glans- & hårdkrom)	glans: ~15 hård: ~25	glans: ~15 hård: ~50	luft	stor	glans: ~40 hård: ~55	$\frac{0.32}{38 \text{ Cr(VI)}}$	$\frac{0.91; 9}{110; 1.0g \text{ Cr(VI)}}$	I	I
Watt nikkel	~ 98	4 (2-6)	vare:→ luft:→	ingen lille	~ 50	$\frac{0.31}{22 \text{ Ni}^{++}}$	$\frac{1.03; 10}{72; 680 \text{ Ni}^{++}}$	II	II
Wood nikkel (strike nikkel)	7 (2-10)	6 (3-10)	vare el. luft	stor	~ 25	$\frac{0.46}{28 \text{ Ni}^{++}}$	$\frac{1.5; 14}{91; 860 \text{ Ni}^{++}}$	II	II
Cyanidisk kobber (strike kobber)	30 (10-60)	2 (1-3)	vare	middel	40 (20-60)	$\frac{0.48}{8.2 \text{ Cu}^{++}}$	$\frac{1.1; 10}{18; 170 \text{ Cu}^{++}}$	I	I
Surt Kobber (lav kobberholdigt)	100	4 (1-6)	vare:→ luft:→	ingen lille	~ 23	$\frac{0.44}{8.8 \text{ Cu}^{++}}$	$\frac{1.3; 12}{26; 240 \text{ Cu}^{++}}$	III	II
Sulfonsur blytin (eutektisk)	100	3 (2-4)	vare	ingen	~ 18	$\frac{0.27}{4.9 \text{ Sn}^{++}}$ $\frac{2.2}{2.2 \text{ Pb}^{++}}$	$\frac{0.92; 9}{17; 160 \text{ Sn}^{++}}$ $\frac{7; 70 \text{ Pb}^{++}}$	II	I
Kemisk nikkel (surt)	-	-	luft el. omrøring	middel	~ 90	$\frac{0.17}{1.2 \text{ Ni}^{++}}$	$\frac{1.0; 9}{7; 65 \text{ Ni}^{++}}$	II	I
Kemisk kobber (alkalisk)	-	-	vare	lille	~ 43	$\frac{0.25}{0.50 \text{ Cu}^{++}}$	$\frac{1.2; 11}{2.3; 22 \text{ Cu}^{++}}$	II	I



Bilag

- Bilag 1: Brev til virksomhederne
- Bilag 2: Rapportparadigma
- Bilag 3: Makro til paradigma for flowdiagram af renseanlæg
- Bilag 4: Makro til paradigma for massebalanceberegning af sparskyl
- Bilag 5: Eksempel på rapport til virksomhed

Bilag 1. Brev til virksomhederne

Dansk Forkromningsyndikat A/S
Syrebasevej 6
5678 Glansbølle

Att.: Dir. Cr. Nikkelsen

nn

24. december 1991

Vedr.: Besøg af branchekonsulent for galvanoidindustrien.

Vi bekræfter hermed den telefoniske aftale om konsulentbesøg på Deres virksomhed den 31. februar kl 9.00.

I hovedtræk vil arbejdet bestå i at gennemføre en overordnet materialestrømsanalyse på hovedprodukter, og gennemgå virksomheden sammen med en driftsansvarlig, som kan svare på tekniske spørgsmål.

Til brug for vort arbejde vil vi gerne bede Dem om data fra bogholderiet om materialestrømmen gennem produktionen. Vore ønsker til data fremgår af vedlagte bilag.

Det vil være en stor hjælp for os, såfremt virksomheden på forhånd vil have ulejligheden med at fremskaffe disse data, såvidt muligt fordelt på de enkelte produktionslinier. Vi er klar over, at adskillige data, som f. eks. antal pletterede dm², kun kan blive et kvalificeret skøn.

Det vil endvidere være en hjælp for os, hvis vi kan få en kopi af miljøgodkendelsen og en kopi af de bilag til miljøgodkendelsen, som beskriver:

- Karplan (layout).
- Procesrækkefølge for hver enkelt produktionslinie.
- Procesdiagram for evt. ionbytningsanlæg.
- Layout af evt. rensningsanlæg.

Som resultat af vort arbejde vil De modtage en rapport, som kan være et oplæg til Dem vedrørende eventuelle investeringer i "Renere Teknologi".

Materiale fra virksomheden og den udarbejdede rapport betragtes som fortroligt.

Med venlig hilsen
nn

Vareforbrug:

Der ønskes angivet forbrug i kg eller liter pr. år samt varepris. Følgende oplysninger ønskes for de enkelte proceslinier:

Zink:	Zinkanoder, helst fordelt på de enkelte produktionslinier
Nikkel:	Nikkelsulfat Nikkelanoder (pellets)
Kobber:	Kobberanode, kobbersulfat og/eller kobbercyanid
Krom:	Kromsyre, fordelt på glanskrom og hårdkrom
Renseanlæg:	Natriumhydroxid, hypoklorit, bisulfit, calciumklorid. Husk koncentrationsangivelse.

Hvis der er andre proceslinier ønskes de tilsvarende forbrugsstoffer, dvs. anode og/eller metalsalt. Det vil endvidere være ønskeligt om de totale kemikalieomkostninger pr. linie pr. år kan fremskaffes.

Såfremt virksomheden ikke køre bogholderi over EDB, hvorfra forbruget kan trækkes direkte, kan forbruget opgøres ud fra faktura over et antal leverancer dækkende produktionsperioden.

Affald:

Der ønskes angivet den afhændede mængde pr. år opgjort for ovennævnte produktionsperiode. Opgørelsen opdeles i:

- metalhydroxid
- syrer
- kasserede badvæsker
- andet, f.eks. filterpapir, karbonat. Specificeres efter behov.

Produktionsdata:

For de enkelte produktionslinier ønskes følgende data:

- Behandlet areal, skøn
- Specificeret gennemsnitslagtykkelse
- Vandforbrug pr. time eller døgn. Såfremt der findes vandmålere meget gerne flowet gennem de enkelte vandmålere
- Vandforbrug pr. år for den samlede produktion (forbrug iflg. regning)

Såfremt opgørelsen af disse data volder problemer, står vi gerne til rådighed under vores besøg på virksomheden, f.eks. ved opmåling af emner eller aflæsning af vandmålere.

Vi står ligeledes gerne til disposition ved gennemgang af bogholderiet, såfremt Deres virksomhed ikke har kapacitet til på forhånd at fremskaffe de ønskede oplysninger.

Bilag 2. RapportparadigmaBrancheconsulentordning for Galvanoindustrien**RAPPORT over virksomhedsbesøg**

Rapporten er fortrolig.

Besøgsdato:	Rapportdato:	
Virksomhed:	Antal ansatte:	
Adresse:	Tlf.:	Fax :
Kontaktperson:	Konsulent:	

Dagsorden:

- 1) Procesoversigt
- 2) Gennemgang af bogholderi
- 3) Gennemgang af produktion og rensningsanlæg
- 4) Konklusion

PROCESOVERSIGT

Proces	Sammensætning	Omsætning*
Cyan zink		
Sur zink		
Watt nikkel		
Cyan kobber		
Sur kobber		
Hårdkrom		
Glanskrom		
Sur tin		
Andre:		
Elpolering		

Beløb eller stor, mellem, lille

GENNEMGANG AF BOGHOLDERIET

Vareforbrug:

Vareforbrug pr. produktionslinie opgjort ved:

(■ = ctrl v; 5,25)

- Dataudskrift
- Manuel gennemgang af konti
- Manuel gennemgang af faktura
- Skøn over varefordeling

Forbruget opgøres i Tabel 1.

Tabel 1. Kemikalie/råvareforbrug

Anlæg (totalforbrug)	Vare	Dato	Lager kg el. l	Indkøb kg el. l	Pris kr.	Forbrug pr. år kg el. l	Varetotal pr. år kr.
Cyan zink - tromle - stel Sur zink - tromle - stel	zinkanode zinkcyanid zinkanode zinkcyanid zinkanode zinkklorid zinkanode zinkklorid						
Watt nikkel - tromle - stel	nikkelanode nikkelsulfat nikkelanode nikkelsulfat						
Cyan kobber - tromle - stel Sur kobber - tromle - stel	kobberanode kobbercyanid kobberanode kobbercyanid kobberanode kobbersulfat kobberanode kobbersulfat						
Hårdkrom Glanskrom	Kromsyre Kromsyre						
Sur tin - tromle - stel	tinanode tinsulfat tinanode tinsulfat						

Anlæg (totalforbrug)	Vare	Dato	Lage: kg el. l	Indkøb kg el. l	Pris kr.	Forbrug pr. år kg el. l	Varetotal pr. år kr.
Andre processer:	anode og metalsalt:						
Elpolering	Svovlsyre Fosforsyre						
Renseanlæg	NaOH angiv %: Hypoklorit angiv %: Na-bisulfit angiv %: Calciumklorid Svovlsyre angiv %:						

Er der ansat nye bade i opgørelsesperioden? ja nej

Hvis ja, hvor meget metalsalt er der medgået til ansætning af de respektive bade?

Efterjustering af metalsalt til et anodeforbrugene bad er et første bud på metaludslæbet og kan benyttes til kontrol af udslæbsmåling og vurdering i tabel 4. NB! Usikkerheden på udslæbsmåling såvel som vurdering er ret stor.

Affald:

Afhænding af affald (tabel 2) opgjort ud fra:

- Følgesedler til kommunekemi
- Følgesedler til anden aftager

Tabel 2. Afhændet affald

Affaldstype	Mængde i opgørelsesperiode; kg el. l	Mængde pr. år kg el. l	Omkostning, kr. pr. år
Metalhydroxid, ikke pumpbart			
Surt slam, pumpbart			
Alkalisk slam, pumpbart			
Brugte bade			
Diverse <ul style="list-style-type: none"> - filtre - carbonat - metalholdigt slam, pumpbart - lakfjerner, opl.midler - andet 			
Total			

GENNEMGANG AF PRODUKTION OG RENSNINGSANLÆG**ANLÆGSDATA:**

Data for pletteringslinierne er vist i tabel 3. Se desuden anlægsbeskrivelsen.

Pletteret areal er opgjort ud fra:

- Proceskort og dataudskrift, producerede emner
- Opmåling af stikprøver
- Amperetimer og lagtykkelse (Coulombs lov)
- Metalforbrug og lagtykkelse ÷ overslæb
- Omsætning
- Skøn

Vandforbruget pr. proceslinie er opgjort ud fra:

- Aflæsning af vandmålere
- Måling på stedet (litemål og stopur)
- Skøn over fordelingen

Tabel 3. Data for produktionsanlæggene

Anlæg	Behandlet areal, dm ² /år	Lagtykkelse, normalt, µm	Udfældet metalmgd. ¹⁾ , kg	Vandforbrug, m ³ /h m ³ /døgn	Vandforbrug, m ³ /år ²⁾	Vandforbrug, l/dm ² ²⁾
Cyan zink - tromle - stel						
Sur zink - tromle - stel						
Watt nikkel - tromle - stel (bemærk hvis incl. glanskrom)						
Cyan kobber - tromle - stel						
Sur kobber - tromle - stel						
Hårdkrom						
Glanskrom						
Sur tin - tromle - stel						
Kemisk Nikkel - tromle - stel						
Andre processer:						
Elpolering						

¹⁾ Svarer til opgørelsen i tabel 1 såfremt denne er lagt til grund for arealberegningen eller beregnes af behandlet areal x lagtykkelsen.

²⁾ Antal liter skyllevand pr. dm² er beregnet som et kvalitetsmål for den benyttede skyllevandsmængde.

³⁾ Sum af vandforbrug: m³. Vandforbrug iflg. bogholderi: m³
Vandpris: kr/m³

ANLÆGSBESKRIVELSE:

Makro: anlæg

Produktionsliniens betegnelse:Beskrivelse:

Produktionsmåde: automatisk, manuelt, tromle, stel,

Sammensætning:

Karstørrelse:

Processkema:

Pos. nr.	Række- flg. nr.	Proces	Type	Vandforbrug, Flow	Bemærkninger
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					

Bemærkninger, udsløb, vandforbrug:

Afdrypningsforhold og emneophængning:

Arealopgørelse:

ud fra metalforbrug (overslæbskorrigeret) og lagtykkelse

ud fra stikprøveopmåling

ud fra proceskort

ud fra amperetimer og lagtykkelse

Overslæb i liter:

ud fra overslæb pr. dm² og pletteret areal med tillæg for stelletromle.

ud fra kemikalietsætningen

Udslæbt metalmængde:

ud fra overslæbet og metalkoncentrationen i badet.

ud fra tømning af bade til rensningsanlægget

ud fra arealandel zink udfældet på stel og opløst i bejdse - NB! kun for zink

ud fra metalsalttilsætning v. opløselig anode

Vandforbrug pr. dm² :

Kommentarer:

Umiddelbare tiltag:

Langsigtede tiltag:

Økonomi:

BESKRIVELSE AF RENSEANLÆG:

Makro: rens

Beskrivelse:

Virkemåde: Afgiftning, fældnings, ionbytning etc.

Processkema:

Makro: flow Se bilag 3

Bemærkninger, udsløb:

Typiske udledningsværdier:

Kommentarer:

Umiddelbare tiltag:

Langsigtede tiltag:

Økonomi:

KONKLUSION

På baggrund af undersøgelsen er materialeomsætningen vist i tabel 4.

Tabel 4. Årlig materialeomsætning

Metal	Udfældet metalmgd., kg/år (fra tab.3)	Metal i slam, målt, kg/år	Udledt metal, målt, kg/år	Slam og udledt, kg/% af forbrug	Vurderet udsløb, kg/år ¹⁾	Forventet metalforbrug, kg/år ²⁾
Zink						
Nikkel						
Kobber						
Krom						
Tin						
Andet						
Jern			³⁾			

¹⁾ Fra anlægsbeskrivelse, skal i størrelsesorden svare til værdien i forrige kolonne

²⁾ Kontrol, sum af udfældet metalmgd og vurderet udsløb, skal i størrelsesorden svare til opgørelsen af anode + metalsalt i tabel 1

³⁾ Fra ferriklorid tilsat renselanlægget eller fra bejdsning

Tørstofindhold i slamkage:

Kommentarer:

Konklusion af produktionsgennemgang:

Samlede kommentarer:

Prioriteret handlings- og moderniseringsplan:

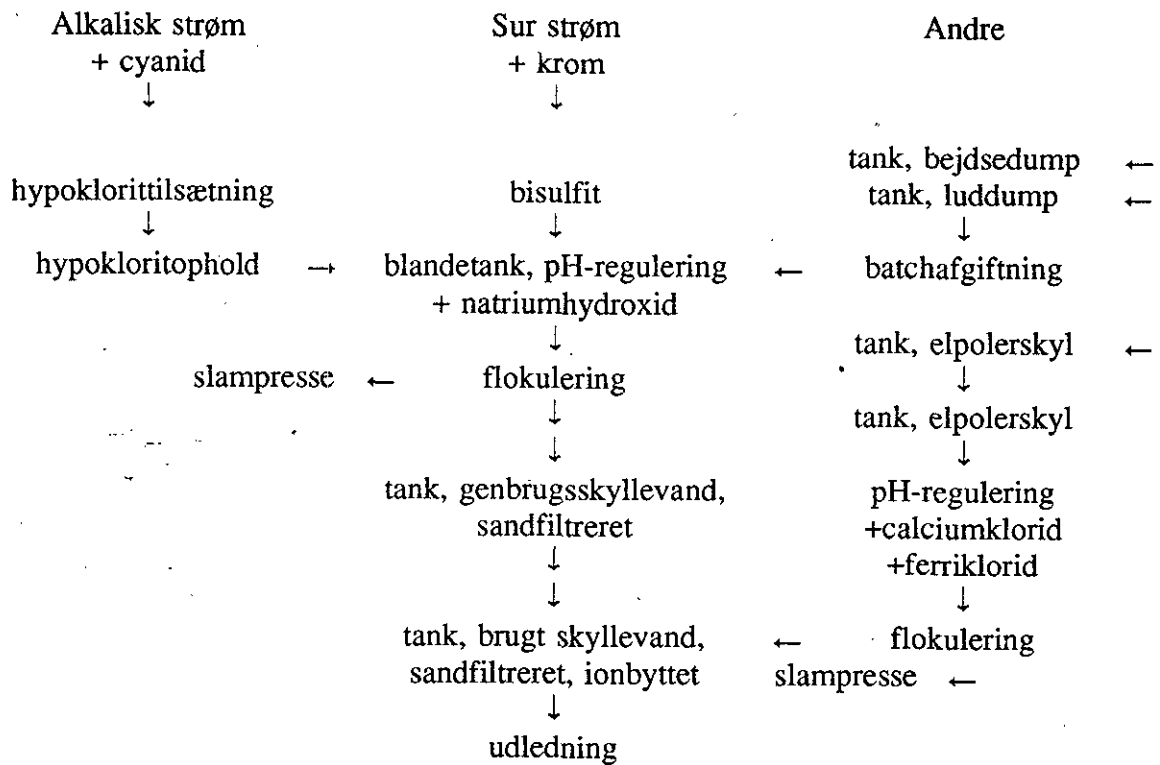
Bilag -

Makro: Balance, Se bilag 4

Bilag 2

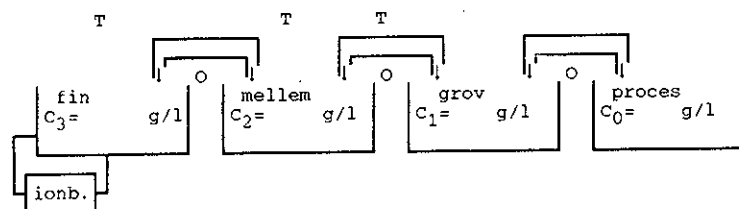
Bilag 3. Makro for flowdiagram af renselanlæg

Rensningsanlægget er opbygget som et traditionelt afgiftnings og fældningsanlæg.



Bilag 4. Makro for massebalanceberegning af sparskyl

MASSEBALANCE FOR SPARSKYL



Overslæbet mellem de enkelte kar kan beregnes som alternativ til en overslæbsvurdering.

Koncentrationerne i de enkelte skyllekar er målt, koncentrationen i proceskar er opgivet og tilbageføringsstrømmen er kendt.

Det antages, at overslæbene til og fra skyllekarene er lige store, samt at tilbageførslen gennem karrene er lige store.

Massebalance for mellemskyl

tilført = afgivet:

$$O \cdot C_1 + T \cdot C_3 = T \cdot C_2 + O \cdot C_2 \Leftrightarrow$$

$$O = T(C_2 - C_3)/(C_1 - C_2) ; C_2 = O \cdot C_1 + T \cdot C_3/T + O$$

Massebalance for grovskyl

tilført = afgivet:

$$O \cdot C_0 + T \cdot C_2 = T \cdot C_1 + O \cdot C_1 \Leftrightarrow$$

$$O = T(C_1 - C_2)/(C_0 - C_1) ; C_1 = O \cdot C_0 + T \cdot C_2/T + O$$

Bilag 5. Eksempel på rapport til virksomhed

Eksemplet er konstrueret med de berørte virksomheders accept på baggrund af besøg i Branchekonsulentprojektet. Alla data er fiktive.

Branchekonsulentordning for Galvanoindustrien

RAPPORT over virksomhedsbesøg

Rapporten er fortrolig.

Besøgsdato: 31. februar 1992	Rapportdato: 18. juni 1992
Virksomhed: Dansk Forkromningssyndikat A/S	Antal ansatte: ca. 10
Adresse: Sørebasevej 6 5678 Glansbølle	Tlf.: 10 20 30 40 Fax : 10 21 31 41
Kontaktperson: Dir. Cr. Nikkelsen	Konsulent: nn

Dagsorden:

- 1) Procesoversigt
- 2) Gennemgang af bogholderi
- 3) Gennemgang af produktion og rensningsanlæg
- 4) Konklusion

PROCESOVERSIGT

Proces	Sammensætning	Omsætning*
Sur zink	40 g/l Zn ⁺ ; 175 g/l ammoniumklorid	stor
Watt nikkel	70 g/l Ni ⁺	stor
Glanskrom	300 g/l kromsyre \cong 150 g/l Cr	stor
Andre:		
Bejdse	svovlsyre, saltsyre	

* Beløb eller stor, mellem, lille

GENNEMGANG AF BOGHOLDERIET

Vareforbrug:

Vareforbrug pr. produktionslinie opgjort ved:

(■ = ctrl v; 5,25)

- Dataudskrift
- Manuel gennemgang af konti
- Manuel gennemgang af faktura
- Skøn over varefordeling

Forbruget opgøres i Tabel 1.

Tabel 1. Kemikalie/råvareforbrug

Anlæg (totalforbrug)	Vare	Dato	Lager kg el. l	Indkøb kg el. l	Pris kr.	Forbrug pr. år kg el. l	Varetotal pr. år kr.
Sur zink - tromle	zinkanode					25 000	
- stel	zinkanode					15 000	
Watt nikkel - stel	nikkelanode nikkelsulfat					6 000 200	
Glanskrom	Kromsyre					1 000	
Renseanlæg	NaOH angiv %: 100					15 000	
	Na-bisulfit angiv %: 100					1 200	
	Calciumklorid					1 000	

Er der ansat nye bade i opgørelsesperioden? ja nej

Hvis ja, hvor meget metalsalt er der medgået til ansætning af de respektive bade?

Efterjustering af metalsalt til et anodeforbrugene bad er et første bud på metaludslæbet og kan benyttes til kontrol af udslæbsmåling og vurdering i tabel 4. NB! Usikkerheden på udslæbsmåling såvel som vurdering er ret stor.

Affald:

Afhænding af affald (tabel 2) opgjort ud fra:

- Følgesedler til kommunekemi
 Følgesedler til anden aftager

Tabel 2. Afhændet affald

Affaldstype	Mængde i opgørelsesperiode; kg el. l	Mængde pr. år kg el. l	Omkostning, kr. pr. år
Metalhydroxid, ikke pumpbart		100 000	ca. 200 000*
Surt slam, pumpbart		5 000	6 000
Alkalisk slam, pumpbart		÷	
Brugte bade		÷	
Diverse - filtre - metalholdigt slam, pumpbart - lakfjerner, opl.midler		÷	
Total			ca. 206 000

* pris f. godkendt affald: 1200 kr/ton; pris f. kasseret affald: 4000 kr/ton
 affald kasseres hvis det f.eks. indeholder olie eller krom(VI)

GENNEMGANG AF PRODUKTION OG RENSNINGSANLÆG**ANLÆGSDATA:**

Data for pletteringslinierne er vist i tabel 3. Se desuden anlægsbeskrivelsen.

Pletteret areal er opgjort ud fra:

- Proceskort og dataudskrift, producerede emner
 Opmåling af stikprøver
 Amperetimer og lagtykkelse (Coulombs lov)
 Metalforbrug og lagtykkelse ÷ overslæb
 Omsætning
 Skøn

Vandforbruget pr. proceslinie er opgjort ud fra:

- Aflæsning af vandmålere
 Måling på stedet (litemål og stopur)
 Skøn over fordelingen

Tabel 3. Data for produktionsanlæggene

Anlæg	Behandlet areal, dm ² /år	Lagtykkelse, normalt, µm	Udfædret metalmgd. ¹⁾ , kg	Vandforbrug, m ³ /h m ³ /døgn	Vandforbrug, m ³ /år ²⁾	Vandforbrug, l/dm ² ²⁾
Sur zink						
- tromle	44 000 000	8	25 000	20	4700	0.11
- stel	17 000 000	12	15 000	6.5	1530	0.09
Watt nikkel						
- stel (incl. glanskrom)	4 500 000	15	6 000	5.8	1360	0.30
Glanskrom	4 500 000	0.5	160	se stel-nikkel	se stel-nikkel	se nikkel

¹⁾ Svarer til opgørelsen i tabel 1 såfremt denne er lagt til grund for arealberegningen eller beregnes af behandlet areal x lagtykkelsen.

²⁾ Antal liter skyllevand pr. dm² er beregnet som et kvalitetsmål for den benyttede skyllevandsmængde.

³⁾ Sum af vandforbrug: 7590m³. Vandforbrug iflg. bogholderi: 8100 m³

Vandpris: 10 kr/m³

Kommentar:

Det opgjorte vandforbrug for produktionslinierne stemmer godt overens med forbruget afregnet til vandværket.

Brugsvand vurderes at udgøre 250-500 m³.

ANLÆGSBESKRIVELSE:

Makro: anlæg

Produktionsliniens betegnelse: **Tromle-zink**Beskrivelse:

Produktionsmåde: automatisk, tromle

Sammensætning: 40 g/l Zn⁺; 175 g/l ammoniumklorid

Karstørrelse: 500 l

Processkema:

Pos. nr.	Række-fig. nr.	Proces	Type	Vandforbrug, Flow 20 m ³ /dag	Bemærkninger
1	13b	Skyl, gulkromat			
2	12b	Gulkromat			til rensningsanlæg 6x/år
3	12a	Blåkromat	3-gyldig		til rensningsanlæg 12x/år
4	11, 13a	Skyl, blåkromat			
5a-c	1	Bejdse, 3 kar			til rensningsanlæg 2x/år
6	2, 4	Skyl			
7	3	Elaffedter, anodisk			
8	5	Dekapering			
9	6	Skyl	modstrøm		til pos. 6
10	10	Skyl	modstrøm		til pos. 9
11	7, 9	Skyl	Sparskyl		til rensningsanlæg 1x/uge
12a-c	8	Zink, 9 kar			

Bemærkninger, udsløb, vandforbrug:

Afdrypningsforhold og emneophængning:

Dryptid 8 s. på zink.

Arealopgørelse:

25 000 kg zink på 8 µm lagtykkelse á 57 g = 438 600 m² \cong 44 000 000 dm²
ud fra metalforbrug og lagtykkelse

Overslæb i liter:

44 000 000 dm² á 1.5 ml + 25% tillæg til tromle = 82 500 l/år
ud fra overslæb pr. dm² og pletteret areal med tillæg for stelltromle.

Udslæbt metal mængde til renseanlæg:

- 82 500 l á 40 g/l Zn = 3300 kg zink fra procesbad
 ÷ 82 500 l á 10 g/l Zn = 825 kg zink tilbageført fra sparskyl
 = 2475 kg zink fra sparskyl, se kommentarer
 82 500 l á 2 g/l Zn = 165 kg zink fra kromatering
 82 500 l á 1 g/l Cr = 83 kg krom fra kromatering
ud fra overslæbet og metalkoncentrationen i badet.
- +
 6x500 l á 2 g/l Cr = 6 kg krom fra gulkromatering
 12x500 l á 0.5 g/l Cr = 3 kg krom fra blåkromatering
 18x500 l á 4 g/l Zn = 36 kg zink fra kromatering
ud fra tømning af bade til rensningsanlægget
- + 5% af 25 000 kg Zn = 1250 kg zink fra bejdse
ud fra arealandel zink udfældet på anodeplade og opløst i bejdse

Vandforbrug pr. dm²:

Vandforbrug målt på linie: 20 m³/dag = 4700 m³/år = 0.11 l/dm²

Kommentarer:

Vandforbruget er meget beskedent, hvilket skyldes modstrømsskyl på forbehandlingsbadene og sparskyl på procesbadet, som dog går til rensningsanlægget. Der er en lille tilbageføring af sparskyl via indslæb fra indgående emner aktiveret i sparskyllet.

Umiddelbare tiltag:

Dryptid efter forzinkning kan forlænges noget. Dryptiden kan erfaringsmæssigt være 10-20 sek. Afdrypning kan evt. styres af fotocensor på kranen.

Vandflowmålere bør monteres for at kontrollere og holde det lave vandforbrug.

Zinkindholdet i elektrolytten kan søges nedbragt under hensyn til leverandørens anvisninger og produktionen. Zinkindholdet i ammoniumholdige bade ligger normalt i intervallet 15-50 g/l.

Langsigtede tiltag:

Følgende muligheder for at nedbringe metaludslæbet (og i mindre grad vandforbruget) kan nævnes:

- Tilbageføring af sparskyl til procesbadet. Vacuumfordamper på procesbadet er påkrævet for at drive processen. Ionbytning og kulfiltrering af tilbagestrømmen kan vise sig nødvendig for at undgå ophobning af forureninger.
- Elektrolyse af sparskyllet. Det er usikkert om dette kan lade sig gøre med den nuværende ammoniumbaserede type, hvilket må undersøges nærmere.
- Sparskyl på kromatering, hvor kromat tilbageføres via ionbytter, eller holdes nede ved elektrolyse (ikke kendt teknologi).

På længere sigt bør man gå over til ammoniumfri elektrolyt.

Økonomi:

Såfremt sparskyl kan drives tilbage uden ionbytning og filtrering, men kun ved hjælp af vacuumfordamper, kan dette være rentabelt.

Såfremt elektrolyse kan foretages med nuværende elektrolyt vil dette være rentabelt, da elektrolysecelle kan anvendes på stelzink også, samt batchvis på nikkel og krom.

Produktionsliniens betegnelse: Stel-zink

Beskrivelse:

Produktionsmåde: automatisk, stel

Sammensætning: 40 g/l Zn⁺; 175 g/l ammoniumklorid

Karstørrelse: 4000 l

Processkema:

Pos. nr.	Række- flg. nr.	Proces	Type	Vandforbrug, Flow	Bemærkninger
1	16	Tørring	Varm luft		
2	15b	Sealing	Vandbaseret lak		Kun blækromat
3	14b,15a	Skylning	Modstrøms	1.5 m ³ /dag	Til pos. 4
4	13b,14a	Skylning	Modstrøms		Til pos. 5
5	13a	Skylning			Kun gulkromat
6	12a	Gul-kromatering			Skiftes 1x/år
7	12b	Blå-kromatering	3-gyldig		Skiftes 10x/år
8	1	Alkalisk affedtning			
9	2,4	Skyl	Modstrøm		Fra pos. 11
10a,b	3	Bejdse, 2kar á 2 stationer			Skiftes hv. 3. år
11	5	Skyl	Modstrøm		Fra pos. 14
12	11	Skyl	Ionbyttet		
13a,b	6a,b	El.affedtning	Anodisk/katodisk		
14	7	Skylning	"Genbrugs"	1000 l/h	Fra rent skyl, nikkellinie
15	8	Dekapering			
16a,b	9	Zink, 2kar á 2 stationer	Surt		
17	10	Sparskyl		Ingen tilfledning	Til renseanlæg 2x/år (dec.,juli)

Bemærkninger, udsløb, vandforbrug:

Afdrypningsforhold og emneophængning:

Dryptid 5 s. på zink.

Arealopgørelse:

15 000 kg zink på 12 μm lagtykkelse á 85,6 g = 172 200 $\text{m}^2 \cong$ 17 000 000 dm^2
ud fra metalforbrug og lagtykkelse

Overslæb i liter:

17 000 000 dm^2 á 1 ml + 25% tillæg til stel = 21 250 l/år
ud fra overslæb pr. dm^2 og pletteret areal med tillæg for stellromle.

Udslæbt metalmængde:

21 250 l á 40 g/l Zn = 850 kg zink (sparskyl tømmes til rensningsanlæg)

21 250 l á 2 g/l Zn = 43 kg zink fra kromatering

21 250 l á 1 g/l Cr = 21 kg krom fra kromatering

ud fra overslæbet og metalkoncentrationen i badet.

+

1x4000 l á 2 g/l Cr = 8 kg krom fra gulchromatering

10x4000 l á 0.5 g/l Cr = 20 kg krom fra blåchromatering

11x4000 l á 2 g/l Zn = 176 kg zink fra kromatering

ud fra tømning af bade til rensningsanlægget

+

3% af 15 000 kg Zn = 450 kg zink fra bejdse

ud fra arealandel zink udfældet på stel og opløst i bejdse

Vandforbrug pr. dm^2 :

Linien bruger genbrugsvand fra nikkellinien til forbehandlingen. Dette forbrug er i i opgørelsen delt ligeligt mellem nikkel og zink linien.

Vandforbrug 5+1.5 m^3/dag = 6.5 m^3/dag = 1530 $\text{m}^3/\text{år}$ = 0.09 l/ dm^2

Hvis der ikke tages hensyn til genanvendelse er vandforbruget 11.5 m^3/dag = 2700 $\text{m}^3/\text{år}$ = 0.16 l/ dm^2 , hvilket kan tages som et udtryk for skylleeffektiviteten.

Kommentarer:

Vandforbruget er meget beskedent, hvilket skyldes brug af genbrugsvand, samt modstrømskyl på forbehandlingsbade og kromateringsbade, samt sparskyl på procesbadet, som dog går til rensningsanlægget.

Umiddelbare tiltag:

Dryptid efter forzinkning kan forlænges noget. Dryptid bør erfaringsmæssigt være 10-20 sek.

Vandflowmålere bør monteres for at kontrollere og holde det lave vandforbrug.

Zinkindholdet i elektrolytten forsøges nedbragt under hensyn til leverandørens anvisninger og produktionen. Zinkindholdet i ammoniumholdige bade ligger normalt i intervallet 15-50 g/l.

Langsigtede tiltag:

Følgende muligheder for at nedbringe metaludslæbet (og i mindre grad vandforbruget) kan nævnes:

- Tilbageføring af sparskyl til procesbadet. Vacuumfordamper på procesbadet er påkrævet for at drive processen. Ionbytning og kulfiltrering af tilbagestrømmen kan vise sig nødvendig for at undgå ophobning af forureninger.
- Elektrolyse af sparskyllet. Det er usikkert om dette kan lade sig gøre med den nuværende ammoniumbaserede type, hvilket må undersøges nærmere.
- Sparskyl på kromatering, hvor kromat tilbageføres via ionbytter, eller holdes nede ved elektrolyse (ikke kendt teknologi).

På længere sigt bør man gå over til ammoniumfri elektrolyt.

Økonomi:

Såfremt sparskyl kan drives tilbage uden ionbytning og filtrering, men kun ved hjælp af vacuumfordamper, kan dette være rentabelt.

Såfremt elektrolyse kan foretages med nuværende elektrolyt vil dette være rentabelt, da elektrolysecelle kan anvendes på stelzink også, samt batchvis på nikkel og krom.

Produktionsliniens betegnelse: Stel-nikkel

Beskrivelse:

Produktionsmåde: automatisk, stel

Sammensætning: Watt nikkel: 70 g/l Ni

Glanskrom: 300 g/l kromsyre = 150 g/l Cr

Karstørrelse: 2500 l

Processkema:

Pos. nr.	Række- flg. nr.	Proces	Type	Vandforbrug, Flow	Bemærkninger
1		Af- og pålæsning			
2	18	Tørring			
3	17	Skyl	Varmt, ionbyttet, recirk.		
4	16	Skyl	Ionbyttet, recirk.		
5	15	Skyl	Sparskyl, 2.spar	400 l/uge	Til pos. 6, + tømmes til renseanlæg hv. 3. uge
6	14	Skyl	Sparskyl, 1.spar		400 l/uge til proceskar, tømmes til renseanlæg el. KK 2x/år
7	13	Krom	Glanskrom		
8	12	Kromaktivering			
9	1	Alkalisk affedtning, 2 st.			
10	2,4	Skyl	Modstrøm		Til stel-zink
11, 12	3	Bejdsning, 2 kar			
13a,b	5	El. affedtning	Anodisk/katodisk		
14	6	Skyl	Modstrøm		Til pos. 10
15	7	Dekapering			
16	8	Skyl	Modstrøm	1000 l/h	Til pos. 14
17	11	Skyl	Sparskyl, 2.spar	60 l/h	Til pos. 18, + til pos. 18 når dette tømmes
18	10	Skyl	Sparskyl, 1.spar		60 l/h til proceskar, + til renseanlæg hv. 2. måned
19a,b	9	Nikkel, 2 kar á 2 st.			

Bemærkninger, udsløb, vandforbrug:

Afdrypningsforhold og emneophængning:

Drytid 5 s. efter nikkel, 8 s. efter krom.

Arealopgørelse:

6 000 kg nikkel på 15 µm lagtykkelse á 133.4 g = 44 960 m² = 4 500 000 dm²
ud fra metalforbrug og lagtykkelse

Alle emner får glanskrom

Overslæb i liter:

4 500 000 dm² á 1 ml + 25% tillæg til stel = 5 600 l/år

ud fra overslæb pr. dm² og pletteret areal med tillæg for stellromle.

Udslæbt metalmenge:

5 600 l á forventet 0.1 g/l Ni = 0.6 kg nikkel fra 2. nikkelspar, se bilag I

5 600 l á forventet 3 g/l Cr = 17 kg krom fra 2. kromspar, se bilag I

ud fra overslæbet og metalkoncentrationen i badet.

+

6x2500 l á forventet 2.1 g/l Ni = 32 kg nikkel fra 1. spar, se bilag I

2x2500 l á forventet 33 g/l Cr = 165 kg krom fra 1. spar, se bilag I

16x2500 l á forventet 3 g/l Cr = 120 kg krom fra 2. spar, se bilag I

Se kommentarer

ud fra tømning af bade til rensningsanlægget

Der vil desuden være et udslæb til rensningsanlægget fra vask af filterdug. Mængden er vanskelig at gøre op, men kan udgøre flere kg.

ca. 200 kg nikkelsulfat = 44 kg nikkel

ud fra metalsalttilsætning v. opløselig anode

Værdien svarer i størrelsesorden til ovennævnte

Vandforbrug pr. dm²:

Brugt vand fra linien genbruges på zinklinien. Forbruget er i i opgørelsen delt ligeligt mellem nikkel og zink linien.

Vandforbrug $5+0.8$ m³/dag = 5.8 m³/dag = 1360 m³/år = 0.30 l/dm²

Hvis der ikke tages hensyn til genanvendelse er vandforbruget 10.8 m³/dag = 2540 m³/år = 0.56 l/dm², hvilket kan tages som et udtryk for skylleeffektiviteten.

Kommentarer:

Vandforbruget er moderat, hvilket skyldes at vandforbruget deles med zinklinien. Der er sparskyl på nikkel og kromprocesbadene, som dog for en stor del går til rensningsanlægget.

Umiddelbare tiltag:

Det kontrolleres, om emnerne er ordentlig afdryppet. Dryptid bør erfaringsmæssigt være 10-20 sek.

Vandflowmålere bør monteres for at kontrollere og holde det lave vandforbrug.

Sprayskyl af emner under optagning kan nedbringe udslæbet, især på krombadet hvor sparskyllet er ineffektivt. Da fordampningen fra karret er lille kan der kun benyttes et lille skyllevolumen.

Kromindholdet i elektrolytten kan forsøges nedbragt såfremt leverandøren kan anvise en måde at gøre det på (f.eks. indkøring af nyt additivsystem). Kromindholdet i moderne glanskrombade er ca. 100 g/l (200 g/l kromsyre).

Langsigtede tiltag:

Følgende muligheder for at nedbringe metaludslæbet (og i mindre grad vandforbruget) kan nævnes:

- Fuldstændig tilbageføring af nikkel såvel som kromsparskyl til procesbadet ved at undlade tømning af sparskyl til rensningsanlæg. Øget filtrering og evt. kulfiltrering af nikkeltilbagestrømmen kan vise sig nødvendig for at undgå ophobning af forureninger. For kromen er vacuumfordampning på proceskarret eller sprayskyl i separat kar nødvendigt. Der må desuden påregnes kationbytning af kromtilbagestrømning. Der er oplagt behov for effektivisering af kromsparskyllet.
- Elektrolyse af sparskyl som alternativ til tilbageføring og dermed forbundne opkoncentrerings-/forureningsproblemer.

Økonomi:

Fuldstændig tilbageføring af nikkelsparskyl anses ikke at påvirke økonomien i nævneværdig grad. Det der kan spares i anode, kemikalier og afhænding af affald opvejes efter al sandsynlighed af driftomkostninger til kulfiltrering.

Såfremt sparskyl på kromen kan drives tilbage uden ionbytning, men kun ved hjælp af vacuumfordamper, kan dette være rentabelt. Dette er set praktiseret flere steder, men må naturligvis overvejes. Såfremt man anser kationbytning for nødvendig må økonomien vurderes nærmere, men der er stadig mulighed for rentabilitet. Man får dog et kromsyrespild fra eluering af ionbytteren.

Såfremt elektrolysecelle kan udnyttes på zinklinierne og tromle-nikkel også vil elektrolyse være rentabelt.

BESKRIVELSE AF RENSEANLÆG:

Makro: rens

Beskrivelse:

Virkemåde: Afgiftning, fældning

Rensningsanlægget er opbygget som et traditionelt fældningsanlæg med kromsyreafgiftning.

Bemærkninger, udsløb:

Typiske udledningsværdier (gennemsnit af 3 målinger):

Zn: 2.1 ppm

Ni: 1.2 ppm

Cr: 0.13 ppm

Kommentarer:

Rensningsanlægget fungerer godt. Udledningskoncentrationen af zink er en anelse højere end set andre steder, hvilket kan skyldes binding i ammoniumkomplex. Udledningskoncentrationen af zink er dog under den miljøgodkendte værdi.

Vandmængden i slammet er ret højt (tørstofindhold 20%). En mere effektiv presning bør derfor foretages.

Umiddelbare tiltag:

Bedre presning af slammet. Der kan være mulighed for, at genbruge skyllevandet i bejdsebade

Langsigtede tiltag:

De langsigtede tiltag på produktionslinierne vil give en væsentlig mindre belastning af rensningsanlægget. Dette kan muligvis give problemer med olie fra affednings-skyllene, som dels ikke i samme grad vil medrives i slammet, og også her vil optræde i større koncentration. Ultrafiltrering af de alkaliske affedtere på proceslinierne kan derfor være nødvendigt.

Økonomi:

Ultrafiltreringsteknikken har udviklet sig meget de senere år og kan etableres for ca. 50 000 kr. plus lidt arbejde, som virksomheden evt. selv kan udføre.

KONKLUSION

På baggrund af undersøgelsen er materialeomsætningen vist i tabel 4.

Tabel 4. Årlig materialeomsætning

Metal	Udfældet metalmgd., kg/år (fra tab.3)	Metal i slam, målt, kg/år	Udledt metal, målt, kg/år	Slam og udledt, målt, kg/år	Vurderet udsløb, kg/år ¹⁾	Forventet metalforbrug, kg/år ²⁾
Zink	40 000	5200	15.9	5216	5445	
Nikkel	6 000	300	9.1	309	38	
Krom	160	130	1.0	131	443 (glanskrom 302)	(glanskrom 462 kg = 924 kg kromsyre)
Jern	-	2 000 ³⁾				

¹⁾ Fra anlægsbeskrivelse, skal i størrelsesorden svare til værdien i forrige kolonne

²⁾ Kontrol, sum af udfældet metalmgd og vurderet udsløb, skal i størrelsesorden svare til opgørelsen af anode + metalsalt i tabel 1

³⁾ Fra bejdsning

Tørstofindhold i slæmkage: 20 %

Kommentarer:

Det målte udsløb er ekstrapoleret fra et "øjebliksbillede" af produktionsforløbet, hvorimod det vurderede udsløb gælder den årlige produktion. Det er således det vurderede udsløb, som giver det bedste billede, med den usikkerhed der ligger i vurderingen.

Der er god overensstemmelse mellem vurderet og målt udsløb på zinken. Afvigelse på nikkel og krom tilskrives, at metallerne kommer periodisk til rensningsanlægget ved tømning af sparskylbade. Den høje målte nikkelværdi skyldes således en spids fra nylig tømning af et sparskyl, hvorimod værdien for krom er et udtryk for den jævne kromtilgang.

Konklusion af produktionsgennemgang:

Samlede kommentarer:

Der er tale om en veldrevet virksomhed med et traditionelt produktionsudstyr, som er i god vedligeholdelsesstand. Arbejdspladsen er generelt tilfredsstillende indrettet med henblik på arbejdsmiljø - og miljøforebyggelse. Arbejdsmiljømæssigt er der lokal ventilation på kritiske processer. Ventilationen forekommer dog at være ret svagt virkende uden dermed at være uacceptabel. Proceslinierne er fornuftigt placeret og afskærmet med begrænset udenomsplads.

Miljømæssigt er der et tilfredsstillende virkende traditionelt renselanlæg. Gulv, fundament og bygninger forekommer at være i middel stand og giver rimelig sikkerhed mod utilsigtet udsvivning, som dog ikke er på højde med hvad nye produktionslokaler kan give. Medarbejderne forekommer at være velinstruerede og velmotiverede.

Vandforbruget er lavt for et traditionelt produktionsanlæg. På længere sigt er der mulighed for at begrænse metaludslæbet væsentligt. Metaludslæbet anses dog ikke som sådan at stå i misforhold til produktionen sammenlignet med andre traditionelle anlæg.

Prioriteret handlings- og moderniseringsplan:

Følgende foranstaltninger foreslås med henblik på metalgenvinding og evt. yderligere minimering af vandforbrug, se anlægsbeskrivelse:

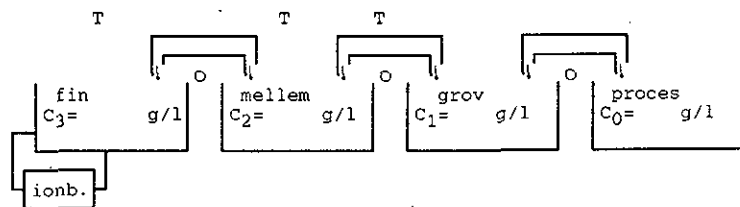
1. Undgå tømning af sparskyl samt gennemstrømning af sidste skyl på sparskyl linerne.
Dette kræver:
 - 2a. Tilbageføring af sparskyl til proceskar efter eventuel filtrering, ionbytning og vacuuminddampning af procesbad

eller
 - 2b. Elektrolyse af sparskyl (1.spar), hvor det udvundne metal bruges som anode eller sælges som skrot
3. Ultrafiltrering af affedterbade
4. Ionbytning af kromatering med mulig genanvendelse af eluat

Bilag I Massebalancer, sparskyl

Bilag II Analyseresultater

MASSEBALANCE FOR SPARSKYL



Overslæbet mellem de enkelte kar kan beregnes som alternativ til en overslæbsvurdering.

Det har her været nødvendigt at regne sig frem til "gennemsnitlige ligevægtskoncentrationer", da sparskylle tømmedes med mellemrum og fyldes med rent vand el. foregående sparskyl. Målte koncentrationer kan da ikke direkte benyttes, da man ikke kan være sikker på, om skylllet har været balance.

Massebalance

Massebalancen beregnes ud fra følgende ligninger:

tilført = afgivet.

$$O \cdot C_a + T \cdot C_c = T \cdot C_b + O \cdot C_b \Leftrightarrow$$

$$O = T(C_b - C_c) / (C_a - C_b)$$

a,b,c = 1,2,3,...

For de aktuelle sparskyl er benyttet de vurderede overslæb. Tilbageførslen T er summen af den løbende tilbageførselsstrøm og væskemængden som tilgår ved udskiftning af sparskyl. Sidstnævnte er ikke nødvendigvis den samme for hvert kar i linien, hvorfor der er regnet på ét kar ad gangen. Beregningerne er foretaget ved hjælp af NelCom/IPU sparskyl simuleringsprogram, som bygger på ovennævnte ligninger.

Stel-nikkel:

Nikkel:

$$O = 5600 \text{ l/år}; T = 185\ 000 \text{ l/år} (60 \text{ l/h} + 15\ 000 \text{ l til skift af skyl})$$

$$C_1 = 2.1 \text{ g/l}$$

$$C_2 = 0.1 \text{ g/l}$$

Krom:

100

O = 5600 l/år; T, 1.spar = 24 000 l/år (400 l/uge + 5 000 l til skift af skyl)
T, 2.spar = 59 000 l/år (400 l/uge + 40 000 l til skift af skyl)

$C_1 = 28 \text{ g/l}$

$C_2 = 2.4 \text{ g/l}$

Den beregnede koncentration sammenlignes med den målte. De to resultater skal være af samme størrelsesorden som et udtryk for at skyllene er i balance og at forudsætningerne (især overslæbsvurderingen) er korrekte.

I anlægsbeskrivelsernes opgørelse af udslæbt metalmængde er det målte analyseresultat benyttet, såfremt skyllet vurderes at være i balance (krom), og det beregnede resultat er benyttet, såfremt badet ikke vurderes at være i balance.

ANALYSERESULTATER**Badprøver:**Tromle-zink:

Zink, 1.spar pos. 11: 10 g/l Zn

Stel-nikkel:

Nikkel, 1.spar pos. 18: 0.5 g/l Ni

Nikkel, 2.spar pos. 17: 0.04 g/l Ni

Krom, 1.spar pos. 6: 33 g/l Cr

Krom, 2.spar pos. 5: 3 g/l Cr

Krom, ionbyt. pos. 4: 7 ppm Cr

Slamkage:

Tørstofindhold: 20 %

Metalindhold:

Zink: 260 mg/g

Nikkel: 15 mg/g

Chrom: 6.5 mg/g

Jern: 100 mg/g

Målemetode: Atomabsorptionsspektrometri, DS 259

