

Allmänna råd. Naturvårdsverket; 97:5

Oorganisk ytbehandling

Ersätter Allmänna råd/Naturvårdsverket; 85:1



NATURVÅRDSVERKET FÖRLAG

Beställningsadress
Naturvårdsverket
Kundtjänst
106 48 Stockholm
Tel 08-698 12 00
Fax 08-698 15 15

E-post kundtjänst@environ.se

Internet-webbplats <http://www.environ.se>

ISBN 91-620-0100-0

ISSN 0282-7271

© Naturvårdsverket

Gräfsk form: Typisk Form

Sättning: Täby Fotosättning

Framsida: Elektrolytisk förkoppling av kamerahus

Fotograf: Jens Karlsson, Hasselblad

Tryck: Lidingö Tryckeri AB 1997

Upplaga: 2000

Förord

DESSA ALLMÄNNA RÅD ÄR EN OMARBETAD och utökad version av Naturvårdsverkets Allmänna Råd 85:1, "Vattenvård inom verkstads- och ytbehandlingsindustri". Vid omarbetningen har beaktats teknikutvecklingen inom området, ny lagstiftning och internationella överenskommelser.

De Allmänna råden är avsedda att fungera som vägledning för företag vid utformning av ytbehandlingsanläggningar, vid val av processer och reningsutrustning samt för tillstånds- och tillsynsmyndigheter i deras arbete.

Genom remissförfarandet har synpunkter inhämtats från:

- Riksrevisionsverket
- Kemikalieinspektionen
- Arbetskyddstyrelsen
- Länsstyrelser
- Miljö- och hälsoskyddskontor
- Kommunförbundet
- Branschorganisationer
- Branschforskningsinstitut
- Svenska Arbetsgivareföreningen
- Företagens Uppgiftslämnardelegation
- Ytbehandlingsföretag

Beslut om utgivning av dessa Allmänna råd har fattats av Naturvårdsverkets ställföreträdande generaldirektör.

Huvudansvarig inom Naturvårdsverket för utformningen av dessa Allmänna råd har varit Magnus Klingspor. Vidare har Lars Clarin, Svensk Ytbehandlings Förening, och Bertil Frölin, Länsstyrelsen i Värmlands län, deltagit i arbetet.

Innehållsförteckning

1. Inledning	6
2. Sammanfattning	8
2.1 Vattenanvändning	8
2.2 Föroreningsmängd	9
2.3 Avfallsmängd	9
3. Summary in English	10
3.1 Water use	10
3.2 Quantity of pollutants	11
3.3 Waste quantities	11
4. Sammanställning av råd för oorganisk ytbehandling	12
4.1 Behandlingsråd	12
4.2 Konstruktionsråd	13
4.3 Utsläppsriktvärden	17
5. Allmänt om oorganisk ytbehandling	19
5.1 Beskrivning av branschen	19
5.2 Miljöpåverkan av ytbehandling	20
5.3 Internationella överenskommelser	26
5.4 Förväntad utveckling	27
6. Ytbehandlingsprocesserna	29
6.1 Sköljteknik	29
6.2 Förbehandling	37
6.3 Ytomvandling	39
6.4 Elektrolytisk metallbeläggning	42
6.5 Kemisk metallbeläggning	45

6.6	Termisk metallbeläggning	46
6.7	Mekanisk metallbeläggning	47
6.8	Ytbeläggning i vakuum	47
6.9	Övriga processer	48
7.	Val av processer och kemikalier	51
7.1	Val av material	51
7.2	Val av processer	52
7.3	Val av kemikalier	54
8.	Reningsteknik	57
8.1	Konventionell rening	57
8.2	Förbättrad end-of-pipe rening	83
8.3	Avloppsfria och slutna anläggningar	91
8.4	Mät- och reglerutrustning	104
9.	Avfall	108
9.1	Farligt avfall	108
9.2	Behandling av sköljvatten/processbad	109
9.3	Branschspecifikt avfall	109
9.4	Övrigt avfall	109
10.	Gällande lagstiftning och tillsyn	111
10.1	Lagstiftning	111
10.2	Prövning	111
10.3	Tillsyn	112
10.4	Besiktning	113
10.5	Inspektion	113
10.6	Ackrediterade laboratorier	114
10.7	Kontrollprogram	114
10.8	Miljörapport	116
Bilagor:		
B1.	Referensanläggningar	118
B2.	Litteraturförteckning	124
B3.	Index	126

1. Inledning

YTBEHANDLINGSBRANSCHEN HAR LÄNGE varit föremål för myndigheternas intresse på grund av den potentiella miljörisk branschen innebär genom hantering av metallhaltiga processbad, utsläpp av metallhaltigt avloppsvatten, hög kemikalieintensitet och stor mängd farligt avfall.

Den tidigare utgivna rekommendationen för ytbehandling (Allmänna råd 85:1, Vattenvård inom verkstads- och ytbehandlingsindustri) var mycket avancerad när den kom 1985 och den har varit viktig för utvecklingen på miljöområdet. Internationella överenskommelser, ny lagstiftning samt utvecklingen av process- och reningsteknik inom ytbehandlingsområdet har emellertid medfört ett behov att omarbete dessa Allmänna råd, även om de till stora delar är aktuella än idag.

Det totala Ny Teknik-projekt som har utförts inom ytbehandlingsbranschen, med bidrag från Naturvårdsverket, har även bidragit till att föra in ny miljövärdsteknik i Sverige. Några av dem finns med i beskrivningarna av referensanläggningar.

Det finns idag teknik för att införa avloppsfria anläggningar vid alla typer av ytbehandling. Det finns även metoder för återanvändning och återvinning av avfall. Att detta inte rekommenderas generellt i dessa Allmänna råd beror på svårigheten att motivera det ekonomiskt rimliga i varje enskilt fall. Naturvårdsverket anser dock att branschens mål på sikt bör vara att all ytbehandling skall vara avloppsfri med en minimerad mängd avfall.

Många företag har redan infört miljöförbättrande åtgärder. Skälen för dessa miljöinvesteringar är att:

- uppfylla krav från myndigheter
- uppfylla krav från kunder

- erhålla marknadsfördelar
- spara pengar genom att minska vattenförbrukningen, minska kemikalieförbrukningen, minska transporter, minska kostnaderna för avfallshantering, etc.

Totalt sett har ytbehandlingsbranschen minskat sina utsläpp, och det stora flertalet anläggningar drivs på ett miljömässigt godtagbart sätt. Det finns emellertid många undantag och det är fortfarande stora skillnader i villkor mellan företag som ligger i olika län eller som har fått sina tillstånd vid olika tidpunkter.

Genom att dessa råd tillämpas vid ny- eller ombyggnad av anläggningar eller när det för övrigt finns anledning till omprövning av tillstånd eller villkor kan vi få en mer enhetlig kravnivå i landet. Naturvårdsverket överväger även att införa generella föreskrifter för ytbehandlingsbranschen när möjlighet ges.

De tekniska lösningar som beskrivs utesluter inte annan utformning eller annat teknikval som medför liknande resultat.

Övriga Allmänna råd och faktablad som rör ytbehandlingsområdet är:

- Allmänna råd 93:9, Avfettning av metall
- Allmänna råd 97:4, Varmförzinkning
- Branschfaktablad, Lackering av metall

2. Sammanfattning

FÖRELIGGANDE ALLMÄNNA RÅD FÖR OORGANISK ytbehandling ger en omfattande redovisning av ytbehandlingsbranschen idag, med beskrivning av olika typer av ytbehandlingsmetoder, egenskaper och användningsområden, samt vilka störningar på miljön de kan medföra.

Internationella överenskommelser inom området berörs liksom frågor rörande processval, lagstiftning och tillsyn. I kapitel 9 informeras om de regler som gäller enligt den nya förordningen om farligt avfall, SFS 1996:971.

De centrala avsnitten i dessa Allmänna råd är dock kapitel 6. Ytbehandlingsprocesser och kapitel 8. Reningsteknik. Dessa avsnitt beskriver de åtgärder som är nödvändiga för att uppnå miljömålen vid ytbehandling och även de möjligheter till besparingar som dessa medför.

Miljömålen vid ytbehandling är:

- minimering av vattenanvändningen
- minimering av föroreningsmängden i utgående vatten
- minimering av avfallsmängden

2.1 Vattenanvändning

För att minska vattenanvändningen kan man bl.a. förlänga livslängden på processbad, minska utdraget från processbad och använda vattenbesparande sköljmetoder. Livslängden på processbad kan förlängas t.ex. genom filtrering av olja, partiklar och andra föroreningar som stör processen. Utdraget minskas bl.a. genom att

man på olika sätt underlättar för badlösningen att droppa av detaljerna före sköljningen. Sköljvattenförbrukningen kan minskas genom användning av sparskölj och flerstegs motsströmssköljning.

Ett reducerat vattenflöde är en förutsättning för att kunna vidta effektiva åtgärder för minimering av mängden utsläppta föroreningar och avfall.

2.2 Föroreningsmängd

Långtgående vattenrening kombinerat med vattenbesparande åtgärder minimerar effektivt mängden föroreningar i utgående vatten från anläggningen. Konventionellt används s.k. end-of-pipe-rening genom hydroxidfällning av ett blandat avloppsvatten innehållande de flesta ingående föroreningarna. Vattenflöden innehållande olja, cyanider och kromat behandlas först separat. För att komma ner i de halter som rekommenderas i internationella överenskommelser krävs ofta ytterligare rening, t.ex. sandfiltrering, jonbyte, membranfiltrering och/eller indunstning.

Genom att rena vattnet tillräckligt mycket för att kunna återanvända det i processen kan man skapa avloppsfria system.

2.3 Avfallsmängd

Avskiljning av metaller och kemikalier ur sköljvattnet för återanvändning eller återvinning, minskar den mängd avfall som annars måste deponeras. Vattenflöden innehållande enskilda metaller bör hållas åtskilda för att underlätta avskiljning samt återvinning/återanvändning. Återvinning kan t.ex. ske genom utfällning av ett monometallslam i form av hydroxid eller karbonat eller med jonbyte och elektrolys. Det är däremot komplicerat och dyrbart att återvinna metaller ur ett blandat metallhydroxidslam.

Genom att integrera återvinning och återanvändning av metaller och kemikalier i yrbehandlingsprocessen och recirkulera sköljvattnet kan man skapa slutna system.

3. Summary

THESE GENERAL GUIDELINES ON INORGANIC metal finishing provide a detailed description of the metal finishing industry in Sweden today, including different metal finishing methods, characteristics and applications, as well as the environmental damage they may cause.

International agreements in the field are dealt with, as are choice of process, legislation and regulatory control. Chapter 9 outlines the rules applying under the new Hazardous Waste Ordinance (SFS 1996:971).

However, the key elements of these General Guidelines are found in Chapter 6 (Metal finishing processes) and Chapter 8 (Water treatment). These chapters describe the measures necessary to achieve the environmental goals for metal finishing and also the scope for cost savings they involve.

The environmental goals set for metal finishing are:

- minimisation of water use
- minimisation of pollutant quantities in waste process water
- minimisation of solid waste quantities

3.1 Water use

Ways of reducing water use include prolonging the life of process baths, reducing the quantity leaving the process bath and using water-saving rinsing methods. The life of the process bath can be prolonged, for example, by filtering oil, particles and other impurities which interfere with the process. One way of reducing the

quantity of liquid leaving the process bath is in some way to make it easier for the solution to drip off the articles before rinsing. Rinsing water consumption can be reduced by using low-water rinsing and multi-stage counter-flow rinsing.

Reduced effluent flow is necessary in order effectively to minimise the quantity of pollutants emitted and waste produced.

3.2 Quantity of pollutants

Comprehensive water treatment combined with water-saving measures minimises the quantity of pollutants in waste process water from the plant. Conventional treatment is of the end-of-pipe kind using hydroxide precipitation of mixed process water containing most of the original pollutants. Effluents containing oil, cyanides and chromate are treated separately first. Achieving the concentrations recommended in international agreements often involves additional treatment, such as sand filtration, ionic exchange, membrane filtration and/or evaporation.

If the water is treated sufficiently for reuse in the process, it is possible to create systems generating no waste water.

3.3 Waste quantities

Separation of metals and chemicals from the rinsing water for reuse or recycling reduces the quantity of waste which must otherwise be deposited. Waste water streams containing individual metals should be kept apart in order to facilitate separation as well as recycling/reuse. Examples of recycling methods are ionic exchange and electrolysis or flocculation of a monometallic sludge in the form of hydroxide or carbonate. However, it is complicated and costly to recover metals from mixed metal hydroxide sludge.

Closed (ie, self-contained) systems can be created by integrating recycling and re-use of metals and chemicals in the metal finishing process and by recirculating the rinsing water.

4. Sammanställning av råd för oorganisk ytbehandling

NEDAN FÖLJER EN SAMMANSTÄLLNING av de behandlings- och konstruktionsråd samt utsläppsriktvärden som beskrivs i kapitel 6. Ytbehandlingsprocesser och kapitel 8. Reningsteknik.

4.1 Behandlingsråd

1. Förbrukade processbad och sköljvatten från trumling, betning passivering, elpolering, anodisering, elektrolytisk förzinkning, elektrolytisk förkoppling och härdning bör beroende på vilka föroreningar de innehåller behandlas på sätt som beskrivs i kapitel 8.
2. Processbad och sköljvatten från passivering av koppar med ammoniumsulfat bör behandlas separat.
3. Processbad och sköljvatten från kemisk metallbeläggning och avmetallisering med hög halt av komplexbildare bör beroende på sin sammansättning behandlas separat enligt kapitel 8.
4. Förbrukade fosfateringsbad och dess sköljvatten bör behandlas genom kemisk fällning på sätt som beskrivs i kapitel 8.1.8, "Behandling av fosfathaltigt vatten". Observera att detta vatten även kan innehålla metaller.

5. Förbrukade kromateringsbad och dess sköljvatten bör behandlas genom kromatreduktion på sätt som beskrivs i kapitel 8.1.5, "Behandling av kromhaltigt vatten".
6. Kadmiumhaltiga avloppsvatten från ytbehandlingsanläggningar som har dispens skall genomgå separat behandling enligt kapitel 8.1.3. Kadmiumhaltigt avfall skall hanteras separat.
7. Vid industrier där större mängder råvaror, kemikalier, restprodukter och avfall hanteras och lagras bör dagvattnet passera utjämningsbassäng och gravitationsavskiljare innan det leds till recipient.
8. Förbrukade badkoncentrat bör behandlas satsvis separat, men i övrigt på samma sätt som motsvarande sköljvatten.
9. Metallhydroxidslam bör avvattnas till en torrsubstans av minst 30 %.
10. Metaller i slam och koncentrat bör återvinnas när det är tekniskt-ekonomiskt möjligt.

4.2 Konstruktionsråd

4.2.1 Ytbehandlingsprocesser

11. Process- och sköljkar bör vara invallade så att vätskor vid spill eller haverier kan samlas upp och ej har möjlighet att tillföras avloppsvattennät, recipient eller mark. Invallningen bör minst kunna innehålla det största badets volym.
12. Sköljning bör utföras med sparsköljning samt motströmssköljning i minst två steg. Alternativt kan motströmssköljning i minst tre steg eller annan vattenbesparande teknik användas, t.ex kombinerad sprut - och doppsköljning.
13. Metoder för att uppnå längsta möjliga livslängd för processbad bör användas. T.ex. filtrering, behandling med aktivt kol, jonbyte, vätskeextraktion.
- 14 Vid större betningsanläggningar bör berthaden regenereras.

T.ex. syraretardation, dialys, kristallisation.

15. Utdrag från processbad bör minimeras genom optimal badsammansättning (viskositet, koncentration, ytspänning), förlängd avdroppningstid, riktig upphängning, etc.
16. Kontinuerlig uppvärmning av betbad bör ej ske med direktånga.
17. Betslam som lägger sig på betbadets botten bör avlägnas regelbundet.
18. Elektrolytiska förnicklingsprocesser bör vara slutna så när som på en mindre mängd eluat från jonbytare eller annat koncentrat. Metaller bör återvinnas eller återföras till processen.
19. Elektrolytiska förkromningsprocesser bör vara slutna så när som på en mindre mängd eluat från jonbytare eller annat koncentrat. Metaller bör återvinnas eller återföras till processen.

4.2.2 Hantering av råvaror, restprodukter och avfall

20. Råvaror, kemikalier, restprodukter och farligt avfall bör lagras på tät invallad yta under tak.
21. Farligt avfall bör lagras högst ett år på fastigheten.

4.2.3 Ledningsseparering

22. Följande avloppsvatten bör hållas åtskilda före behandling:
 - cyanidhaltigt vatten
 - kromhaltigt vatten
 - surt och alkaliskt vatten
 - kadmiumhaltigt vatten.
23. Olje- och fetthaltigt vatten bör avledas och behandlas separat.
24. Ej förorenat vatten, t.ex. kylvatten, bör avledas direkt till recipient eller kommunalt dagvattennät.
25. Industriellt avloppsvatten som behandlats enligt anvisningar i dessa Allmänna råd bör i normalfallet avledas till recipient.

4.2.4 Styr- och reglersystem

26. Pumpar, magnetventiler, membran till magnetventiler, pH-elektroder och annan för driften av reningsanläggningen viktig utrustning bör finnas i reserv eller kunna levereras snabbt.

4.2.5 Behandling av metallhaltigt vatten

27. Vattnet skall rinna med självfall från flockningssteget till slamavskiljningssteget.
28. Uppsamlings- och utjämningsbassänger bör finnas i början av varje behandlingsenhet.
29. pH-justeringssteget bör bestå av en grov- och en finjusteringsdel om avloppsvattnet har mycket varierande flöde och pH.
30. pH-justeringssteget bör dimensioneras så att uppehållstiden blir minst 10 och högst 30 minuter vid kontinuerligt arbetande anläggningar.
31. Optimalt pH bör bestämmas efter prov.
32. Vid större flöden bör flockningsutrymmet delas upp i minst två kammare.
33. Flockningstiden bör vara 10–20 minuter.
34. Polymertyp och dosering bestäms efter praktiska fällningsprov.
35. Polymertillsatsen bör göras genom snabbinblandning i ledningen före flockningssteget.

4.2.6 Cyanidoxidation

36. Cyanidoxidationen bör ske i ett blandningskärl och en efterreaktionsdel bägge försedda med omrörare.
37. Cyanidoxidationen bör styras och kontrolleras med hjälp av redoxelektroder.
38. Cyanidoxidationen bör ske vid pH över 11 med natriumhypo-

klorit eller på annat likvärdigt sätt.

39. Uppehållstiden vid cyanidoxidation bör vara totalt minst 60 minuter varav normalt 45 minuter i efterreaktionsdelen.
40. Larm bör vid cyanidoxidation avges vid för lågt pH och felaktig redoxpotential.

4.2.7 Kromatreduktion

41. Kromatreduktion med natriumbisulfid, svaveldioxid eller järn(II)sulfat bör ske vid ett pH-värde under 2,5. Kromatreduktion kan även ske med natriumhydrosulfid (ditionit) eller sulfinsyra i alkalisk miljö.
42. Kromatreduktionen bör styras och kontrolleras med hjälp av redoxelektroder.
43. Uppehållstiden vid kromatreduktion bör vara minst 15 minuter.
44. Larm bör vid kromatreduktion avges vid för högt pH och felaktig redoxpotential.

4.2.8 Slamavskiljning

45. Sedimenteringsbassänger bör normalt dimensioneras för en ytbelastning av högst 0,5 m/h och en uppehållstid av minst 4 timmar. Vid lamellsedimentering är summan av lamellernas projicerade ytor i horisontalplaner dimensionerande för ytbelastningen.
46. Sedimenterat slam bör tas bort kontinuerligt eller regelbundet med täta intervall.
47. Ytbelastningen vid flotation bör ej vara högre än 5 m/h.
48. Flotationsbassänger bör ha bottenskrapor.
49. Vid stora avloppsvattenflöden (5–10 m³/h) bör filtrering installeras som kompletterande avskiljningssteg för suspenderade ämnen.
50. Ytbelastningen vid filtrering bör ej vara högre än 10–15 m/h.

51. Returspolvatten från filter bör indoseras i reningsanläggningens pH-justeringssteg eller till slamuppsamlingstank före filterpress.

4.2.9 Behandling av oljehaltigt vatten

52. Gravitationsavskiljare bör utformas så att ybelastningen är högst 1 m/h och upphållstiden minst 2 timmar.
53. Inloppet till gravitationsavskiljaren bör utformas så att minimal turbulens uppstår.
54. Vattnet bör rinna med självfall genom gravitationsavskiljaren.
55. Vid bör vattenflöden skall reningen kompletteras med filtrering (kol, sand eller kiselgur) eller annan likvärdig metod.
56. Ej metallhaltigt spaltvatten från behandling av oljeemulsioner med ett högt innehåll av biokemiskt förbrukande substans bör ledas till kommunalt reningsverk som har biologisk rening eller renas i aktivt kolfilter.
57. Före emulsionsspaltning bör den fria oljan i vattnet föravskiljas i gravitationsavskiljare.

4.2.10 Slamavvattning

58. Rejektvattnet (filtratet) från slamavvattning vid en genomströmningsanläggning bör återföras till neutralisationsanläggningen. Rejektvattnet från en satsvis arbetande anläggning kan, efter kontroll att riktvärden hålls, gå direkt till avlopp.

4.3 Utsläppsriktvärden

Nedan angivna föroreningshalter i utgående behandlat avloppsvatten bör normalt anges att gälla som utsläppsriktvärden. Vid anläggningar där långtgående vattenbesparande åtgärder vidtagits kan det vara svårt att nå ner till nedanstående halter på grund av höga ingående halter till reningsanläggningen. För dessa anläggningar kan högre riktvärden accepteras. Högre riktvärden kan

även accepteras för mycket små anläggningar. (Enligt PARCOM-rekommendationerna kan fyra gånger högre riktvärden tillämpas för anläggningar med högst 200 g metaller per dag i ingående vatten till reningsanläggningen.)

Det viktigaste är att mängden föroreningar som släpps ut från en anläggning minskar och det åstadkommer man normalt effektivare genom att minska mängden avloppsvatten än genom att ytterligare sänka redan ganska låga halter i vattnet. Se fig 9, sid 64.

Riktvärden

Ämne	Koncentration (mg/l)
Bly	0,5
Kadmium	0,1
Koppar	0,5
Krom(tot)	0,5
Krom (VI)	0,1
Nickel	0,5
Silver	0,1
Tenn	1,0
Zink	0,5 ¹⁾
Total cyanid	1,0
Fri cyanid	0,1
Lättflyktiga org. halogener	0,1
Suspenderade ämnen	10 ²⁾

Dessa värden bör innehållas utan någon form av utspädning.

- Om särskilda skäl föreligger kan zinkhalten få till 2,0 mg/l.
- Ett riktvärde på 10 mg/l för suspenderade ämnen kan vara svårt att klara t.ex. om neutraliseringen sker med kalk. Om halten suspenderade ämnen överstiger 10 mg/l bör man undersöka vad den suspenderade fasen består av innan krav ställs på ytterligare reningsåtgärder.

5. Allmänt om oorganisk ytbehandling

5.1 Beskrivning av branschen

YTBEHANDLINGSBRANSCHEN BESTÅR AV DRYGT 700 företag i Sverige. Knappt hälften av dessa utför kemisk förbehandling före lackering (fosfatering eller kromatering) och de flesta av dessa är verkstadsindustrier som lackerar sina egna produkter. Av den andra hälften av ytbehandlingarna utför de flesta metallbeläggning där de vanligaste metoderna är elektrolytisk (zink, krom, nickel, koppar), kemisk (nickel, koppar) eller termisk (varmförzinkning). Metallbeläggning utförs normalt hos en legoytbehandlare, det är inte lika vanligt att verkstadsindustrier har en egen anläggning för denna typ av processer. De företag som enbart utför legoytbehandling är oftast små.

Antalet ytbehandlingsföretag har halverats de senaste 25 åren samtidigt som mängden ytbehandlat gods har ökat. Godsmängden ökar fortfarande med en förskjutning från dekorativa beläggningar (t.ex. förkromade bildelar) mot tekniska beläggningar (t.ex. förzinkning för korrosionsskydd). Se även avsnitt 5.4. Förväntad utveckling.

Oorganisk ytbehandling innefattar en stor mängd olika typer av processer. Avsikten med ytbehandlingen är att förändra ytegenskaperna hos ett grundmaterial, som oftast är en metall, men även plaster och andra material förekommer.

Den vanligaste metallen som ytbehandlas är stål, i mindre omfattning bl.a. aluminium och mässing. Den egenskap man oftast vill erhålla är korrosionsskydd. Övriga egenskaper man kan uppnå genom ytbehandling är förutom en estetiskt tilltalande yta

t.ex. underlag för lackering, hårdhet, slitstyrka eller speciella optiska och elektriska egenskaper.

Oorganisk ytbehandling omfattar bl.a. följande processer:

Förbehandling	Avfettning Bething Blåstring
Ytomvandling	Fosfatering Kromativering Anodisering Svartoxidering Passivering
Metallbefäggning	Elektrolytisk Kemisk Termisk Mekanisk Vakuum
Övriga	Elektrolytisk polering Avmetallisering Trumling Hårdning

5.2 Miljöpåverkan av ytbehandling

Den miljöpåverkan man normalt förknippar med oorganisk ytbehandling är de utsläpp som sker i samband med själva ytbehandlingsprocessen, av avloppsvatten innehållande metaller och organiska ämnen samt utsläpp av rök, partiklar och lösningsmedel till luft. Buller kan förekomma och därtill kommer hantering (återvinning, destruering, deponering, etc) av farligt avfall.

I ett större perspektiv orsakar ytbehandlingen även en miljöpåverkan vid användningen av de ytbehandlade produkterna och i samband med skrotning.

I Boverkets Allmänna råd 1995:5, Bättre plats för arbete, anges riktvärden för skyddsavstånd för kemisk och elektrolytisk ytbehandling till 200 m och för varmförzinkning till 300 m.

5.2.1 Metaller till vatten

Avloppsvatten från en ytbehandlingsanläggning innehåller alltid en viss mängd metaller hur effektiv den interna reningen än är. Detta vatten leds till kommunala avloppsreningsverk eller till recipient. De vanligaste metallerna släpptes ut i följande mängder:

Metall	1990 (ton)	1995 (ton)
Zink	25	3,5
Krom	10	2
Nickel	10	2
Koppar	5	1,5
(Kadmium	100 kg	20 kg)

Ovanstående uppgifter för 1990 är en uppskattning grundad på undersökningar under 1980-talet. Uppgifterna för 1995 kommer från de miljörapporter som ytbehandlingsföretagen lämnat in 1996.

Den stora skillnaden mellan utsläppsvärden för metaller 1990 och 1995 beror delvis på osäkerheten i uppgifterna, men framför allt på de åtgärder som vidtagits på anläggningarna för att uppnå effektivare rening och minskade vattenflöden

Utsläppsvärdena för ytbehandling kan jämföras med de totala utsläppssiffrorna för metaller till vatten från svensk industri 1990, inkl. deponier (ton):

Zink	770
Krom	24
Nickel	31
Koppar	67
Bly	14
Kadmium	2,1

Dessa utsläpp kommer framför allt från järn- och stålindustrin, gruvindustrin samt skogsindustrin. Den stora mängden zink beror främst på utlakning från gamla gruvupplag.

Av uppgifterna för 1990 framgår att ytbehandlingsbranschens andel av de totala utsläppen av krom och nickel var betydande.

Ett generellt förbud gäller för ytbehandling med kadmium, men en mindre mängd används fortfarande på dispens inom bl.a. flygindustrin. Bly används idag i liten omfattning vid ytbehandling. Båda dessa metaller förekommer även som föroreningar i t.ex. zink.

Ädelmetaller som guld, silver och platina används ibland vid ytbehandling. Priset på dessa metaller är dock så högt att de sällan släpps ut i några större mängder.

Alla metaller är giftiga. Även de essentiella, som ingår i olika enzymer och som är viktiga för olika livsfunktioner hos människor, djur och växter, är toxiska i stora mängder. Den relativa toxiciteten mellan de metaller som kan förekomma vid ytbehandling är följande:

Mycket toxiska samt bioackumulerbara	Medeltoxiska	Låg toxicitet
Bly	Koppar	Aluminium
Kadmium	Krom	Järn
Kvicksilver	Nickel	
	Tenn	
	Zink	

Metallerna är få, lätt analyserade, kända sedan lång tid och väl dokumenterade, speciellt vad gäller akut påverkan på människor. På grund av detta är de traditionella reningsmetoderna vid ytbehandling i första hand avsedda för metaller, t.ex. metallhydroxidfällning och jonbyte, och de ger normalt en resthalt lägre än 1 mg/l.

5.2.2 Organiska ämnen till vatten

De organiska ämnen som finns i vattenutsläpp från ytbehandlingsanläggningar består antingen av föroreningar från det behandlade godset, som hamnar i avfettningsbadet, eller av de funktionskemikalier som tillsätts vid processerna, t.ex. tensider, komplexbildare och glansbildare.

Olika undersökningar visar att toxiska egenskaper hos ett avloppsvatten från en ytbehandlingsanläggning oftast beror på metaller, bidraget från den organiska delen kan dock i vissa fall vara betydande (IVL-rapport B1273).

De flesta organiska ämnen som kan förekomma i ett avloppsvatten är emellertid svåra både att analysera och att avlägsna. En biologisk - kemisk karakterisering av industriella utsläpp, s.k. KIU-metodik, som bl.a. beskrivs i Naturvårdsverkets Allmänna råd 89:5, är komplicerad och dyrbar att genomföra för en ytbehandlingsanläggning och resultatet kan vara svårtolkat. Se även Naturvårdsverkets rapport 4621, Karakterisering av utsläpp från kemiindustrin, STORK-projektet.

En KIU-undersökning är uppbyggt av ett system av tester och analyser i flera steg, som är avsett att på ett effektivt sätt möjliggöra en bedömning av ett avlopps miljöfarlighet. Mätningarna tar framför allt sikte på förekomst av svårnedbrytbara, toxiska och bioackumulerbara ämnen.

Naturvårdsverket anser inte att det är rimligt att alla ytbehandlingsanläggningar skall behöva utföra en KIU-undersökning. Företagen bör i stället ställa krav på tillverkare och leverantörer av kemikalier att lämna så fullständiga innehållsangivelser för använda produkter, med uppgifter om toxicitet, nedbrytbarhet och bioackumulerbarhet, så att man med ledning av dessa uppgifter kan välja ut sådana som har minst effekt på hälsa och miljö (Se kapitel 7).

Enklare tester, t.ex. Microtox, BOD och COD alt. TOC kan ibland vara lämpliga för att undersöka behovet av ytterligare åtgärder.

De reningsmetoder som finns för organiska ämnen, t.ex. väteperoxid och UV-strålning (se avsnitt 8.1.10), används i mycket liten utsträckning i Sverige idag.

För "svåra" vatten, som inte kan behandlas internt på en ytbehandlingsanläggning, återstår omhändertagande av godkänd mottagare av farligt avfall.

5.2.3 Rök och stoft

Dammande och rykande behandlingsmetoder är t.ex. blåstring, varmförzinkning och termisk sprutning. Stofter från dessa

behandlingar kan innehålla stora mängder metaller och bidrar till spridning av metaller till miljön förutom att det kan vara irriterande och hälsovådliga för närboende.

Ett vanligt riktvärde för stoft är 10 mg/m^3 , ntg, som bl.a. rekommenderas för flussrök i Allmänna råd 97:4, Varmförzinkning. Detta värde klarar man oftast lätt med någon typ av spärffilter.

Cykloner är effektiva för större partiklar men släpper igenom finkornigt stoft. På grund av detta kan utgående stofthalter behöva mätas och stoftet analyseras t.ex. vid blästring och termisk sprutning där cykloner ofta används för partikelavskiljning.

Liksom vid utsläpp till vatten gäller även för luftutsläpp att det är mängden samt typen av föroreningar som är av betydelse för vilka krav som kan ställas på rening och inte enbart halten.

Se vidare Allmänna råd 97:4, Varmförzinkning och Branschfaktablad: Blästringsarbete (under produktion).

5.2.4 Lösningsmedel

Lösningemedel används vid oorganisk ytbehandling främst för avfettning. Miljöproblem i samband med avfettning behandlas i Allmänna råd 93:9, Avfettning av Metall. Metoder för minskning av lösningemedelsutsläpp beskrivs även i Branschfaktablad: "Lackering av Metall".

5.2.5 Buller

Buller vid ytbehandlingsanläggningar kan uppstå i samband med transporter och hantering av gods, t.ex. lossning och lastning, samt från fläktar, pumpar o. dyl. Buller uppstår dock sällan från själva ytbehandlingsprocesserna. Riktvärden för buller framgår av Naturvårdsverkets Allmänna råd 1978:5, Externt industribuller.

5.2.6 Miljöpåverkan vid användning av ytbehandlade produkter

Av de vanligaste beläggningmetallerna zink, krom, koppar och nickel, är zink den som lättast lakas ut under omgivningens påverkan. Koppar kan under vissa förhållanden lakas ut, men förkoppade föremål används sällan under sådana betingelser att detta sker. Krom och nickel har ringa miljöpåverkan under använd-

ningen av förkromade resp. förnicklade produkter. Nickel kan dock ge s.k. kontaktallergi varför förnicklade ytor som kommer i direkt och långvarig kontakt med huden (smycken, armbandsur, blyxtlås, etc.) får avge högst 0,5 µg nickel per cm² och vecka (KIFS 1996:2) (12).

Förzinkning används framför allt för korrosionskydd av stål. De förzinkade ytorna lakar långsamt ut zink som sprids diffust från räcken, stolpar och balkar samt takplåtar, stuprännor och bilar m.fl. förzinkade produkter. Förzinkning, och då framför allt varmförzinkning, ger dock ett mycket effektivt rostkydd och för att förhindra de effekter som utlakning av zink medför kan de förzinkade produkterna målas, en metod som används i ökande omfattning.

5.2.7 Återvinning av ytbehandlat gods

Beläggningmetaller påverkar möjligheterna att återvinna ytbehandlat stål enligt följande:

Zink – Vid omsmältning av förzinkat skrot avgår zinken i gasform. Zinken påverkar inte det återvunna stålet och kan dessutom samlas upp med filter och återvinnas.

Krom och nickel – Vid omsmältning av förkromat och/eller förnicklat stål hamnar en del av beläggningmetallerna i stålet, en del avgår som stoft och en del hamnar i slaggen. Då både krom och nickel är värdefulla legeringsämnen i t.ex. rostfritt stål, är skrot innehållande dessa ämnen attraktivt på marknaden. Även stoftet innehållande krom och nickel kan samlas upp och återvinnas.

Koppar – För höga kopparhalter gör stål sprött, s.k. rödskörhet, och minskar möjligheten att varmbearbeta stålet vid höga temperaturer. Då det inte finns några enkla sätt för att avlägsna koppar ur stål, måste försiktighet iakttas vid skrotbaserade stålverk så att inte den ackumulerade kopparhalten blir för hög. Den koppar som via ytbehandling hamnar i stål kan komma bl.a. från förkopprad svetstråd. De mängder koppar i stål som härstammar från ytbehandling är emellertid försumbara jämfört med övriga källor, varför förkoppring ej kan anses försvåra möjligheten att återvinna stål.

5.3 Internationella överenskommelser

Kraven på ytbehandlingsbranschen i Sverige styrs till stor del av internationella överenskommelser. Då över 70 % av den totala mängden luftburna metallföreningar och försurande gaser i Sverige kommer från källor i andra länder har man inom svensk miljövård länge varit mycket aktiv när det gäller internationellt miljövårdsarbete. Dessutom läggs stor vikt vid att uppfylla internationella åtaganden.

Några av de internationella överenskommelser som påverkar ytbehandlingsbranschen är:

Organisation	Överenskommelse
- 3:e Nordsjökonferensen, 1990	Metallutsläppen till havet skall halveras 1985-1995
- Pariskommissionen, 1992 (PARCOM)	Åtgärder för att: - Minska vattenförbrukningen - Minska föreningsmängden - Minska avfallsmängden
- Helsingforskommissionen, 1995 (HELCOM)	- Halverade metallutsläpp - PARCOM:s rekommendationer antagna, något modifierade
- 4:e Nordsjökonferensen, 1996	"Esbjergdeklarationen", som anger att utsläpp av miljöfarliga ämnen skall ha upphört inom 25 år.
- EU: IPPC-direktivet, 1996	(IPPC = Integrated Pollution Prevention Control) Direktivet innebär bl.a. att medlemsländerna skall säkerställa att föroreningar undviks, särskilt genom utnyttjande av BAT, att uppkomst av avfall undviks och att energi-användningen är effektiv. För ytbehandlingsbranschen gäller IPPC-direktivet för anläggningar där processbadens totala volym överstiger 30 m ³ . EU planerar att påbörja arbetet med en BAT-

beskrivning för ytbehandlingsbranschen 1999. (BAT = Best Available Technology)

För Sveriges del är det framför allt PARCOM-rekommendationerna (13) som har påverkat utvecklingen. Även om en stor del av åtgärderna fanns med redan i de Allmänna råden från 1985 så har tekniken utvecklats vilket framför allt märks på sänkta riktvärden för metaller i dessa Allmänna råd.

5.4 Förväntad utveckling

Branschen har minskat sina metallutsläpp avsevärt under de senaste åren. Detta har skett genom att en stor andel av anläggningarna har installerat effektiv reningsutrustning. Gränsvärden på något eller några enstaka kg för en metall är inte ovanligt idag. Många företag har dock fortfarande stora metallutsläpp vilket bör ses över vid omprövning.

På senare tid har även kemikaliefrågorna aktualiserats bl.a. genom ökad kunskap om enskilda ämnen samt publicering av olika typer av listor: (Begränsningslistan, OBS-listan och Klassificeringslistan). Karakteriseringar av avloppsvatten har utförts på flera anläggningar och en kartläggning av kemikalieanvändningen inom verkstads- och ytbehandlingsindustrin pågår. Se vidare kap. 7.

I förslaget till ny miljöbalk ingår möjligheten att utfärda generella föreskrifter för vissa branscher. Ytbehandlingsbranschen är ett av de områden som har nämnts i detta sammanhang och ett utkast till föreskrifter för ytbehandling förbereds. Avsikten med generella föreskrifter är dels att förenkla tillståndsprövningen dels att minska den konkurrensbegränsning som enskild prövning medför genom den stora skillnaden i villkor mellan företagen.

Som nämdes i inledningen till dessa Allmänna råd, är det inte bara myndigheterna som påverkar branschens utveckling inom miljöområdet; framför allt större företag ställer krav på sina underleverantörer att de skall uppfylla vissa kriterier inom miljöarbetet,

t.ex. EMAS (14) eller ISO 14 000 (15). Dessutom väljer många företag att engagera sig miljömässigt på grund av den PR-vinst detta medför, eller för att de inser att de kan spara pengar genom miljöarbetet.

Enligt den s.k. "Porterhypotesen" (16) medför miljöinvesteringar i många fall besparingar, förutom de direkta, t.ex. genom lägre kostnader för vatten, kemikalier och transporter, även indirekta besparingar bl.a. genom effektivare produktion. Porter anser att miljöarbetet avslöjar ineffektivitet inom företagets organisation och resurshantering samt utlöser innovationsprocesser.

Miljöförbättrande åtgärder inom ytbehandlingsbranschen kräver förutom investeringar även en stor kemisk kompetens inom företaget, både inom process- och reningsteknik. Detta kan förväntas medföra en minskning av antalet små ytbehandlingsanläggningar och en ökning av antalet större. Det är inte ovanligt att mindre företag köps upp eller slås samman med andra, till industrigrupper, där ytbehandlingen kan specialiseras till färre processer per anläggning.

6. Ytbehandlingsprocesserna

6.1 Sköljteknik

FÖR ATT MINSKA MÄNGDEN FÖRORENINGAR från ytbehandlingsanläggningar krävs en minskning av föroreningshalten eller vattenflödet, eller allra helst en minskning av båda. Genom att använda effektiva sköljmetoder kan vattenförbrukningen och därmed flödet av processavloppsvatten radikalt minskas. Härigenom fås besparingar i form av lägre vattenkostnader och lägre kostnader för avloppsvattenbehandling.

Det huvudsakliga syftet med sköljning är att sänka halten av oönskade ämnen på det gods som ytbehandlas, så att inte produktens kvalitet försämras eller att ett efterföljande processbad förstörs genom indrag av oönskade ämnen.

Det som bestämmer vattenförbrukningen är den högsta föroreningshalt som tillåts finnas kvar på godset och effektiviteten hos de olika sköljsystemen. Ett sköljsystem anses vara effektivt om

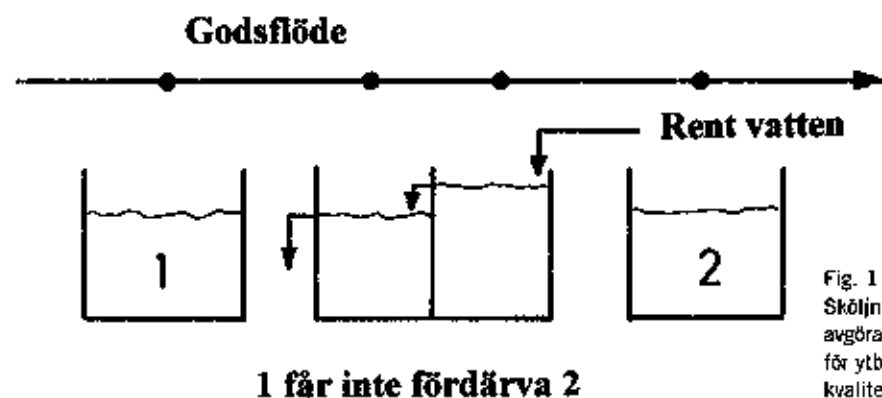


Fig. 1
Sköljningen är av avgörande betydelse för ytbehandlingskvalitet.

halten av föroreningar på godset ligger just på den nivå där man inte får några märkbara effekter i form av kvalitetsförsämringar eller försämringar av efterföljande processbad. Ett vanligt kriterium på god sköljning är att detaljerna efter självtorkning inte är fläckiga. Fläckar uppstår om den totala koncentrationen av lösta ämnen ligger över ett för processen kritiskt värde, men är även beroende av hårdheten på sköljvattnet.

6.1.1 Minskning av utdragsförluster

Utdraget är den vätskemängd som följer med godset från processbadet till efterföljande sköljsteg.

Följande metoder minskar utdragsförlusten från ett ytbehandlingsbad:

- Viskositeten i processbadet är av betydelse för utdragets storlek. Vid hög viskositet hos badlösningen fås ett stort utdrag, samtidigt som det tar lång tid för badlösningen att rinna av godset.
- Genom att använda processbad med lägre kemikaliekoncentration minskar utdraget.
- Badvätskans ytspänning påverkar i hög grad hur mycket av utdraget som rinner av då godset hänger över badet. Ytspänningen kan i vissa fall minskas genom att badtemperaturen höjs och/eller genom att man tillsätter värtmedel till badet.

Beräknat utdrag, enkelt hänggods:

Avdroppningstid i sekunder	Utdrag i ml/m ²
0	105
3	70
6	61
9	59
12	54
15	53

För trumgods kan utdraget beräknas till 100–300 ml/m² gods (utdraget är även beroende av trummans perforering).

- Om godset tas upp hastigt ur badet eller om avrinningstiden är kort, följer en stor mängd badlösning med godset till sköljvattnet.
- En riktig upphängning av godset minskar utdraget i hög grad. Detaljerna bör om möjligt arrangeras så att inga skålförmade fördjupningar uppstår. De längsta kanterna bör vara horisontella och de största ytorna vertikala.
- Genom användning av stänkskydd och dropplåtar kan man dels förhindra att ett process- eller sköljbad förorenas av dropp från passerande detaljer och dels återföra dropp till "rätt" bad.
- Vid ytbehandling i trummor är utdragningsförlusten till stor del beroende av trummans konstruktion. Normalt erhålls tillräcklig sköljeffekt genom att trumman doppas upp och ned i sköljkaret några gånger. För att förbättra sköljeffekten ytterligare kan man rotera trumman i sköljkaret. Genom att rotera trumman över process- och sköljbaden, efter sköljningen, kan utdragsförlusterna i de flesta fall minskas
- För att minska utdragsmängden kan man använda renblåsningsmunstycken. Munstyckena åstadkommer en luftström som blåser bort badlösning från godset då det befinner sig över badet. Vid renblåsning bör arbetsmiljöriskerna beaktas. Genom att godset vibreras eller skakas kan ytterligare droppar fås att lossna. Genom lutning av godsskenorna kan avrinningen underlättas. Vid ytbehandling av band kan badvätskan strykas av bandet med hjälp av avstrykarrullar, borstar eller luftknivar.

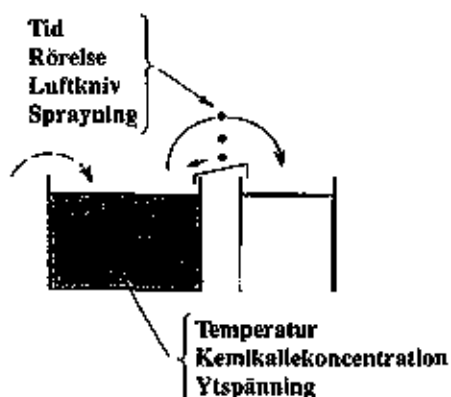


Fig. 2
Utdragsförlusterna kan
minimeras på flera
sätt

6.1.2 Motströmsköljning i bad

Denna sköljmetod möjliggör ett mycket effektivt utnyttjande av vattnet. Därför bör denna metod användas. Antalet sköljsteg kan variera från 2 och uppåt. Färskvatten sätts till det sista sköljbadet i systemet.

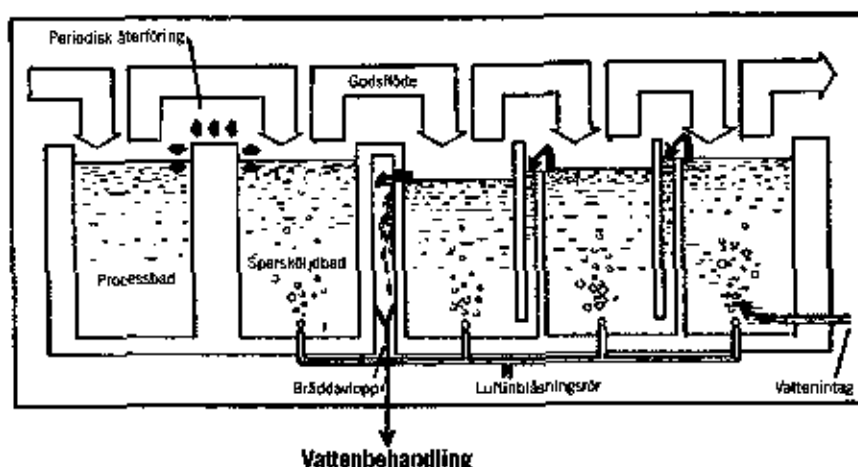


Fig. 3.
Trestegs motströmsköljning med sparskölj.

Vattenförbrukningen vid motströmsköljning kan minska med antalet sköljsteg enligt följande:

Antal sköljsteg	Vattenåtgång l/1 utdrag
Sköljning i ett steg	5000
Sköljning 2 steg i motström	70
Sköljning 3 steg i motström	17

Av tabellen framgår att sköljning i flera steg innebär en avsevärd vattenbesparing, jämfört med sköljning i endast ett steg.

För att ovanstående vattenbesparing skall erhållas, krävs att motströmsköljningen är rätt utformad. Vattnet får aldrig rinna i fel riktning. I trumlinor, med små badvolymmer och stora trummor, kan vattnet pressas i fel riktning om nivåskillnaderna mellan varje sköljsteg är för litet. Genom att exempelvis använda pumpar mellan varje sköljsteg kan en rätt utformad sköljkedja utan risk för

“bakströmning” erhållas, samtidigt som vätskenivåerna kan vara lika i varje sköljsteg.

Fler sköljsteg mellan varje processbad kräver utrymme i form av sköljkar. Det innebär att produktionslinerna blir längre och mer utrymmeskrävande.

En sköljstation kan i många fall användas till flera sköljsteg genom att vattnet pumpas i omgångar från flera behållare som exempelvis kan vara placerade i en underliggande källare, se fig. 4. Samma bad kan ibland användas för sköljning efter flera olika operationer. På detta sätt erhålls en kortare produktionslinje.

Anläggningar, byggda enligt denna princip, kan exempelvis ha 3–8 sköljsteg mellan varje processbad. Detta innebär en mycket låg sköljvattenförbrukning med bibehållet sköljkriterium mellan varje processteg.

Ibland tillförs rent vatten till sista steget i ett flerstegssystem via en dysramp. Detta förfarande ger ytterligare ett sköljsteg och kan på så sätt ge 3 sköljsteg i ett 2-kars system.

En liten sköljvattenvolym med hög koncentration av utdragna kemikalier förenklar även möjligheterna för återvinning av processkemikalierna.

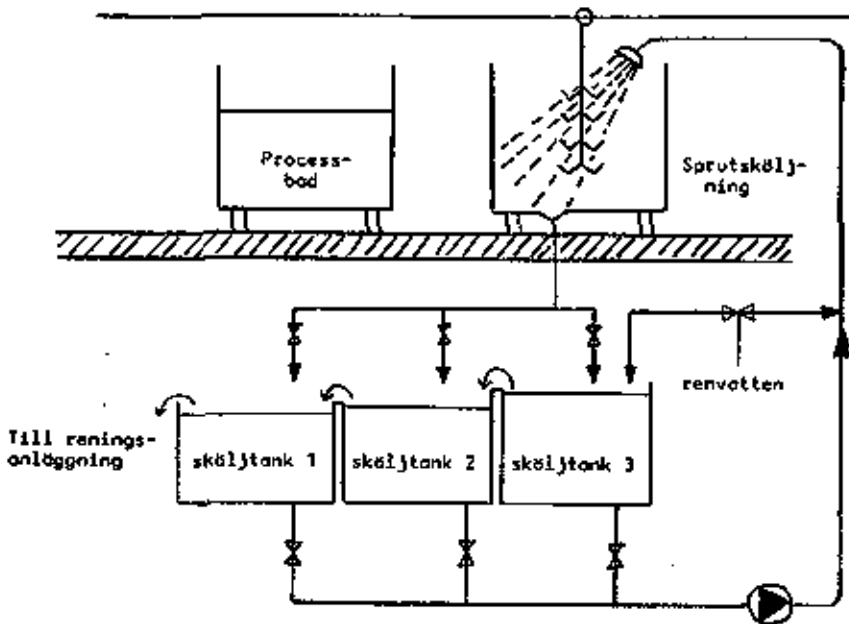


Fig. 4. Motståndssköljning i sköljstation med sköljbädderna placerade i källaren.

6.1.3 Sparsköljning

I det första sköljsteget efter ett processbad avlägsnas större delen (upp till 80 %) av det utdrag som följer med den ytbehandlade detaljen. Detta medför att kemikaliekoncentrationen blir förhållandevis hög i ett sparsköljbad. Detta sköljvatten kan användas för att fylla på processbadet, för att på så sätt återvinna badkemikalierna. Detta lämpar sig särskilt väl vid processer där badtemperaturen är hög, och därigenom *avdunstningsförlusten stor* (se fig. 3, sid. 32).

Sparsköljning följs alltid av ytterligare sköljsteg.

När avdunstningen av badvätska är stor kan sköljning av godset även ske direkt över badet så att större delen av de utdragna kemikalierna tillsammans med sköljvattnet återförs. Vid denna typ av sköljning *finfördelas* sköljvattnet över godset med hjälp av dysor.

6.1.4 Sprutsköljning

Kan sköljningen ske genom sprutning istället för doppning krävs mindre vattenvolym. Detaljer tillverkade av tråd eller plana ytor, kan oftast sköljas rena genom enbart sprutning.

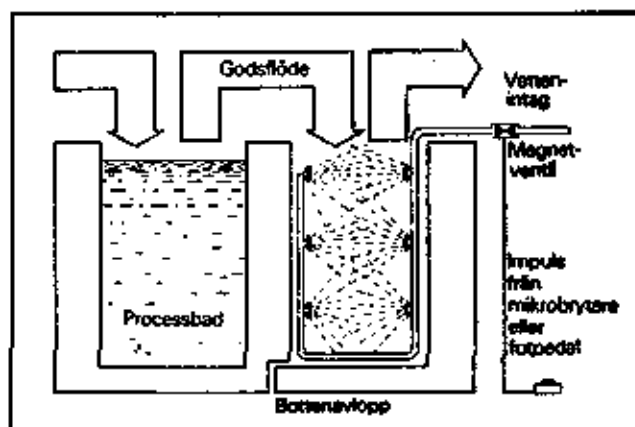


Fig. 5
Sprutsköljning är effektivt på gods utan håligheter.

6.1.5 Kombinerad sprut- och doppsköljning

Genom att kombinera sprut- och doppsköljning, kan förbrukningen av sköljvatten minska, jämfört med enbart doppsköljning.

Även här gäller att gods tillverkat av tråd och plana ytor är bäst lämpat. Gods tillverkat av rör och med håligheter, kräver dopning för effektiv sköljning.

6.1.6 Förbättrad sköljeffekt

När detaljerna tas upp ur ett processbad erhåller de ett "yttskikt" av kemikalier som måste avlägsnas innan de når nästa processbad. God omrörning liksom förhöjd temperatur i sköljbadet underlättar upplösning av dessa kemikalier.

Detta medför att ett cirkulerande vatten sköljer bättre än ett stillastående vatten. Cirkulationen kan erhållas genom luftinblåsning, propelleromrörning eller liknande.

Att skölja i varmt vatten ger bättre resultat jämfört med kallt vatten, men det innebär en kostnad om vattnet måste värmas.

6.1.7 Styrning av sköljvattenmängden

I en ytbehandlingslinje med jämn produktion av likadana produkter kan man lätt styra sköljvattenmängden. Man fastställer utdraget och sköljvattenbehovet per detalj och tillför så mycket vatten som behövs.

I de flesta ytbehandlingsanläggningar körs dock en blandad produktion med varierande utdrag och därmed olika sköljvattenförbrukning.

En varierande produktion kräver således olika vattentillförsel. Detta kan automatiseras på flera sätt exempelvis:

- Ledningsförmågemätare
- Tidstyrning

6.1.7.1 Ledningsförmågemätare

Genom att mäta ledningsförmågan i sköljvattnet, kan halten av kemikalier beräknas.

Vid för hög halt av kemikalier (= hög ledningsförmåga), tillförs mer sköljvatten så att önskad kemikaliekoncentration erhålls och omvänt vid för låg ledningsförmåga stängs tillförseln av sköljvatten.

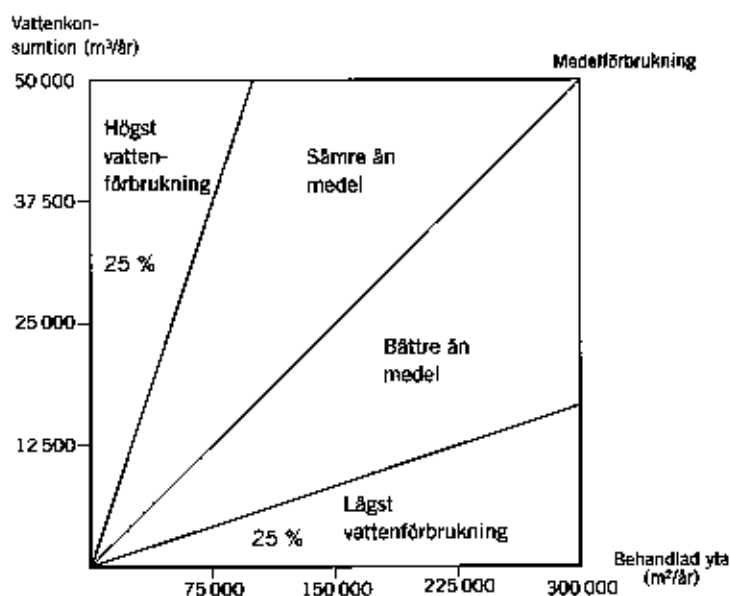
Detta är en enkel, men i praktiken tyvärr osäker mätmetod. Elektrodena blir lätt belagda med smuts och fel mätvärden registreras.

6.1.7.2 Tidsstyrning

Tidsstyrning är enklare och driftsäkrare. För varje godsskena eller trumma som skall sköljas tillsätts en viss mängd sköljvatten. Produceras detaljer med lika utdrag är detta en säker metod.

Moderna ytbehandlingsautomater är oftast försedda med styrsystem av friprogrammeringstyp, där varje artikel som skall ytbehandlas har sitt eget artikelnummer. Genom att koppla artikelnumret till utdraget för varje artikel från ett processbad kan önskat underlag erhållas för att styra sköljvattentillförseln mellan två processteg.

6.1.8 Vattenförbrukning



Ovanstående diagram visar medelförbrukningen av vatten vid ytbehandling. Vattenförbrukningen varierar mycket beroende på typ av process och godsets utformning, men framför allt beroende på användningen av vattenbesparande åtgärder.

6.2 Förbehandling

6.2.1 Avfettning

För beskrivning av avfettning hänvisas till Naturvårdsverkets Allmänna råd 93:9, Avfettning av metall samt Allmänna råd 97:6, Verkstadsindustrins avfall (under produktion).

6.2.2 Betning

Betning är en förbehandlingsoperation som används för att avlägsna glödskalet, valshud, rost och andra typer av oxidskikt från metallytor. Betning av stål är vanligast men även betning av t.ex. koppar och aluminiumlegeringar förekommer. Vanligtvis sker betningen genom neddopning av godset i en syra eller en blandning av flera syror, men även behandling med komplexbildande alkaliska salter och s.k. betpaster förekommer. Aluminium betas oftast alkaliskt med natriumhydroxid. Betning är vanligen en kemisk process men även elektrolytisk betning förekommer. Då kopplas godset antingen som anod eller katod.

Vanliga betkemikalier är svavelsyra, saltsyra, salpetersyra, fluorvätesyra, fosforsyra, kromsyra, organiska syror, natriumhydroxid och väteperoxid.

Elektrolytisk avrostning sker i bad innehållande komplexbildare i alkalisk lösning. Vanliga komplexbildare är EDTA, NTA, glukonsyra eller glukonater, oxalsyra och vinsyra.

För legerade stål kan s.k. saltsmältsbetning användas. Godset sänks ned i en alkalisk saltsmälta (ca 500 °C) varvid glödskalet delvis löses. Denna typ av betning kombineras oftast med syrabetning för att resultatet skall bli bra.

Betpasta är en betkemikalie som genom tillsats av ett förtjockningsmedel överförs till pastaform. Betpastan läggs på det område som skall betas och sköljs sedan av med vatten. Sköljvattnet innehåller betpastans komponenter samt löst metall. Metoden används normalt vid tillfälliga reparationsarbeten. Är användning mer regelbunden, som alternativ till betning i tank, bör sköljvattnet omhändertas och behandlas, med avseende på metaller och pH, innan det avleds.

Betning ger upphov till sura och alkaliska bad och sköljvatten

som kan innehålla lösta metaller, fluorider, nitrater, nitritter och kromater, cyanider och andra ämnen.

Genom att man tar bort det betslam som kan samlas på berka-
rets botten kan man förlänga badet livslängd.

Om badet uppvärms med hjälp av direktånga späds badet ut. För att undvika detta bör uppvärmningen istället ske med t.ex. värmepatroner eller indirekt med vattenånga genom värmeväxlare.

Den vanligaste metoden att behandla förbrukade bad och sköljvatten har hittills varit neutralisering med efterföljande slamavskiljning. Bad och sköljvatten som innehåller sexvärt krom eller cyanider måste före neutraliseringen genomgå behandling med avseende på dessa ämnen (se kapitel 8, Reningsteknik).

Vid betning i svavelsyra, saltsyra och s k blandtsyra (salpetersyra + fluorvätesyra) kan betbadet regenereras, vilket från miljösynpunkt är att föredra. Regenereringen ger en minskad kemikalieförbrukning. Fördelarna med regenereringen från produktions-
synpunkt är i första hand att betbadets sammansättning kan hållas någorlunda konstant, varvid ett bättre och jämnare betresultat och en högre avverkning erhålls. Regenerering av betbad är oftast företagsekonomiskt lönsamt vid större anläggningar.

Svavelsyrabetbad (H_2SO_4) regenereras vanligen genom att järn i form av $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ utkristalliseras då badet kyls i en kristallisor. Kristallerna avskiljs genom centrifugering, sedimentering eller filtrering varefter syran återanvänds.

Huvudprincipen för regenerering av *saltsyra* (HCl) är att betbadet värmes och indunstas något, varefter det rostas i en ugn. Saltsyra och vatten förångas då och järnklorid ($FeCl_2$) övergår till Fe_2O_3 avskiljs som pulver. Saltsyran absorberas i vatten (eventuellt sköljvatten från betningen), varvid saltsyra (18–20 %) erhålls. Förlusten av saltsyra vid regenereringen är ca 1–2 %. Några anläggningar av denna typ finns i drift vid järn- och stålindustrier i Sverige.

Ett alternativ till betning i saltsyra är betning i järnklorid ($FeCl_2$), med låg halt av fri saltsyra och hög halt av järnklorid. Vid betningen stiger halten järnklorid efterhand och då halten blivit för hög tappas en del av badet av och ersätts med vatten.

Förbrukade betbad baserade på svavel- eller saltsyra samt järnklorid kan även upparbetas till fällningskemikalie för användning

som fosfatreduktionsmedel i kommunala reningsverk.

För *blandsyra* ($\text{HNO}_3 + \text{HF}$) finns flera olika regenereringsmetoder. Endast ett fåtal anläggningar finns i drift. Återanvändningsgraden varierar mellan de olika metoderna.

6.2.3 Blästring

För beskrivning av blästring hänvisas till Naturvårdsverkets Branschfaktablad: Blästringsarbete, som är under produktion, samt kap. 5.2.3, Rök och stoft.

6.3 Ytomvandling

6.3.1 Fosfatering

Fosfatering utförs vanligen för att ge korrosionsskydd åt godset, vidhäftning åt ett lackskikt och skydd mot krypkorrosion under ett lackskikt. Ett fosfatskikt kan även fungera som smörjmedelsbärare vid t.ex. tråddragning eller oljas in och fungera som inslitningsskydd av motordelar.

De metaller som fosfateras är främst järn och zink, men även aluminium förekommer. De vanligaste metoderna är:

- järnfosfatering
- zinkfosfatering
- zinkmanganfosfatering
- manganfosfatering.

Metoderna har fått namn efter badlösningarnas innehåll. Fosfatering sker vanligen genom sprutning eller doppning.

Järnfosfateringsbadet innehåller ofrånst inga metaller förutom järn. En tillsats av molybdaten kan dock förekomma. Badet är svagt surt, pH 4,5–5,5 och innehåller fosfater. Vid kombinerad avfettning/fosfatering ingår även tensider i badet.

Till zinkfosfatering används en sur vattenlösning innehållande ca 5 % fosforsyra. Dessutom ingår alltid zinksalter och olika acceleratörer som nitriter, nitrater och/eller klorater. Ett zinkfosfatbad kan även innehålla nickel. Zinkfosfatering ger bättre korrosionsskydd än järnfosfatering och används förutom som målningsunderlag även bl.a. vid tråddragning.

Manganfosfateringsbad innehåller högre halt fosforsyra än zinkfosfatbad. Förutom fosforsyra innehåller badet mangansalter. Manganfosfat ger grova fosfatskikt som bl.a. används som inslitningsskydd för motordelar.

Zinkmanganfosfatering är ett mellanting mellan zinkfosfatering och manganfosfatering och används bl a för vitvaror.

6.3.2 Kromatering

Kromatering utförs vanligen för att ge korrosionsskydd åt godset, vidhäftning åt en organisk beläggning såsom lack- eller plastskikt och skydd mot korrosion under lack- eller plastskikten. I speciella fall utförs kromateringen för dekorativa ändamål. Beroende på kromateringsbadets sammansättning kan kromatskikt med varierande utseende, tjocklek och korrosionshårdighet erhållas. De vanligaste färgerna hos kromatskikten är ofärgade, gula, gröna, bronsfärgade, svagt blå och svarta. Det är framför allt badets kromatkoncentration som bestämmer kromateringsfilmens tjocklek och därmed färg. Den svarta färgen erhålls vanligen från silver som adsorberas i kromateringsfilmen.

De material som kromateras är vanligen zink, kadmium, aluminium, magnesium, koppar, mässing, brons och silver. Kromatering sker i de flesta fall genom neddoppning av godset i badet. Ibland sker kromateringen genom att badlösningen sprutas på godset.

Kromateringsbadet kan innehålla kromsyra, fluorider, cyanider, nitrater, sulfater, acetater, nitriter, fosfater m. m. samt salpetersyra och/eller svavelsyra. Badets pH varierar från mindre än 1 upp till 3. Badet har oftast rumstemperatur.

6.3.3 Anodisering (Eloxering)

Vid anodisering används elektrolys för att omvandla ytskiktet på metaller till oxid. Oxidskiktet ger korrosionsskydd, dekorativa ytor, ett bra underlag för lackering och andra ytbeläggningar, samt även vissa elektriska och mekaniska egenskaper. Aluminium är det i särklass vanligaste material som anodiseras. Andra metaller som anodiseras är magnesium, zink och titan.

Vid anodisering kopplas godset som anod i en sur elektrolyt, normalt bestående av utspädd svavelsyra. Vanligast sker anodise-

ringen genom neddoppning av upphängt gods i badet, men kontinuerlig anodisering av band och tråd sker också. Infärgning av aluminium som anodiserats i svavelsyra kan ske elektrolytiskt med olika metallsalter exempelvis tenn, kobolt, nickel och koppar eller genom doppning i en lösning innehållande organiska pigment av samma typ som används vid färgning av textilier.

Anodisering kan även ske i kromsyra eller organiska syror, dessa metoder används vid teknisk ytbehandling exempelvis för att erhålla skikt lämpliga för limning eller nötningshårdiga skikt.

6.3.4 Svartoxidering

Vid svartoxidering bildas ett oxidskikt på metallytan genom att godset doppas ned i en lösning vanligen bestående av natriumhydroxid, natriumnitrat och natriumnitrit. Ibland förekommer natriumperoxid i stället för nitrit.

Svartoxidering används som ytbehandling på t.ex. skifttuycklar som korrosionskydd och på gevärspipor som korrosionskydd och antireflexbehandling. Oxidskiktet ger inte något skydd mot korrosion i sig, utan måste kompletteras genom en behandling med olja eller vax.

6.3.5 Passivering

Vid passivering åstadkommes ett skyddande skikt genom neddoppning i en sur lösning. Passivering används för t.ex. rostfritt stål, koppar och fosfaterat material.

Rostfritt stål passiveras för att inbäddade järnpartiklar skall lösas upp och för att ett tunt oxidskikt skall bildas på metallytan. Vid passivering av rostfritt stål används vanligen salpetersyra eller en blandning av salpetersyra och natriumdikromat.

Då koppar passiveras i en lösning av ammoniumsulfat och kopparsulfat bör förbrukade bad och sköljvatten behandlas separat p. g. a. risk för bildning av koppar-ammonium-komplex.

Vid passivering av fosfaterat gods används ofta en utspädd kromsyralösning. Genom passiveringen erhålls förbättrade egenskaper hos fosfatskiktet som underlag för efterföljande lackskikt.

6.4 Elektrolytisk metallbeläggning

6.4.1 Elektrolytisk förzinkning

Elektrolytisk förzinkning är den vanligaste metallbeläggningsmetoden. Den ger ett bra korrosionsskydd för stålgods till låg kostnad.

Det finns i dag ett flertal typer av zink- och zinklegeringsbad

- Cyanidbaserade, hög-, mellan- eller lågcyanid, beläggning med zink
- Alkaliska cyanidfria bad, beläggning med zink eller zink-järnlegering
- Neutrala zinkbad, beläggning med zink eller zink-järnlegering
- Sura bad, beläggning med zink, zink-koboltlegering eller zink-nickellegering

Temperaturen i de cyanidbaserade och alkaliska flesta baden hålls vanligen under 30 °C.

De neutrala och vissa typer av sura bad kan köras vid högre temperatur, över 50 °C.

En högre badtemperatur ger större avdunstning, vilket gör det möjligt att återföra mer av utdragsförlusterna.

6.4.2 Elektrolytisk förnickling

Förnicking används för dekorativa ändamål och för att ge korrosionsskydd, men även ofta som ett underlag vid beläggning med krom, guld och silver. Det klassiska nickelbadet är baserat på nickelsulfat, nickelklorid och borsyra (Watts lösning). Andra förekommande lösningar är baserade på nickelklorid, nickelsulfat och/eller nickelsulfamat. Nickelkoncentrationen i baden ligger runt 75 g/l.

Nickelbad arbetar normalt vid ca 60 °C. På grund av den höga temperaturen är avdunstningen stor. Genom användning av lämplig sköljteknik (se kapitel 6.1) kan mycket av utdragsförlusterna återföras.

Vid återföring av utdragsförlusterna kommer nickelhalten i nickelbadet ofta att stiga (p. g. a. skillnaden i anodisk och katodisk verkningsgrad). När nickelhalten blir allt för hög, måste en

del av badet tappas av och ersätts med vatten. Överskottet av nickelbad måste renas, exempelvis genom elektrolys och/eller kemisk fällning. En alternativ metod är användning av olösliga anoder (i kombination med de vanliga nickelanoderna) i nickelbadet, varvid skillnaderna i verkningsgrad kan elimineras.

6.4.3 Elektrolytisk förkromning

Såväl hård- som dekorativ förkromning förekommer. Vid dekorativ förkromning appliceras ett tunt kromskikt på en yta som tidigare belagts med en annan metall, vanligen nickel. Hårdförkromning avser att ge en hård och slitstark yta, t.ex. på kolvränger. Detta åstadkommes genom att ett tjockt kromskikt läggs direkt på grundmetallen. Elektrolyten är baserad på kromsyra (6-värda kromater) och svavelsyra. Halten kromsyra är mellan 150 och 400 g/l. Dekorativ förkromning kan även utföras i bad baserade på 3-värda kromater.

Krombaden arbetar vid 30–60 °C. Att elektrolyten är varm gör att sköljvatten kan användas som ersättning för avdunstningsförlusten. Avdunstningen kan ökas med kylindunstare, som samtidigt får kyla processbadet och rena utsugningsluften. (Se kapitel 8.3.3.6).

Elektrolytisk förkromning är en metod med lågt strömbyte, vilket innebär att en stor del av strömmen förbrukas för sönderdelning av vattnet till syr- och vätgas. Detta kan ge upphov till en aerosol, bestående av badvätska. Denna aerosol kan begränsas eller helt elimineras genom:

- användningen av skumbildande tensid
- "kromfälla"
- våtskrubber.

Genom att tillsätta en starkt skummande tensid, erhålles ett "lock" på processbadet, där aerosoler fastnar. Kan denna metod inte användas är det normalt med en "kromfälla", en droppfångare där aerosoler avskiljs mekaniskt. Andra metoder är kylindunstare (se ovan) eller våtskrubber.

Vid slutning av förkromningsprocesser stiger halterna av föroreningar i krombaden. Det är nödvändigt att dessa avskiljs för att inte halterna skall bli för höga. Krombaden är känsliga för klori-

der. Om sådana kommit in i processbaden kan de fällas med silver, vilket dock är dyrt. Toleransen mot positiva metalljoner som järn, koppar och zink är ganska hög. Om halterna stiger över vad man kan acceptera kan selektiv rening ske med katjonbytare. I allmänhet räcker det om sparsköljkaren efter baden renas så att de oönskade metalljonerna inte återförs. Det är betydligt lättare att jonbyta kromsyra i sparsköljar med dess lägre koncentration än i processbadet.

6.4.4 Elektrolytisk förkoppling

Det finns flera typer av elektrolytiska förkopplingsbad. Cyanidbaserade alkaliska processbad används vid förkoppling av pressgjuten zink och som ett första skikt vid förkoppling av stål.

Svavelsyrabaserade sura processbad används för att erhålla tjockare skikt med hög glans och ytutjämnig. I mindre grad används bad baserade på pyrofosfater och flourborat.

Alkaliska cyanidfria processbad kan ersätta de cyanidbaserade, dock inte vid förkoppling av pressgjuten zink.

Förutom ovannämnda kemikalier kan det förekomma bad- ingredienser som ammoniak, trietanolamin och rochellesalt (kaliumnatriumtartrat).

6.4.5 Elektrolytisk förtenning

Elektrolytisk förtenning sker vanligen i alkaliska cyanidfria eller sura bad. Tidigare dominerade alkaliska cyanidfria baden som ger en matt till halvblank yta. Denna yta kan genom omsmältning i varm olja bli blank.

Idag dominerar de sura processbaden som ger en halvblank till blank yta beroende på typ av glansbildare.

Tenn är en metall vars användning förväntas öka kraftigt i framtiden beroende på goda korrosionsegenskaper och låg toxicitet.

6.4.6 Elektrolytisk kadmiering

På grund av den höga toxiciteten infördes ett förbud mot att använda kadmium och kadmiumföreningar för ytbehandling från och med den 1 juli 1982. Dispenser förekommer emellertid inom

flyg- och försvarsindustrin, där man av säkerhetsskäl eller på grund av gamla licenskrav fortfarande använder kadmiering.

Kadmiumbeläggning används som korrosionsskydd för stål, koppar, mässing och andra legeringar. Elektrolyten är en alkalisk kadmium- och natriumcyanidlösning. Badtemperaturen kan vara från rumstemperatur upp till ca 35 °C. Kadmiering kan för vissa användningsområden ersättas av elektrolytisk förzinkning eller vakuumpapplicerad aluminium. Att kadmiering fortfarande förekommer beror bl.a. på att denna anses skydda bättre mot spaltkorrosion samt att risken för väteförsprödning är mindre. Kadmium är till viss del även självsörjande och anses också vara lättare att löda.

6.4.7 Elektrolytisk beläggning med mässing

Mässing, som är en legering av koppar och zink, kan fällas ut elektrolytiskt. Mässing används som dekorativ ytbehandlingsmetod, oftast på ett underlag av nickel. Bad av denna typ är cyanidbase-erade, alkaliska. Mässing kan även fällas ut från sura bad, beläggningen är då matt och används främst för tekniska ändamål, exempelvis för ytbehandling av ståltråd, avsedd för däckstillverkning.

6.5 Kemisk metallbeläggning

Kemisk metallbeläggning sker främst på metaller, men även på glas och plast. De mest använda metallerna är koppar och nickel (kemkoppar, kemnickel, electroless). Processbaden innehåller förutom metallsalter även reduktionsmedel som reducerar metaljonen till dess grundform, komplexbildare som håller metallen löst samt andra kemikalier som ökar badets livslängd och stabilitet.

Kemisk förkoppling används t.ex. för att lägga kopparskikt på plastlaminat vid mönsterkortstillverkning och för förkoppling av bl.a. svetsråd vid tråddragning.

Kemisk förnickling kan i vissa sammanhang ersätta elektrolytisk förnickling.

På grund av hög halt komplexbildare kan det vara nödvändigt

att behandla både processbad och sköljvatten från kemisk metallbeläggning separat.

6.6 Termisk metallbeläggning

Termisk metallbeläggning innefattar metoderna varmdoppning och termisk sprutning. Under detta kapitel beskrivs även påläggssvetsning.

6.6.1 Varmdoppning

Varmdoppning innebär att ett föremål doppas ner i en smält metall som därvid bildar en ytbeläggning på föremålet. Den vanligaste varmdoppningsmetoden är varmförzinkning, som används för rostskydd. Övriga metaller som kan varmdoppas är t.ex. en zink-aluminiumlegering (Aluzink), som används för kontinuerlig beläggning av byggplåt vid en anläggning i Sverige samt tenn, som förekommer vid några enstaka anläggningar. Tenn avsedd för varmdoppning innehåller ofta stora mängder bly.

För miljövårdsåtgärder vid varmförzinkning hänvisas till Naturvårdsverkets Allmänna Råd 97:4, Varmförzinkning.

6.6.2 Termisk sprutning

Termisk sprutning innebär applicering av metaller och legeringar, samt även keramer och plaster, i smält eller halvsmält form på en yta. Det sprutade materialet tillförs i form av tråd eller pulver till en värmekälla som kan vara en gaslåga, ljusbåge eller plasmastråle.

Genom termisk sprutning kan man lägga på t. ex. hårda, slitstarka och/eller korrosionshårdiga skikt på ett grundmaterial. Man kan bygga upp en ytbeläggning med en tjocklek varierande från ca. 0,1 till 25 mm. Ytbehandlingen kan utföras på plats och oberoende av föremålets storlek.

Miljöpåverkan vid termisk sprutning sker genom spridning av stoft från sprutningen. Anläggningar för termisk sprutning och andra dammande eller rykande processer bör förses med utrustning för uppsamling och filtrering av stoft. Utgående stofthalt bör

som riktvärde ej överstiga 10 mg/m³, nrg. Se även kap. 5.2.3, Rök och stoft.

6.6.3 Påläggssvetsning

Genom påläggssvetsning kan en metallyta liksom vid termisk sprutning beläggas med ett skikt för att erhålla önskade egenskaper eller för att laga skadade ytor.

Den svetsrök som uppkommer är i första hand ett arbetshygieniskt problem, men vid stationära anläggningar för svetsning bör uppsamling och rening av svetsrök övervägas.

6.7 Mekanisk metallbeläggning

En mekanisk metod för metallbeläggning är trumling med metallpulver. Se även kapitel 6.9.3, trumling.

Genom trumling med tillsats av ett metallpulver kan ett tunnt metallskikt "hamras" in i ytan. Ett användningsområde för denna metod är t.ex. förzinkning för korrosionskydd av höghållfasta skruvar, där annan typ av ytbehandling medför risk för s.k. väteförsprödning.

Avloppsvatten från mekanisk metallbeläggning kan innehålla metaller både i löst form och partikelform, samt olika tillsatskemikalier.

6.8 Ytbeläggning i vakuum

De ytbeläggningsmetoder som utförs i vakuum är fysikalisk vakuumytbeläggning (PVD) och kemisk vakuumytbeläggning (CVD). Dessutom utförs jonimplantation för ythärdning i vakuum.

Vid fysikalisk vakuumytbeläggning överförs beläggningsmaterial i gasfas och kondenserar på substratet. Vid kemisk vakuumytbeläggning sker en kemisk reaktion på en uppvärmd substratyta. Vid jonimplantation accelereras atomer mot en yta och kan tränga in upp till ca. 2 µm i substratet.

Vanliga tillämpningar av ytbeläggning i vakuum är metallisera-

de strålkastarreflektorer och andra plastdetaljer som får ett metalliskt utseende, men även ytbehandling av t.ex. optisk utrustning (linser och filter), elektronik och verktyg förekommer.

Då ytbehandlingen utföres i vakuum blir påverkan på den yttre miljön ringa.

6.9 Övriga processer

6.9.1 Elektrolytisk polering (Elpolering)

Elpolering innebär att man på elektrolytisk väg åstadkommer ett angrepp på metallytor som resulterar i att dessa blir jämnare och får högre glans. Det är främst rostfritt stål, men även gods av mäs-sing och koppar som elpoleras. Det gods som skall poleras kopp-las som anod. De flesta metaller kan poleras i koncentrerade sura lösningar av olika sammansättningar. Koppar och kopparlegering-ar poleras ofta i en elektrolyt baserad på fosforsyra, med tillsats av alifatiska alkoholer. Nickel kan poleras i lösningar med fosforsyra och/eller svavelsyra.

Elpolering påminner mycket om elektrolytisk betning, med den skillnaden att poleringen sker under mycket kontrollerade förhållanden (lösningens sammansättning, temperatur, strömtät-het, tid). De främsta fördelarna med elpolering är att godset får stort motstånd mot korrosion och nötning, låg ytfriktion, hög yreflektion samt bra förmåga att ge fäste åt andra metaller vid elektrolytisk metallbeläggning.

Processbad och sköljvatten från elektrolytisk polering innehåller förutom ingående kemikalier lösta metaller från det polerade godset. För rostfritt stål innebär detta förutom järn även nickel och krom.

6.9.2 Avmetallisering (Stripping)

Kemisk avmetallisering används för att avlägsna applicerade metallskikt. Avmetalliseringsbadet innehåller vanligen oxidations-medel, syror (svavelsyra, saltsyra, salpetersyra, fosforsyra) samt höga halter av komplexbildare. Avmetallisering kan även ske i alkaliska bad.

Elektrolytisk avmetallisering är ett alternativ till kemisk avmetallisering, dessa bad är ofrast fria från komplexbildare och avlägsnad metall kan i vissa fall återvinnas.

Det förekommer att man avkromar i elektrolytiska avfettningsbad (anodisk avfettning), vilket kan medföra höga halter av sexvärt krom i badet. Vid behandling av avfettningsbadet kan det bli nödvändigt med reduktion av det sexvärda kromet.

Komplexbildarhalter högre än 100 mg/l kan ge kraftiga störningar på metallhydroxidutfällningen i konventionella reningsanläggningar. Komplexbildarhalter under 10 mg/l stör oftast inte utfällningen. Halter mellan 10 och 100 mg/l kan störa fällningsprocesser i varierande grad. Processbad med höga komplexbildarhalter bör ej behandlas tillsammans med övrigt avloppsvatten.

6.9.3 Trumling

Trumling används bl.a. för att avlägsna grader, avrunda kanter samt ta bort glödskal och oxider hos föremål. Trumling kan även tillämpas vid mekanisk metallbeläggning, se kapitel 6.7. För små detaljer som brickor, skruvar, muttrar, etc. är trumling i allmänhet den mest ekonomiska metoden för rengöring och ytbehandling.

De föremål som skall trumlas placeras i en roterande trumma eller vibrerande behållare. Föremålen bearbetas mekaniskt då de nöts mot varandra eller genom nötning mot ett tillsatt slipmedel. Trumlingen kan utföras våt eller torr. Vid våtrumling, som är vanligast, används vatten eller olja med tillsats av kemikalier och slipmedel.

Slipmedlet kan t.ex. bestå av aluminiumoxid, kiselkarbid, stål-kulor, korund, granit, kalksten eller kvarts.

Trumlingsvätskor kan ha ett pH-värde varierande mellan 1 och 14. Sura vätskor kan användas för borttagning av glödskal och rost. Vissa rostskyddsmedel som används i trumlingsvatten innehåller kromsyra.

Uppkommet trumlingsvatten och sköljvatten efter trumling innehåller förutom ingående kemikalier även eventuellt metaller, lösta eller i partikelform, samt slipmedelsrester.

6.9.4 Härdning

Genom värmebehandling kan man erhålla olika kombinationer av hårdhet och seghet hos stål och gjutjärn. Vissa aluminiumkvaliteter kan också (utskiljnings)härddas. Härdningsprocessen innebär att materialet värms upp till en bestämd temperatur och sedan kyls med en bestämd hastighet till rumstemperatur, ibland etappvis med varmhållning en viss tid vid en viss temperatur. Härdningstemperatur, eventuell varmhållningstemperatur och kylhastighet är beroende av materialet och önskade egenskaper.

Uppvärmningen sker i ugn, i luft eller med skyddsgasatmosfär. Skyddsgas används dels för att undvika oxidation av detaljernas ytor och dels för att skapa olika typer av ytskikt genom indiffusion av av kol och/eller kväve. Skyddsgasen kan bestå av olika blandningar av väte, koloxid, kvävgas och ammoniak. Användning av saltbad innehållande nitriter, nitrater och klorider förekommer men i liten och minskande omfattning.

Kylningen kan ske i olja, polymerlösningar eller vatten. Gaskylning, virvelbädd och svalning i luft förekommer i mindre omfattning.

Påverkan på yttre miljö samband med härdning kan vara utsläpp av oljedimma till luft från kylning i olja samt koldioxid från förbränning av skyddsgasen. Utsläpp till vatten består i förekommande fall av sköljvatten innehållande bl.a. tvättmedelsrester, olja samt eventuella saltrester.

7. Val av processer och kemikalier

FÖR ATT ÅSTADKOMMA MILJÖFÖRBÄTTRINGAR vid ytbehandling är det, förutom en fungerande och välskött reningsanläggning, viktigt att välja rätt processer och kemikalier. Långsiktiga och avgörande miljöförbättringar kan starta redan vid materialvalet.

7.1 Val av material

Eftersom ytbehandlingen är en metod att förändra egenskaperna hos ett grundmaterial, börjar möjligheterna att begränsa miljöpåverkan redan vid valet av grundmaterial. Om rostskydd av en stålkonstruktion är anledningen till ytbehandlingen kan man genom att välja ett annat material helt eller delvis eliminera den oorganiska ytbehandlingen.

Exempel på grundmaterial som alternativ till stål är:

- Aluminium
- Rostfritt stål
- Plast
- Gummi
- Trä

Vid bedömningen av en ytbeläggningsmetod bör man även ta med frågor som rör den övergripande miljöpåverkan av processen, t.ex:

- Resursförbrukning; tillgången av en metall, energiförbrukning och miljöpåverkan vid brytning och framställning.

- Spridning av metaller och andra ämnen vid användning av produkten. Se avsnitt 5.2.6, Miljöpåverkan vid användning av ytbehandlade produkten.
- Ytbeläggnings påverkan på möjligheten att återvinna grundmetallen vid skrotning av produkten. Se avsnitt 5.2.7, Återvinning av ytbehandlat gods.

En bedömning med avseende på dessa frågor kan göras t.ex. i en livscykelanalys (LCA) av en produkt.

7.2 Val av processer

Några av de faktorer som styr valet av ytbehandlingsmetod är följande:

- Grundmaterial
- Specifikationer
- Dekorativa krav
- Funktionella krav
- Automatiseringspotential
- Miljö- och hälsoeffekter
- Kostnader

Normalt väljs en metod som optimerar ovanstående faktorer, men givetvis är det svårt att tillgodose alla önskemål. Kundens behov väger naturligtvis tungt, så det är en fördel när flera kunder nu även börjar ställa krav på miljöanpassning.

7.2.1 Bly, kadmium och kvicksilver

Av alla de organiska och oorganiska ämnen som används vid ytbehandling är det, som tidigare nämnts, de oorganiska och där främst metallerna, som är mest kända och i allmänhet väl dokumenterade.

Bly, kadmium och kvicksilver är mycket giftiga och dessutom bioackumulerbara, av denna anledning har ytbehandlingsmetoder där dessa metaller ingår minskat eller upphört helt.

Ytbeläggning med bly används idag endast inom några få områden där krav på korrosionskydd är höga eller för att eliminera statisk elektricitet (bränslesystem). Blybeläggning används även

vid tillverkning av blyackumulatörer.

Att kadmiering fortfarande förekommer beror på specifikationer inom flyg- och försvarsindustri. Att förändra en sådan specifikation tar normalt tio år eller mer. I USA används kadmiering inte längre vid tillverkning av ny utrustning inom försvarsindustrin. Vid renovering av utrustning används dock fortfarande kadmiering om så var fallet från början.

Ytbehandling med kvicksilver (t.ex. brännförgyllning) används inte längre.

Bly och kadmium kan även förekomma som föroreningar i andra metaller, t.ex. zink. Det är därför viktigt att man vid val av råvaror väljer sådana med mycket låga föroreningshalter.

7.2.2 Cyanid och sexvärt krom

Användningen av processer innehållande cyanid och sexvärt krom har minskat kraftigt genom övergång till processer med lägre innehåll av dessa ämnen, eller processer baserade på alternativa kemikalier. De används dock fortfarande bl.a. på grund av att:

- Befintlig produktionsutrustning inte går att anpassa till nya processer.
- Ytbehandlingen styrs av specifikationer, t.ex. inom bil- och flygindustri.
- De nya alternativa processerna är inte till alla delar fullt likvärdiga de äldre.

Användningen av både cyanid och sexvärt krom är i första hand ett arbetsskyddsproblem. Cyanid är mycket toxiskt i vatten och kan ge upphov till dödliga gaser vid felaktig hantering. Sexvärt krom är toxiskt i vatten och är allergent och cancerogent i luft.

Cyanid används framför allt som komplexbildare vid elektrolytiska processer. Fördelen med cyanidbaserade processer är att cyaniden är relativt lätt att oskadliggöra. Detta sker t.ex. genom oxidation i ett speciellt reningssteg, se avsnitt 8.1.4, Behandling av cyanidhaltigt vatten. När andra komplexbildare används finns de kvar i avloppsvattnet i reningsanläggningen och kan störa metallutfällningen.

Vid byte från cyanidbaserade processer till cyanidfria är det där-

för viktigt att undersöka att det inte medför ökat metallutsläpp.

Sexvärt krom reduceras till trevärt i ett speciellt reningssteg i reningsanläggningen. Detta är en relativt enkel process som föregår t.ex. metallhydroxidutfällningen, se avsnitt 8.1.5, Behandling av kromhaltigt vatten.

För en del användningsområden finns det idag processer med trevärd krom i stället för sexvärd. Med tanke på det sexvärda kromets egenskaper är detta en fördel ur inre miljösynpunkt. För den yttre miljön innebär detta inte någon större miljövinst; sexvärt krom är mer akuttoxiskt än trevärt i vatten, men det trevärda kromet har andra obehagliga egenskaper, t.ex. att det koagulerar proteiner (Jfr. kromgarvning av läder). Ur yttre miljösynpunkt bör det totala utsläppet av krom minimeras.

7.3 Val av kemikalier

I Produktregistret finns upp emot 1000 produkter registrerade under rubriker som "metallytbehandlingsmedel", "betningsmedel", etc. Ungefär hälften är registrerade som avfettningsmedel. En jämförelse mellan produktlistorna och de olika kemikalielistor som finns framgår att ett antal potentiellt miljöfarliga kemikalier används inom ytbehandlingsbranschen. De flesta är metaller och metallföreningar men även organiska produkter förekommer.

Naturvårdsverkets rapport, Verkstadsindustrins kemikalier, redovisar dessa produkter.

7.3.1 Komplexbildare

Komplexbildare används för att hålla metaller i lösning i t.ex. avfettningsbad och metallbclägningsbad. Exempel på komplexbildare, förutom cyanider är: ammoniak, aminer glukonsyra, glukonater, oxalater, citronsyra, vinsyra, natriumacetat, fosfater, NTA (nitrilotriacetat), EDTA (etendiamintetraacetat) och ADPA (acetodifosfonsyra).

I PARCOM-rekommendationen jämförs EDTA i toxiskt hänseende med cyanid, kadmium och nonylfenoletoxylater, vilket idag kan anses något överdrivet. Av miljöhänsyn kan dock glukonater, vinsyra, citronsyra och oxalater vara ett bättre val än EDTA,

NTA, ADPA, cyanider och ammoniak. Fosfater har även en eutroferande effekt.

Komplexbildare är viktiga ur process teknisk synpunkt och det största problemet de medför är risk för förhöjda metallhalter i utgående avloppsvatten p.g.a. att de försvårar metallutfällningen. Se avsnitt 8.1.3, Hydroxidfällning av metallhaltigt vatten.

7.3.2 Tensider

Det finns ett tusental tensider med olika kemisk struktur. Dessa kan delas in i fyra principiellt olika typer: anjoniska, nonjoniska, katjoniska och amfotära tensider. De anjon- och nonjonaktiva tensiderna har "tvättmedelsverkan" och är de klart dominerande inom ytbehandlingsindustrin.

Den mest använda gruppen är linjära alkarylsulfonater (LAS), som är anjontensider. Nonjonaktiva tensider är t.ex. alkylfenoletoxylater (AFE) och alkoholetoxylater.

Tensiderna är en stor och inhomogen samling ämnen och egenskaperna är inte klarlagda för alla grupper. Allmänt är de mer svårnedbrytbara ju mer grenade kedjorna är. Vissa grupper som har visat sig vara speciellt miljöfarliga är nonylfenoletoxylater (NFE) och kvartära ammoniumföreningar.

Målet i Sverige är att användningen av nonylfenoletoxylater skall ha upphört år 2000, genom frivilliga åtgärder.

7.3.3 Glansbildare

Glansbildare är samlingsbeteckning på en ett stort antal ämnen som tillsätts processbadet i mycket små mängder. De kan vara t.ex. alkoholer, aldehyder, metaller eller bensenderivat. Några av de vanligaste inom ytbehandling är sackarin, kristalos (natriumsalt av sackarin) och butindiol.

Många av de ämnen som ingår i bereckningen glansbildare kan även förekomma under andra beteckningar, som t.ex. spänningsminskare och ytutjämnare.

Ämnena används i så låga halter, normalt mindre än 25 g/m³ (mg/l), att riskerna för miljöpåverkan är små. Leverantörens risk- och innehållsdeklarationer bör dock konsulteras för att identifiera eventuella miljöfarliga ämnen.

7.3.4 Fällnings- och flockningskemikalier

Fällningskemikalier används i reningsanläggningen för att underlätta utfällningen av metallhydroxider. Vanligen fällningsmedel är CaCl_2 , FeCl_3 , FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ och AlCl_3 .

Fällningsmedel tillsätts med ca. 100 g/m^3 , de tillförda metallerna fälls ut som hydroxider.

Flockningsmedel tillsätts för att få de utskilda hydroxidpartiklarna att klumpa ihop sig till större flockar som kan sedimentera. Detta är den känsligaste delen i vattenreningsprocessen och kan lätt störas av variationer i koncentration, flöde, temperatur, m.m. Flockningsmedlet består normalt av organiska polymerer av anjonisk typ, som tillsätts i en mängd av $10\text{--}15 \text{ g/m}^3$.

8. Reningsteknik

8.1 Konventionell reningsteknik

8.1.1 Allmänt

DE FLESTA RENINGSANLÄGGNINGAR inom yrbehandlingsindustrin är konstruerade som *våtkemiska fällningsanläggningar*. Metallinnehållet i avfallsvatten fälls ut som *svårslösliga metallhydroxider*.

Det finns anläggningar för satsvis rening och för kontinuerlig rening vid genomströmning.

Satsvisa behandlingar lämpar sig bäst för rening av mindre volymer (mindre än ca 10 m³/dygn). Fördelen är att behandlingen kan upprepas om den misslyckas. Nackdelarna är framför allt att det krävs stora lokalutrymmen vid stora vattenvolymer.

Anläggningar av genomströmningsryp är vanligast. Vid en genomströmningsanläggning måste alla processvariabler hela tiden vara under kontroll för att reningseffekten skall bli bra.

8.1.2 Ledningsseparering och allmänt om reningsanläggningens utformning

Vilken reningsteknik som behövs för ett avloppsvatten bestäms i huvudsak av vilka föroreningar som finns i vattnet. Ett vatten som innehåller flera olika föroreningar är oftast svårare att behandla än ett vatten som innehåller endast en typ av förorening. Det är därför viktigt att avloppsvatten hålls åtskilda med avseende på föroreningsinnehåll innan behandling av vattnet sker. Vatten som inte är förorenat (t.ex. rent kylvatten) bör inte blandas med det vatten

som skall behandlas.

Cyanidhaltiga, kromhaltiga samt sura och alkaliska metallhaltiga vatten bör ledas i separata ledningssystem fram till reningsanläggningen för att där behandlas i de olika reningsstegen. Kadmiumhaltiga vatten skall på grund av sin höga giftighet alltid behandlas separat för att optimal avskiljning skall kunna ske. Avloppsvatten innehållande höga halter komplexbildare (kopparsulfid m fl) måste hållas åtskilda från övriga vatten, då komplexbildaren annars kan störa övriga reningsprocesser. Olje- och fetthaltiga avloppsvatten som även innehåller metaller bör renas med avseende på olja före metallrening. Oljehaltigt vatten stör reningsprocessen vid hydroxidfällningen.

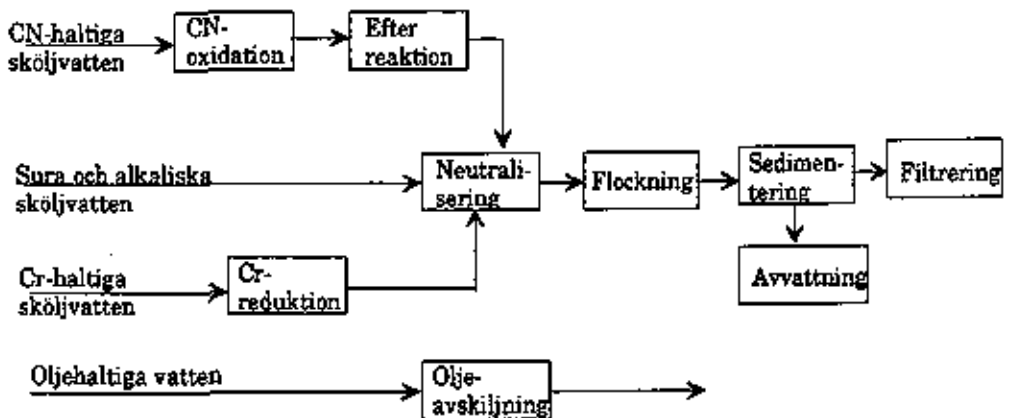


Fig. 6
Exempel på ledningsseparation vid reningsanläggning.

8.1.2.1 Avledning till kommunalt reningsverk eller recipient

Vatten som enbart innehåller olja och fett eller andra organiskt nedbrytbara ämnen bör efter förbehandling (t.ex. pH-justering) kunna ledas till kommunalt reningsverk med biologiskt behandlingssteg. Mineraloljehalten (opolära alifatiska kolväten) och avskiljbart fett bör inte överstiga 50 mg/l. Även fosfathaltiga skölvatten samt aluminiumhaltiga skölvatten från anodisering bör, om de ej innehåller andra metaller än järn, mangan och aluminium, kunna ledas till kommunala reningsverk.

I normalfallet bör dock det behandlade avloppsvattnet ledas direkt till recipient.

Kommunala reningsverk är utformade för att behandla de ämnen som finns i spillvattnet från hushåll, d.v.s. suspenderat material, lättnedbrytbart organiskt material, fosfor och i många fall kväve. Bakgrunden till detta är den kommunala skyldigheten enligt Va-lagen att ta om hand och rena avloppsvatten av hushållskaraktär. Annat avloppsvatten, inklusive industriellt avloppsvatten, har kommunerna ingen skyldighet att ta emot.

Det är ej heller någon självklarhet att avloppsvattnet från ytbehandling efter intern rening kan avledas direkt till recipient. Det bör vara en individuell prövning i varje enskilt fall och det är inte alla recipienter som tål någon ytterligare belastning.

Finns ingen lämplig recipient får man noga överväga de alternativ som står till buds: Införande av avloppsfri produktion eller anslutning till kommunalt reningsverk. Fördelen med anslutning till kommunalt reningsverk är ytterligare rening. Nackdelarna med detta alternativ är risk för störningar i reningsverket och skador på eller igensättning av ledningsnätet, samt att slammets användning inom jordbruket kan försvåras eller omöjliggöras. Avledning av avloppsvattnet till kommunal anläggning måste avgöras i samråd med den kommunala huvudmannen.

Oavsett hur avloppsvattnet från ytbehandlingsindustrin avleds, skall avloppsvattnet kontrolleras enligt fastställt kontrollprogram.

Icke förorenat vatten som kommer från industri, t.ex. kylvatten bör ej i onödan belasta ett kommunalt reningsverk utan ledas direkt till recipient eller dagvattennät. Detta vatten bör dock kontrolleras med avseende på metaller och andra föroreningar då och då.

8.1.2.2 Intern rening

Beroende på processavloppsvattnets innehåll av föroreningar vidtas olika behandlingsåtgärder. Förbrukade badkoncentrat bör behandlas satsvis separat men i övrigt på samma sätt som motsvarande skölvatten. Nedan redovisas de i dag använda metoderna samt de behandlingsresultat som kan förväntas.

Anläggningens utformning är ofta av stor betydelse för hur den sköts. Alltför ofta placeras reningsanläggningar i trånga otillgäng-

liga utrymmen, vilket kan medföra att kemikaliepåfyllningen blir besvärlig och att mätelektroder sitter svåråtkomliga. Rengöringen och kalibreringen av elektroder som mäter redoxpotentialen och pH är av avgörande betydelse för reningsresultater.

Det är viktigt att skötselinstruktioner finns och är lätt tillgängliga. De anställda vid reningsanläggningen och inom produktionen bör få regelbunden information och utbildning om hur reningsverket fungerar och om vilka konsekvenser en oförsiktig dumpning kan få för reningsverket och i värsta fall för recipienten och/eller det kommunala reningsverket.

Det är även viktigt att reningsanläggningens tillgänglighet (förhållandet mellan verklig drifttid och möjlig drifttid) hålls på en hög nivå. En god reservdelshållning minskar tidsåtgången vid driftavbrott. Pumpar, magnetventiler, membran till magnetventiler, pH-elektroder och annan för driften viktig utrustning bör finnas i reserv eller kunna levereras snabbt för att på kort tid kunna bytas ut. System för dosering, mätning och reglering kan också dubblas för att säkerheten skall ökas. Om beredskapen för att höja drifttillgängligheten är för dålig, kan konsekvensen bli att produktionen måste stoppas.

Vanligen förs processavloppsvattnet med självfall till det interna reningsverket för att därefter pumpas till de olika behandlingsdelarna. Det är dock nödvändigt att låta vattnet rinna med självfall från flockningssteget till slamavskiljningssteget. Den metallhydroxidflock som byggs upp störs om vattnet skulle pumpas.

Lamellsedimentering är känsligare för hydrauliska stötblastningar än konventionell sedimentering. Därför gäller det att välja utjämningsbassängens volym med omsorg och anpassa pumpkapaciteten efter det aktuella flödet. Detta kan åstadkommas med t.ex. varvtalsreglerade pumpar. En annan metod att utjämna flödesvariationerna är att vid hög tillrinning avbörda en del vatten till en uppsamlingstank, för att sedan vid lågt flöde pumpa in det igen.

Reningsanläggningen skall vara utrustad med larm för höga eller låga pH-värden i de olika reningsstegen. Larm skall även utlösas vid felaktigt redoxvärde t.ex. i cyandoxidationen eller kromatreduktionen, liksom då man får för låga eller höga nivåer i kemikalietankar och behandlingstankar.

Larm skall avges som separata optiska signaler på en larmlåda samt som akustiskt larm. Om larmet inte åtgärdas inom en viss tid skall ingående och utgående vattenflöde automatiskt stängas.

8.1.3 Hydroxidfällning av metallhaltigt vatten

8.1.3.1 Fällning

Genom justering av processavloppsvattnets pH till lämpligt värde utfälls lösta metaller som svårslösliga metallhydroxider. Optimalt fällnings-pH brukar ligga mellan 8,5 och 10. Det optimala pH-värdet kan fastställas genom prov.

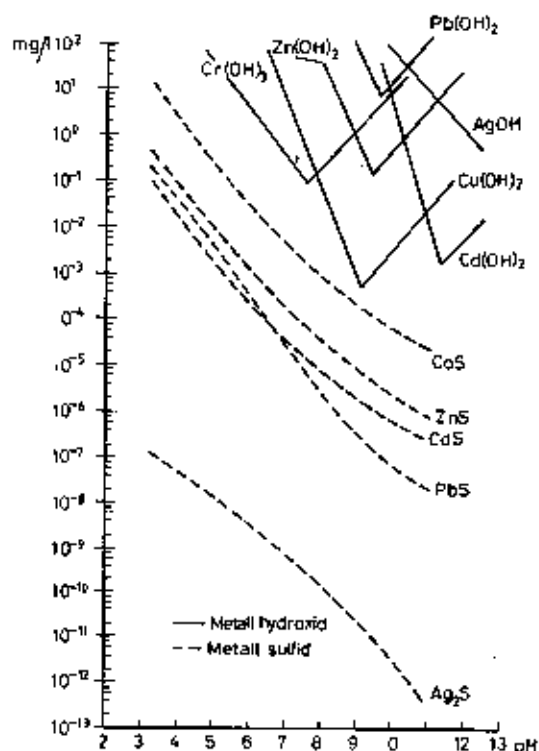


Fig. 7
Lösligheten för
några metall-
hydroxider vid
olika pH.

pH-justeringssteget bör dimensioneras så, att uppehållstiden blir minst femton minuter men normalt ej längre än 30 minuter, då risk annars finns för att flokken slås sönder. Vanligen används natriumhydroxid och svavelsyra för pH-justeringen. Som ett alternativ till natriumhydroxid används vid större anläggningar släckt kalk.

Kalk ger fördelar i form av bättre sedimenterings- och avvattningssegenskaper hos bildad metallhydroxid. Vidare minskar risken för återupplösning vid för högt pH (gäller exempelvis zink och krom). Nackdelen är att slamvolymen blir större, bl.a. genom bildandet av kalciumsulfat (gips) vid närvaro av sulfatjon. Fällning med kalk kan även medföra att halten suspenderade ämnen överstiger rekommenderade 10 mg/l, varför riktvärdet kan behöva justeras.

Om avloppsvattnet har stora variationer i flöde och pH bör pH-justeringen helst göras i två steg, en grov- och en finjustering.

För att tillräcklig avskiljningsgrad skall erhållas i efterföljande slamavskiljningssteg måste i allmänhet en polyelektrolyt (flockningsmedel) tillsättas. Polyelektrolyten leder till en förbättrad

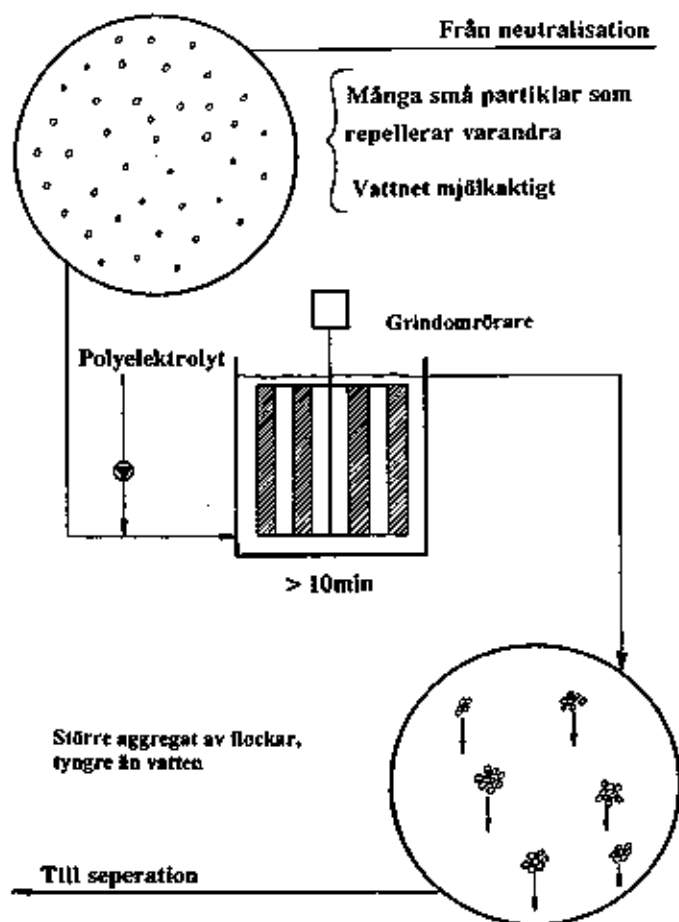


Fig. 8
Flockning av metallhydroxidinnehållande vatten.

flockbildning. Lämplig typ samt dosering bestäms efter praktiska fällningsprov.

En väl utformad flockningsdel är ofta en förutsättning för ett gott behandlingsresultat. Erforderlig flockningstid är 10–20 minuter. Flockningsresultatet blir bättre om flockningsutrymmet delas upp i fler kammare, detta för att undvika att vatten, där utfällningsreaktionen ej hunnit bli fullständig, passerar rakt igenom flockningssteget. Vid mindre anläggningar bör dock ett flockningssteg kunna accepteras. Det är viktigt att in- och utloppen samt omröraren utformas riktigt. Tillsatsen av flockningsmedel skall göras genom snabb inblandning mellan första och andra flockningstanken om flerstegsflockning används. Vid enstegsflockning sker inblandningen före flockningstanken.

Det är viktigt att vattnet från pH-justeringssteg till slamavskiljningssteg får rinna så jämt som möjligt, helst med självfall. Därigenom minskas risken för att flocken slås sönder.

8.1.3.2 Inverkan av komplexbildare

Utfällning av metallhydroxid störs ofta av komplexbildare. Komplexbildaren binder metalljonerna som därigenom förhindras att fällas ut.

Verkan av en komplexbildare är beroende av dess komplexkonstant och dess koncentration. Om starka komplexbildare har en koncentration överstigande 10–100 mg/l erhålles en tydligt störning av metallhydroxidutfällningen. Sådana starka komplexbildare är exempelvis fosfater, citronsyra och EDTA. Redan vid en koncentration av 20 mg/l ger dessa komplexbildare en sådan störning att särskilda åtgärder måste vidtas för att man skall få tillräckligt låga resthalter av metaller i behandlat avloppsvatten. Svagare komplexbildare som ammoniak, glukonsyra och glukonater bör inte ge märkbar störning vid de ovan angivna koncentrationerna.

I de fall komplexbildning stör metallhydroxidutfällningen kan följande behandlingstekniker användas.

- Separation av avloppssystem så att komplexbildarhaltigt vatten kan särbehandlas
- Utfällning av komplexbunden metall som sulfid

- Oxidering av komplexbildare exempelvis med hypoklorit
- Upptagning av metallkomplex på jonbytare
- Förträngning av tungmetalljon genom tillsats av exempelvis järn- och/eller kalciumjoner
- Reduktion (till metalloxid eller metall) genom tillsats av kraftigt reduktionsmedel
- Normalisering, vilket innebär att neutralisationen startar från den sura sidan

Ingen av de angivna metoderna är generell. Försök måste utföras vid varje enskild anläggning.

Komplexbildare stör även partikeltillväxten vid metallhydroxidutfällning. Partiklarnas ytladdning påverkas och bildandet av en utfällbar hydroxidflock kan i många fall förhindras.

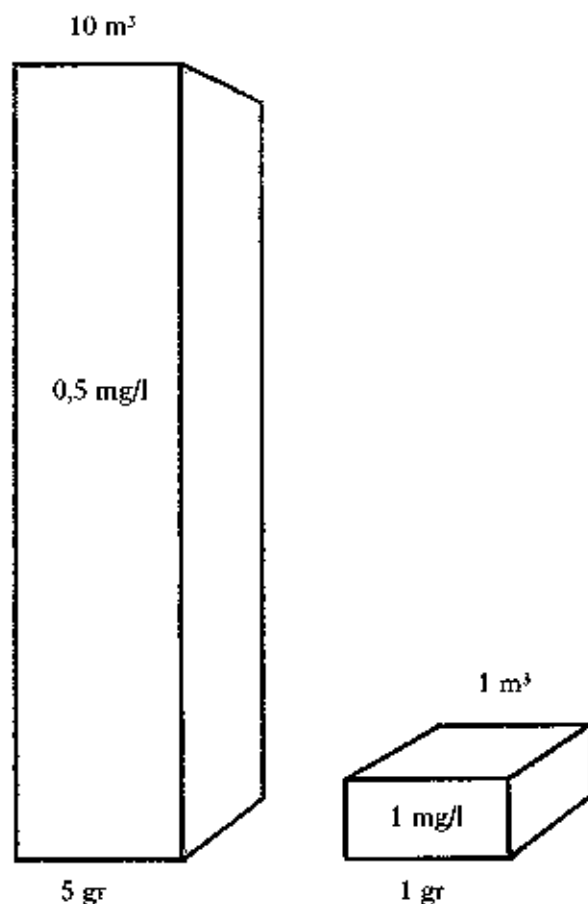


Fig. 9
Minskning av av skötvatten-
volymen jämfört
med minskning av
föroreningshalten.

8.1.3.3 Halter och mängder

Vid anläggningar där avloppsvattenmängderna väsentligt minskats genom vattenbesparande åtgärder, kan ingående halter till reningsanläggningen bli höga. Detta medför att själva reningsprocessen blir effektivare samtidigt som det kan vara svårare att nå låga utgående halter i avloppsvattnet.

Man minskar oftast *mängden* föroreningar lättare med vattenbesparande åtgärder än genom att ytterligare sänka redan ganska låga *halter* i utgående vatten.

Det optimala resultatet erhålls dock med en kombination av vattenbesparing och effektiv rening.

De riktvärden för metaller som rekommenderas i dessa Allmänna råd har skärpts för de flesta metaller jämfört med den förra versionen av Allmänna råd för ytbehandlingsbranschen, för att anpassas till den tekniska utvecklingen och Pariskommisionens rekommendationer. Se avsnitt 8.2.3, Utsläppsvärden. Dessa riktvärden kan vara svåra att uppnå genom konventionell metallhydroxidfällning. Ytterligare åtgärder för rening beskrivs dels i kapitel 8.2, Förbättrad end-of-pipe-rening och kapitel 8.3, Avloppsfria och slutna anläggningar.

8.1.4 Behandling av cyanidhaltigt vatten

Cyanidhaltigt vatten behandlas normalt genom oxidation vid pH över 11 med natriumhypoklorit. Andra sätt att oxidera cyanid är elektrolytiskt eller med väteroxid.

Natriumhypoklorit

Konventionell behandling av cyanidhaltiga processavloppsvatten, dvs med natriumhypoklorit eller klorgas, ger i allmänhet låga resthalter cyanid. Metoden fungerar dåligt för järn-, nickel- och silvercyanidkomplex. Det bör dock påpekas, att järn- eller nickel normalt inte ingår i cyanidhaltiga avloppsvatten.

Ett kontinuerligt arbetande behandlingssteg för cyanid består av två delar – blandningsdel och efterreaktionsdel. Blandningsdelen bör ha en uppehållstid på minst 15 minuter. Efterreaktionsdelen bör normalt ha en uppehållstid på minst 45 minuter.

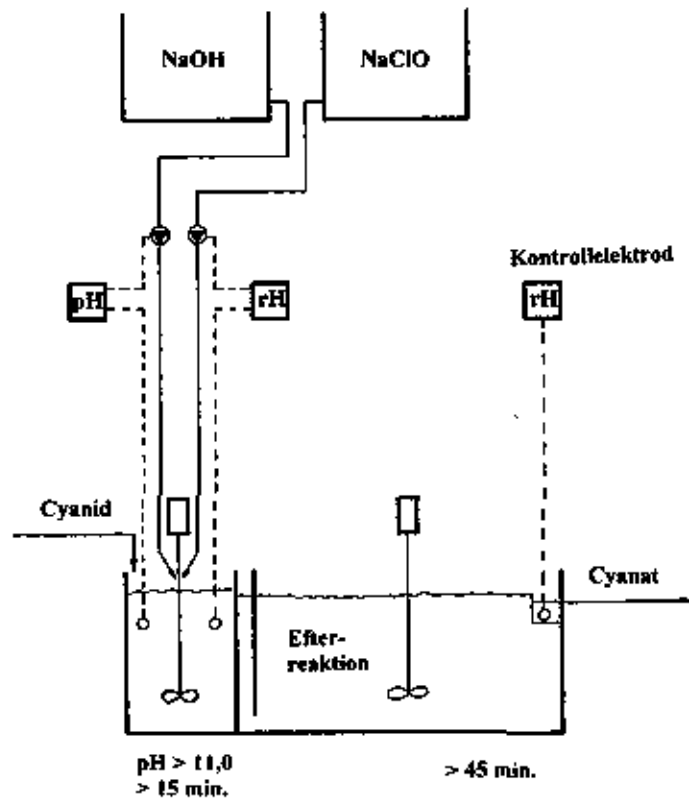


Fig. 10
Anläggning för cyanid-
oxidation med natrium-
hypoklorit.

I de fall cyanidhalten är hög (>100 mgCN/l) behandlas vattnet ofta elektrolytiskt före hypokloritoxidationen. Sådana koncentrat kan erhållas i form av förbrukade bad och eluat från jonbytesanläggningar. Direkt hypokloritdosering ger vid dessa cyanidhalter problem med värmeutveckling (och risk för att klorcyan avgår som gas).

Elektrolytisk oxidation

Vid elektrolytisk behandling av metallinnehållande bad, kan en nedbrytning av cyanider ske parallellt med utfällning av metall. Metoden är dock mindre effektiv vid cyanidhalter under 50–100 mg/l.

Väteperoxid

Förbrukade bad innehållande cyanider kan även behandlas med väteperoxid. Metoden lämpar sig bäst för satsvis behandling på grund av svårigheterna att instrumentstyra processen.

Nedbrytningen är svår att driva under ca. 10 mg/l och en resthalt av cyanid måste oxideras med annat oxidationsmedel (natriumhypoklorit).

Utsläppsvärden

- I en väl fungerande och riktigt utformad anläggning för cyanidoxidation ligger halten fri och total cyanid i utgående vatten normalt under följande värden:

Fri cyanid	0,1 mg/l
Total cyanid	1,0 mg/l

Anmärkning

PARCOM rekommenderar att cyanidoxidationen inte skall utföras med natriumhypoklorit på grund av risken att det bildas giftiga klorerade organiska ämnen. Detta är möjligt i satsvis arbetande anläggningar men inte i kontinuerliga genomströmningsanläggningar. Ett alternativ är att övergå till cyanidfria processer.

8.1.5 Behandling av kromhaltigt vatten

Sexvärt krom reduceras till trevärt för att möjliggöra utfällning som kromhydroxid. Som reduktionsmedel används ofta natriumbisulfit. Vid några få anläggningar används järn (metalliskt Fe eller Fe^{2+}) eller svaveldioxid som reduktionsmedel.

Reaktionens hastighet är högst i sur miljö, pH inställs på ett värde under 2,5. Reaktionen med bisulfit eller svaveldioxid kan styras och kontrolleras med hjälp av redoxelektroder. Genomströmningsanläggningar dimensioneras i allmänhet med en uppehållstid av 15 minuter.

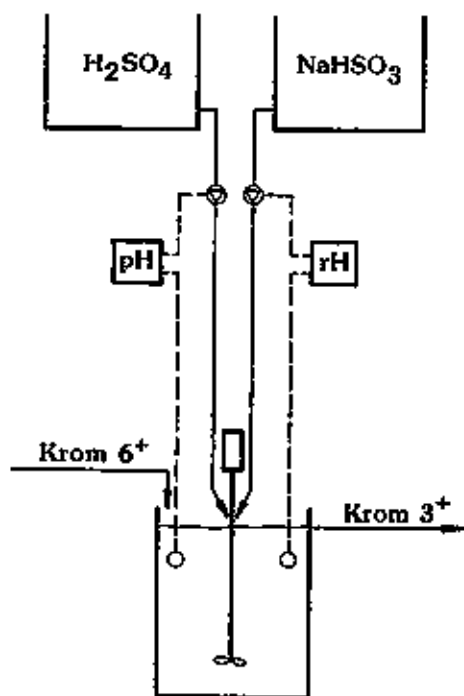


Fig. 11
Anläggning för kromat-
reduktion med natrium-
bisulfit.

pH < 2,5

> 15 min

Reduktion av kromat med natriumbisulfit eller svaveldioxid brukar sällan förorsaka problem. Emellertid finns risk för reoxidation av 3-värd krom till 6-värd kromat. Vid kloröverskott från exempelvis en felaktigt styrd cyanidoxidation eller om vattnet innehåller väteperoxid kan en sådan oxidation ske då vattnen från cyanidoxidationen och kromatreduktionen blandas. Sammanfattningsvis gäller att reoxidation av 3-värd krom normalt inte är något problem vid rätt intrimmade reningsanläggningar. Till detta bidrar det normalt förekommande överskottet av reduktionsmedel, som i första hand reagerar med eventuellt överskott av oxidationsmedel.

Kromatreduktion kan också ske med natriumhydrosulfit (ditiomit) eller sulfinsyra i alkalisk miljö. Dessa reaktioner är mindre beroende av pH-värdet än vad fallet är vid reduktion med bisulfit eller järn (Fe eller Fe²⁺). Reduktion med natriumhydrosulfit är svårare att instrumentstyra.

Utsläppsvärden

- I en väl fungerande och riktigt utformad anläggning för kromatreduktion ligger halten sexvärt krom i utgående vatten normalt under 0,1 mg/l

8.1.6 Behandling av nitrithaltigt vatten

Vatten som leds till små recipienter där risk för giftverkan och syrebrist föreligger bör genomgå behandling med avseende på nitrit. Vanligen behandlas dessa vatten genom oxidation av nitrit till nitrat med hjälp av natriumhypoklorit. Reaktionen är snabbast vid pH omkring 4. Reaktions tiden är då ca 10 minuter. Reaktionen kan övervakas och styrs med hjälp av redoxelektroder.

8.1.7 Behandling av fluoridhaltigt vatten

Fluorid behandlas vanligtvis genom fällning med kalk. Tillsats av kalciumklorid ökar mängden fria kalciumjoner tillgängliga för fluoridfällning. Det är möjligt att uppnå en resthalt på 10–20 mg/l.

Vid små recipienter eller vid låga naturliga fluoridhalter (50–100 µg/l) kan fluoridhalten sänkas ytterligare genom att i ett andra steg behandla lösningen med superfosfat, varvid svårslösligt kalciumfluorofosfat fällt ut. Restfluoridhalten kan med detta förfarande sänkas till 2–5 mg/l.

8.1.8 Behandling av fosfathaltigt vatten

Fosfat kan fällas ut som kalcium-, aluminium- eller järnfosfat. Fällning med kalk måste utföras vid relativt högt pH (10,5), medan utfällning av aluminiumfosfat bäst sker vid pH omkring 6. Järnfosfat utfälls vid pH 7–8. Vid flera anläggningar innehåller processavloppsvattnet redan från början tillräckligt med aluminium, järn eller andra tungmetaller för att fosfatreduktionen skall bli tillräcklig. Det är möjligt att minska halten fosfat till mindre än 1 mg/l.

Fosfathaltiga sköljvatten som endast innehåller järn, aluminium och/eller mangan bör kunna ledas till kommunala avloppsreningsverk. Koncentrerade bad bör behandlas vid anläggningen,

eller sändas till godkänd mottagare av farligt avfall för destruktion.

8.1.9 Behandling av avfettningsbad

För information om behandling av förbrukade avfettningsbad hänvisas till Allmänna råd 93:9 Avfettning av metall samt Allmänna råd 97:6, Verkstadsindustrins avfall, under produktion.

8.1.10 Behandling av organiska ämnen i vatten

En form av rening med avseende på organiska ämnen i vatten, som används på ytbehandlingsanläggningar, är filtrering med aktivt kol före jonbytare för att skydda framför allt anjonbytare från att kontamineras med "fel" joner.

Metoder för nedbrytning av organiska ämnen bygger på behandling med väteperoxid (H_2O_2) och UV-strålning, eventuellt kombinerad med ozonbehandling (O_3). Denna typ av behandling förekommer i mycket liten utsträckning på ytbehandlingsanläggningar i Sverige idag.

Se vidare kap. 5.2.2, Organiska ämnen, samt kap. 8.1.14, Behandling av oljehaltigt vatten.

8.1.11 Slamavskiljning

Slamavskiljning kan ske enligt tre huvudprinciper: sedimentering, flotation eller filtrering.

8.1.11.1 Sedimentering

Sedimentering är den vanligaste slamavskiljningsmetoden och vid ytbehandlingsanläggningar används oftast någon av följande bassängtyper.

- Horisontellt genomströmmad rektangulär bassäng
- Vertikalt genomströmmad cirkulär eller kvadratisk bassäng
- Radiellt genomströmmad cirkulärbassäng
- Lamellsedimenteringsbassäng

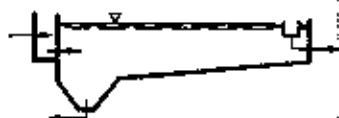
Sedimenteringsbassänger för metallhydroxidhaltigt vatten bör

dimensioneras för en ytbelastning av mindre än $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ och en uppehållstid av mer än 4 timmar. Dessa värden har ibland visat sig vara otillräckliga, speciellt i de fall utrustningen för flockning varit felaktigt utformad eller då det tillförda vattnet är varmare än det i bassängen (det varma vattnet "flyter" på det kallare).

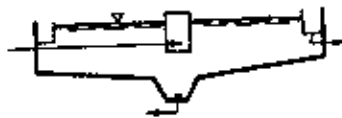
Den konformade vertikalt genomströmmade bassängen har, jämfört med den horisontellt genomströmmade bassängen, fördelen att sedimenterat slam samlas så att utpumpning enkelt kan ske. Den sistnämnda bassängstypen kräver i allmänhet skrapverk för slamtransporten, vilket fördyrar anläggningen. Väsentligt för sedimenteringsbassänger är att in- och utloppszonerna utformas så, att en jämn strömningsbild erhålls.

Det slam som sedimenterar måste tas bort successivt. Om slam lagras i bassängen, finns stor risk att metallutsläppet ökar på grund av dålig flockavskiljning och av att redan avskilt slam virvlas upp vid hög tillrinning. Det är därför viktigt att kontrollera slamnivån i bassängen ofta och avlägsna slammet vid behov. Mellanlagring av slam före avvattning sker lämpligen i särskild slamtank (slamförtjockare).

Rektangulär horisontalströmningsbassäng



Cirkulär horisontalströmningsbassäng



Rektangulär horisontal/vertikalströmningsbassäng



Cirkulär eller kvadratisk vertikalströmningsbassäng

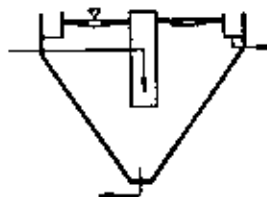


Fig. 12
Olika bassäng-
utformningar

Principen för lamellsedimentering bygger på att avloppsvattnet strömmar mellan snedställda skivor på vilka slammet sedimenterar och glider ned i en slamficka. Strömningsriktningen för slam- och vattenström kan vara motsatta (motströmsprincipen), sam-

manfalla (medströmsprincipen) eller vara vinkelräta mot varandra (tvärströmsprincipen). Lamellsedimenteringens stora fördel är det mindre utrymmesbehovet. Vid nyinstallation av utrustning för slamavskiljning dominerar numera lamellsedimentering.

Ytbelastningen för en lamellsedimenteringsbassäng räknat på fri vattenyta kan gå upp till $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. Dimensionerande för ytbelastningen är summan av lamellernas projicerade ytor i horisontalplanet. Ytbelastningen bör då ligga vid mindre än $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

För att minska risken för slamflykt, speciellt vid lamellsedimentering, är det viktigt att hålla vattenflödet genom anläggningen på en jämn nivå.

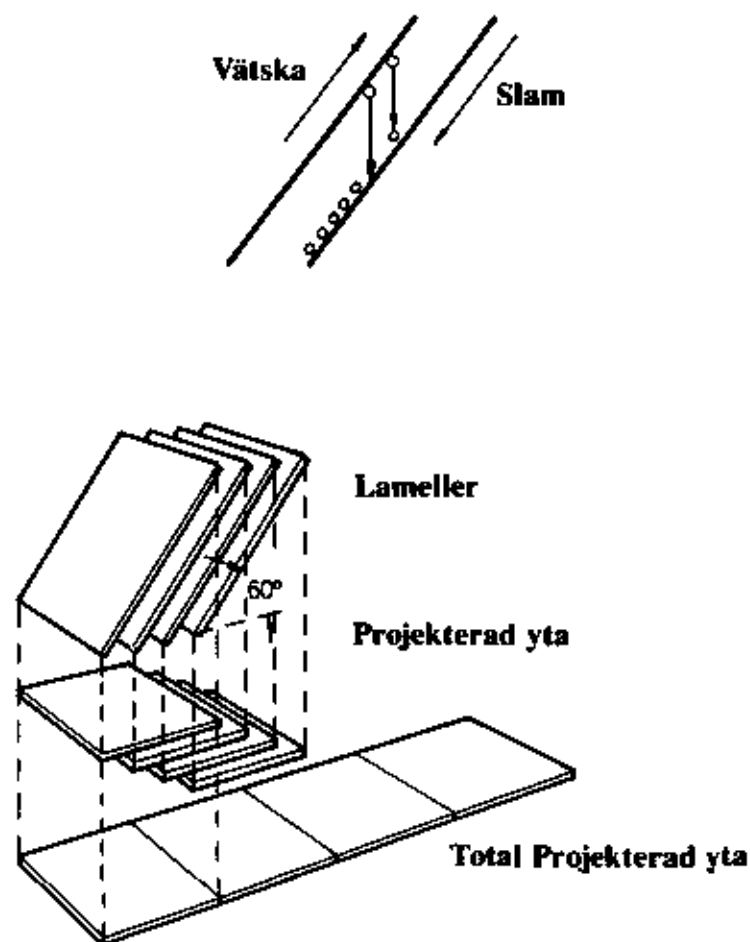


Fig. 13
Lamellsedimentering,
en effektiv avskiljnings-
metod med litet plats-
behov.

8.1.11.2 Flotation

Flotationen har liksom lamellsedimentering fördel av att kräva jämförelsevis liten yta. Vid flotation utnyttjas de suspenderade partiklarnas förmåga att stiga mot ytan i en vätska. Villkoret är att partikeln har lägre täthet än vätskan eller kan lyftas till ytan av luftblåsor som häftar vid partiklarna. Den maximala ytbelastningen ligger på ca. $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ för metallhydroxidhaltigt vatten.

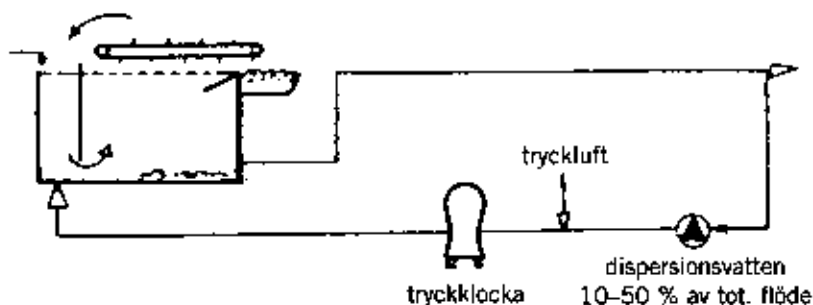


Fig. 14
Flotation, en alternativ
avskiljningsmetod.

Metallhydroxidflockar som adsorberat olja kan vara svåra att avskilja genom sedimentering. Flotation kan däremot fungera i sådana fall. Flotaionsanläggningar kräver i allmänhet högre investeringskostnader än motsvarande sedimenteringsanläggningar. Sjunkslam förekommer alltid i viss omfattning vilket ger problem med slamflykt samt behov av periodisk rengöring av botten i flotaionsstanken. Flotaionsbassänger bör därför ha botten-skrapor för att borttransport av sjunkslam skall underlättas.

8.1.11.3 Filtrering

Filtrering är ett kompletterande avskiljningssteg för suspenderade ämnen. Ett filter, kopplat efter konventionell slamavskiljningsutrustning, ger därför följande fördelar.

- Tillfälliga störningar i sedimenteringen ger inte upphov till ökade utsläpp
- Kontinuerligt erhålls ett förbättrat reningsresultat

(Se även kapitel 8.2, Förbättrad end-of-pipe-rening)

Utsläppsvärde:

I en väl fungerande och riktigt utformad anläggning för slamavskiljning ligger halten suspenderade ämnen i utgående vatten normalt lägre än 10 mg/l.

Vid användning av kalk som neutralisationsmedel erhålles normalt högre halter av suspenderade ämnen, främst innehållande olösta partiklar från kalken.

8.1.12 Slamhantering

Slammet, som avskiljs vid sedimentering/flotation, har normalt en TS-halt av 1–2 % och en konsistens som yoghurt, resterande 98–99 % är vatten. Att transportera bort ett slam av denna typ kräver stor transportvolym, samtidigt som slammet lätt kan förorena mark och grundvatten.

Kraven på de företag som lämnar metallinnehållande slam för deponering är att det skall vara avvattnat till en TS-halt av mer än 30 % (alternativt att det mottagande företaget utför detta före deponering). Vid denna koncentration är slammet hanterbart som sammanhängande lerkakor.

Slamhanteringen kan bestå av följande delar:

- slamförtjockning
- slamavvattning
- slamtorkning

8.1.12.1 Slamförtjockning

Slammet från sedimenterings- eller flotationsanläggningen har låg TS-halt. Det är samtidigt viktigt att bildat slam kontinuerligt avlägsnas, speciellt vid lamellsedimentering. Genom att leda slammet till en slamförtjockare, i princip en sedimenteringsanläggning, kan TS-halten ökas till 2–5 %.

8.1.12.2 Slamavvattning

Vid slamavvattningen ökas TS-halten från 1–5 % till mer än 30 %, genom att slammet under tryck filtreras i en kammarfilterpress.

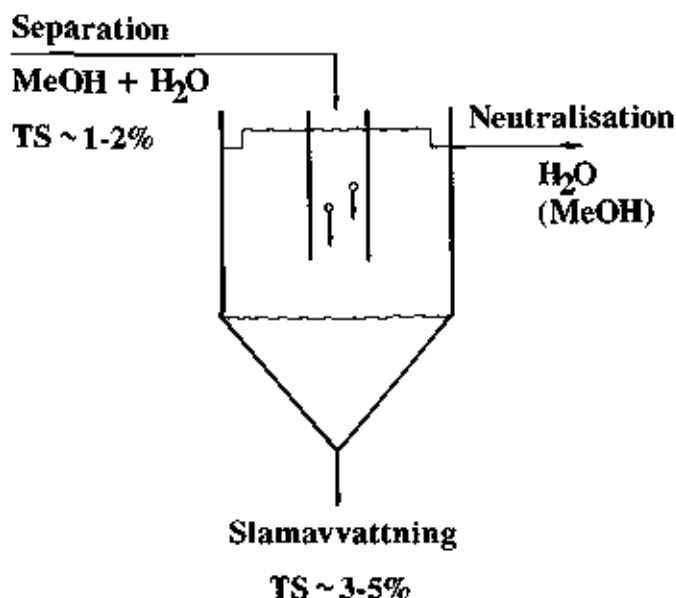


Fig. 15
Slamförtjockare, en buffert mellan slamavskiljning och slamavvattning.

Tunnslammet pumpas in i en filterpress, där vattnet passerar genom filterdukar. Slammet hålls kvar och i slutet på presscykeln är hela utrymmet mellan filterplattorna fyllt med slam varvid pressen stoppas och slamkakorna avlägsnas.

Det filtrerade vattnet, rejektvattnet, från den kontinuerliga sköljvattenreningen leds normalt tillbaka för förnyad behandling (exempelvis neutralisationen). Rejektvatten från separat behandling av processbad kan innehålla höga halter komplexbildare som kan störa den kontinuerliga reningen. Detta vatten leds direkt till slutkontrollen.

Avvattning med filterpress är en *satsvis* behandling. I början av arbetscykeln är kapaciteten hög, därefter avtar den ned mot noll. Av denna anledning är en slamförtjockare erforderlig.

Filterpressen är den i dag helt dominerande metoden för avvattning av metallhydroxidslam. Av de alternativ som används finns exempelvis

- påsfilter, en enkel och billig metod, nackdelarna är främst låg TS-halt och arbetsintensiv rengöring
- centrifug, fördelen är helautomatisk drift, nackdelarna främst högt pris och låg TS-halt.

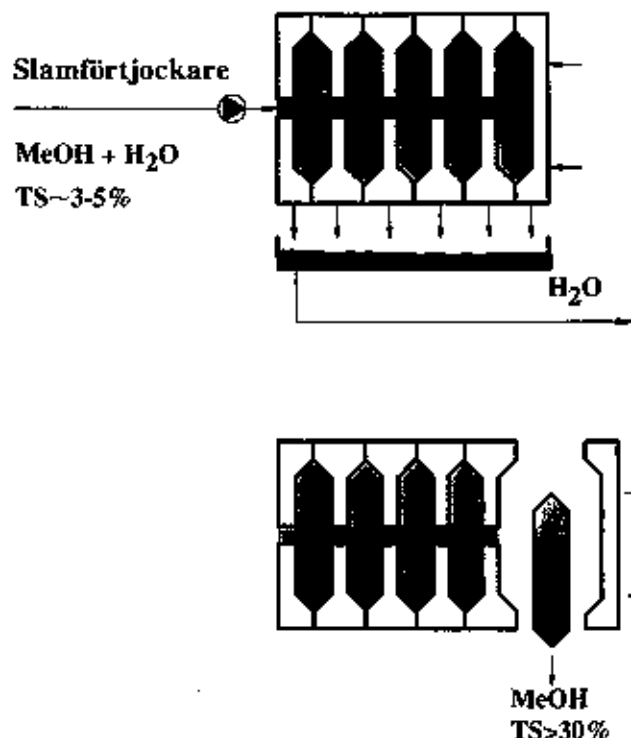


Fig. 16
Filterpress, den vanligaste avvattningsmetoden för metallhydroxidslam.

8.1.12.3 Slamtorkning

Metallhydroxidslam, avvattnat i en filterpress, håller normalt en TS-halt av mer än 30 %. En högre TS-halt och därmed en mindre mängd att transportera, kan erhållas genom torkning.

Genom att placera slamkakorna i "öppna behållare" (ej tät låda), kan man få slammet att torka genom avdunstning. Detta tar och tid och kräver utrymme, men efter ca sex månader erhålles normalt en TS-halt av mer än 50 %.

Torkningen kan forceras med hjälp av en slamtork. Dessa är normalt konstruerade enligt principen avfuktning eller uppvärmning.

Vid avfuktning placeras slammet i ett slutet utrymme med låg luftfuktighet varvid vattnet i slammet avdunstar. Avfuktning är en energieffektiv metod.

Fukten kan även avlägsnas genom uppvärmning. Slammet placeras i en behållare som värms upp, varvid vattnet avdunstar. Detta är en enklare men mer energikrävande metod.

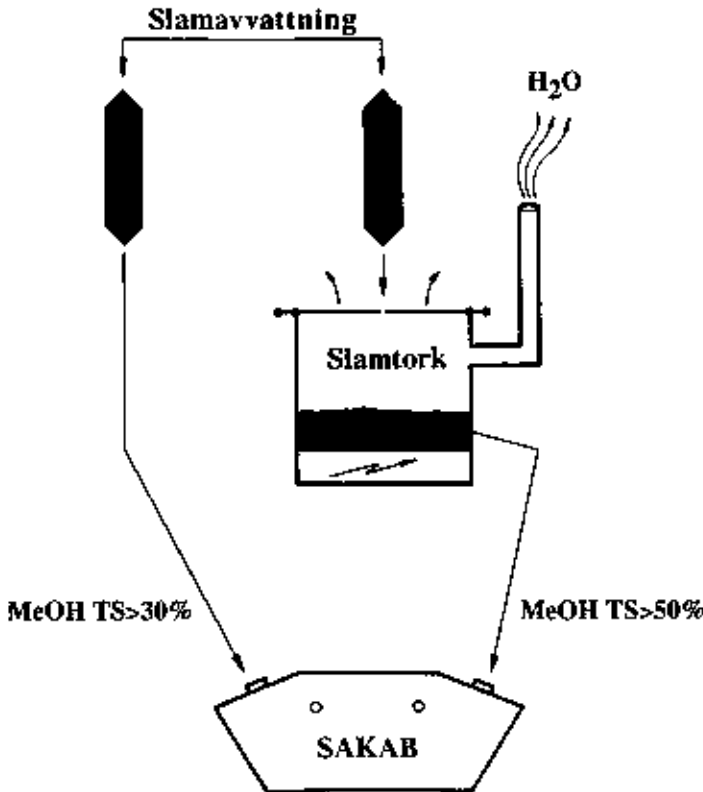


Fig. 17
Torkning av slammet,
ett sätt att minska
slamvolymen.

8.1.13 Vad händer med slammet?

Merparten av det metallhydroxidslam som uppstår i Sverige innehåller en blandning flera metaller. Avsikten är att man i framtiden skall kunna utnyttja den värdefulla metallen i slammet. Fram tills detta är ekonomiskt möjligt lagras slammet på speciella deponier, noggrant kontrollerade och godkända av myndigheterna. Se fig. 18.

Slam innehållande endast en metall, s.k. monoslam, kan normalt upparbetas enklare och till en lägre kostnad jämfört med blandat slam. Om slammet upparbetas eller deponeras styrs till stor grad av kostnaderna.

I flera länder är kostnaderna för deponering av monoslam betydligt lägre jämfört med blandslam, detta med tanke på eventuell framtida återvinning.

För att underlätta en återvinning av värdefull metall, bör om möjligt reningen utformas så, att monoslam erhålles.

I andra länder exempelvis USA återvinns redan i dag metaller

ur ett blandat metallhydroxidslam samt ur förbrukade processbad, filtermaterial, anodpåsar och liknande.

Att detta är lönsamt i USA beror på att deponeringskostnaderna för metallhydroxidslam är 5-10 gånger högre än i Sverige. Priset för att deponera ett ton pressat metallhydroxidslam i Sverige 1997 är omkring 1.100 kronor. Naturvårdsverkets mål på

Fig. 18
Deponering av metallinnehållande slam, skyddat för nederbörd och med omhändertagande av eventuellt lakvatten.

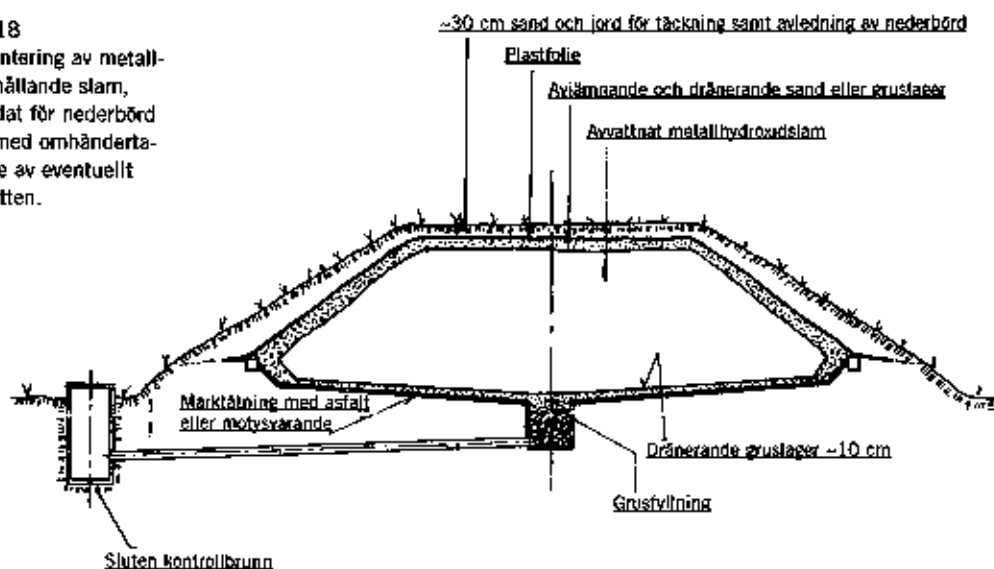
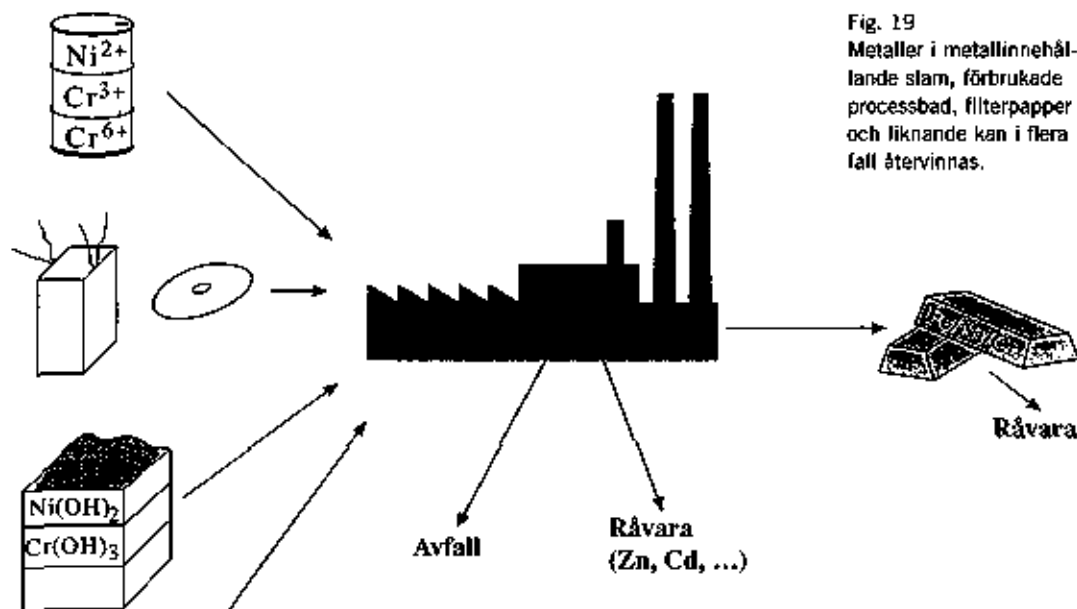


Fig. 19
Metaller i metallinnehållande slam, förbrukade processbad, filterpapper och liknande kan i flera fall återvinnas.



sikt är att deponeringen upphör. Olika metoder för materialåtervinning och avfallsminimering finns redan och nya utvecklas, men för att det skall bli lönsamt behövs ekonomiska styrmedel. Den föreslagna avfallskatten på 250 kronor per ton deponerat avfall är dock troligen för låg för att ge någon styrande effekt på mängden metallhydroxidslam från ytbehandlingsindustrin.

8.1.14 Behandling av oljehaltigt vatten

Olja är en vanligt förekommande vattenförorening vid avfettning inom verkstads- och ytbehandlingsindustri. Det man normalt avser och mäter när halten olja eller mineralolja diskuteras är *halten opolära alifatiska kokväten* (SS 02 81 45) (25). För enkelhetens skull används i denna framställning dock benämningen "olja".

Egenskaperna hos olje/vattenblandningen har avgörande betydelse för möjligheterna att separera de två faserna. Här är det i första hand den form i vilken oljan förekommer som spelar in. Det kan vara frågan om en eller flera av följande förekomstformer:

- fri olja
- dispergerad (emulgerad) olja
- kemiskt emulgerad olja
- molekylärt löst olja
- oljebelagt suspenderat material

Oljan har en total biokemisk syreförbrukning som är 1 000–2 000 mg per gram olja.

8.1.14.1 Vatten innehållande fri olja och oljebelagt suspenderat material

Fri olja bildar ett kontinuerligt skikt på vätskeytan när oljevattenblandningen fått stå en stund. Oljebelagda partiklar kan antingen flyta upp, sjunka eller sväva i vattnet beroende på partiklarnas storlek och mängden vidhäftande olja. Många olika typer av s.k. gravitationsavskiljare används för avskiljning av oljeförorening. Figur 20 visar ett exempel. Vatten innehållande emulsioner kan inte renas i denna typ av avskiljare. Oljeemulsionerna måste först spräckas om någon reningseffekt skall uppnås. Oljeavskiljare dimensioneras med utgångspunkt från ybelastningen och uppe-

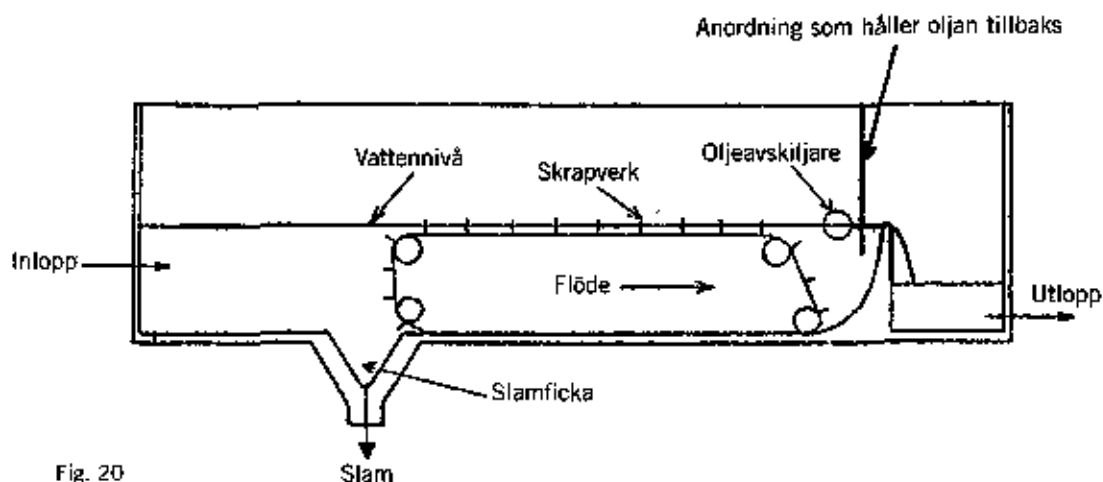


Fig. 20
Exempel på gravitationsavskiljare för fri olja.

hållstiden vilka bör sättas till $1 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ respektive 2 timmar.

För att förbättra effekten kan flotation tillgripas. Finfördelad tryckluft blåses in och de små luftblåsorna hjälper till att lyfta oljan i avskiljningsbassängen.

Utformningen av in- och utloppszonerna är av stor vikt för avskiljarens totala funktion. Från avloppsvattenledningen flyter vattnet in i en försepareringsränna. Inloppet i gravitationsavskiljaren skall utformas så att minimal turbulens uppstår.

Det är viktigt att avskiljaren dimensioneras för rätt flöde. Utjämningsbassäng kan vara att föredra framför överdimensionerade avskiljare vid större variationer i flödesbelastningen. Vattnet genom avskiljningsanläggningen bör rinna med självfall.

Avloppsvatten med låg halt av olja, mindre än cirka 5 mg/l , behandlas bäst med någon form av filtrering. Lämpliga filtermedier är aktivt kol, sand eller kiselgur. Oljehalten i det behandlade vattnet kan sänkas till under 1 mg/l . Metoden är därför lämplig som slutsteg vid behandling av oljehaltiga vatten. Aktivt kol kan adsorbiera relativt stora mängder mineralolja, upp till 20 % av sin egen vikt.

8.1.14.2 Vatten innehållande emulgerad olja

Förbrukade avfettningsbad och sköljvattnet efter dessa innehåller i regel emulgerad olja.

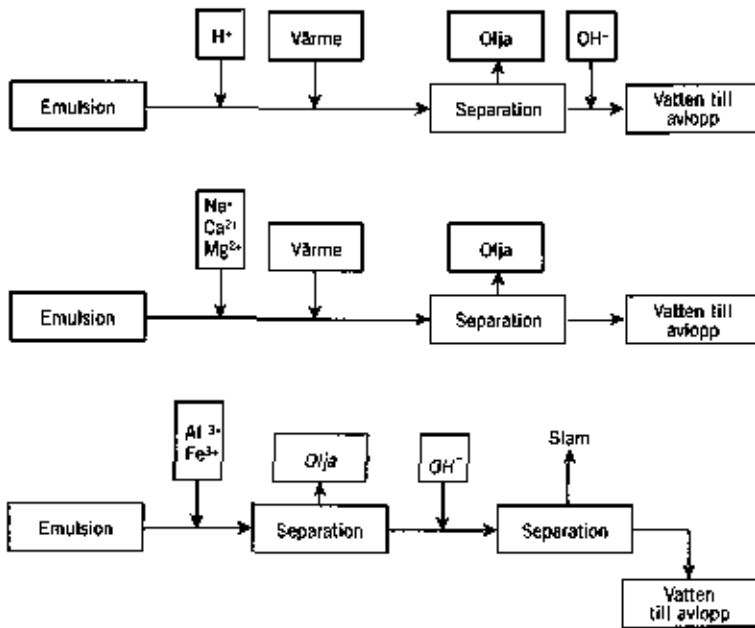


Fig. 21
Några metoder för
kemisk spaltning av
emulgerad olja.

Det finns tre principer att tillgå för behandling av emulsionshaltiga avloppsvatten, nämligen kemisk spaltning, ultrafiltrering och adsorption.

Kemisk spaltning

Spaltning kan utföras med hjälp av salt och/eller syror. Syror, natrium-, kalcium- och magnesiumsalter ger vid tillsats till emulsioner enbart lösta komponenter och verkar genom att förändra oljedropparnas ytladdning. Tillsätts istället salt av trevärdiga metaller såsom aluminium eller järn utfälls vid neutralt pH metallhydroxider som verkar dels laddningsförändrande dels adsorptivt. Högre jonladdning resulterar i bättre "avladdande" effekt på de ytladdade oljedropparna. Detta innebär fördelar för aluminium- och järn (III)-salter som spaltmedel.

Den tekniska utformningen av spaltningsprocessen är beroende av spaltmedel. Följande utformningar förekommer. Figur 21.

Spaltning med magnesiumklorid och centrifugalseparation ger normalt restoljehalter på 10–50 mg/l, medan metoder som innefattar ett kemiskt fällningssteg ger resthalter på 1–10 mg/l.

Efter emulsionsspaltning och slamavskiljning återstår ett vatten som innehåller mellan 1 och 50 mg/l olja och beroende på typ av emulsion olika tillsatskemikalier, komplexbildare, nitrit, rester av spräckningskemikalier m.m. Den biokemiska syreförbrukningen kan vara upp till 1500–2000 mg/l. Den vidare behandlingen av spaltvattnet beror på dess sammansättning. Allmänt kan sägas att det slutligen bör ledas till kommunalt reningsverk med biologiskt reningssteg eller filtreras genom adsorptionsmedel.

Ultrafiltrering

Ultrafiltrering är en separationsprocess som nu börjar bli vanlig för behandling av oljeemulsionshaltiga avloppsvatten. Separationen sker med hjälp av membran som släpper igenom vatten men inte olja.

Anläggningen bör innehålla ett förbehandlingssteg för separering av partiklar och fri olja. Membranen är känsliga för vissa organiska lösningsmedel, vilker bör beaktas då avloppsvatten behandlas med ultrafiltrering.

Processen drivs semikontinuerligt i nu använda system. Emulsionen cirkuleras över ultrafiltret ett flertal gånger. För varje passage avskiljs vatten och motsvarande mängd emulsion tillförs. På så sätt ökar oljehalten långsamt. Vid en viss oljehalt stoppas tillförseln av ny emulsion och uppkoncentrering sker till önskad oljehalt. Slutresultatet är ett koncentrat med hög oljehalt och ett permeat med låg mineraloljehalt ca 1 mg/l. Investeringskostnaden för ultrafiltrering är hög, medan de rörliga driftkostnaderna är låga. Jämfört med kemisk spaltning krävs betydligt mindre tillsyn. Se även avsnitt 8.3.3.8, Membranfilter.

Adsorption

I marknaden finns ett antal medel som direkt blandas med emulsioner och får oljan att övergå i en fast, lätt avskiljbar fas.

Adsorptionsmedlet innehåller ofta som väsentlig del kisel syra eller något syntetiskt material med stor oljeaffinitet. Resultatmässigt är metoden jämförbar med saltspaltning och har även vissa fördelar, t.ex. kort reaktionstid, ca 20 minuter, och små krav på apparatur. Den främsta nackdelen är det höga priset som ej

motiverar användning vid behandling av större kvantiteter. Adsorption ger en restoljehalt på ca 10–50 mg/l. Adsorption bör kunna godtas som behandlingssteg när det är fråga om mindre avloppsvattenflöden.

Utsläppsvärden:	- I väl fungerande och riktigt utformade anläggningar av nedstående typer för behandling av vatten innehållande emulgerad olja ligger halten opolära alifatiska kolväten i utgående vatten normalt under följande värden.	
	- Kemisk spaltning	20 mg/l
	- ultrafiltrering	5 mg/l
	- behandling med adsorptionsmedel (mindre anläggningar)	20 mg/l
	- filtrering med aktivt kol	5 mg/l

8.2 Förbättrad end-of-pipe-rening

Utgående vatten från en konventionell reningsanläggning (hydroxidfällning) innehåller små mängder av metaller, normalt mindre än 1 mg/l. Skall lägre halter uppnås krävs kompletterande rening. Det finns olika metoder att välja mellan beroende på i vilken form metallerna förekommer.

Restmetallerna i vattnet kan föreligga som partiklar (flockflykt) eller som lösta metaller i jonform, oftast förekommer båda formerna samtidigt. Genom att analysera ett ofiltrerat och filtrerat avloppsvatten, kan man erhålla information om detta.

8.2.1 Filter för metaller i partikelform (slamflykt)

Filter av denna typ avlägsnar endast partiklar. Vid filtrering leds vattnet genom ett filtermaterial. Typen av material och dess tät-het bestämmer storleken på partiklarna som kan avskiljas.

Slutna sandfilter

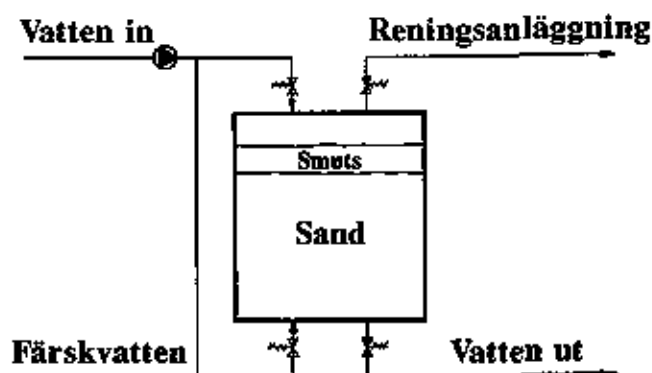


Fig. 22
Sandfilter av trycktyp

8.2.1.1 Sandfilter

Det vanligaste filtermaterialet är sand. Vattnet leds genom en sandbädd. Sandfiltren kan grovt indelas i två typer, satsvis och kontinuerligt arbetande. De satsvis arbetande kan i sin tur indelas i öppna sandfilter och trycksandfilter.

Öppna sandfilter

Vattnet som skall filtreras tillförs ovanifrån och det rena vattnet tas ut i botten, avskilda partiklar samlas på ytan och i den övre delen av sandbädden. Konstruktionen är enkel, men kapaciteten låg, normalt räknar man med upp till $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Trycksandfilter

Genom att bygga in sandbädden i ett tryckkärl och sätta tryck på vattnet kan mer vatten pressas igenom sandbädden på kortare tid, d.v.s. man erhåller högre kapacitet på en mindre golvyta.

Normalt dimensioneras sandfilter av denna typ för en belastning av upp till $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Öppna sandfilter och trycksandfilter är enkla konstruktioner. Nackdelen är främst den intermittenta driften. När kapaciteten blir alltför låg (tryckfallet för stort), måste de rengöras. Vid denna rengöring, eller backspolning, krävs stora vattenmängder som

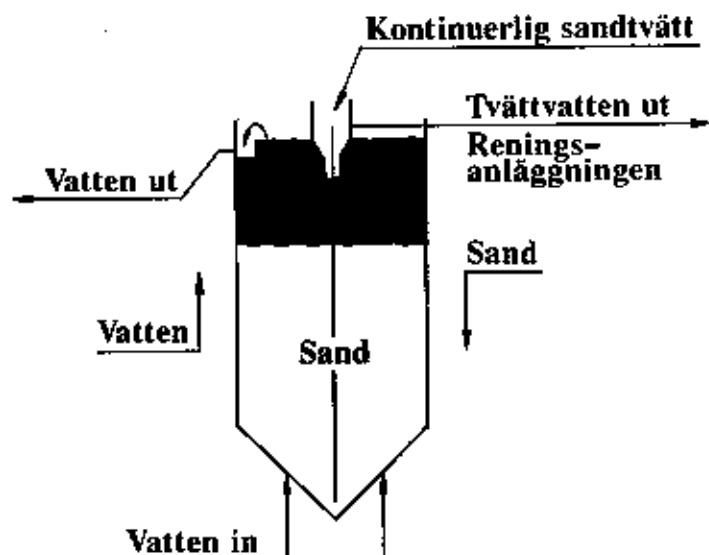


Fig. 23
Kontinuerligt sandfilter.

måste omhändertas, normalt ca. 10 % av mängden filtrerat vatten. Dessutom kan inte filtret användas för sin funktion under backspolningen.

För att klara behovet av en kontinuerlig filtrering kräver detta, om endast ett filter används:

- uppsamlingstank för ofiltrerat vatten
- uppsamlingstank för filtrerat vatten (för backspolning).
- vattenpump för backspolning av filtret
- uppsamlingsstank för spolvatten.

Kontinuerligt sandfilter

Genom att kontinuerligt tvätta och avlägsna avskilda föroreningar behöver sandfiltret aldrig stoppas. Filter av denna typ används sedan 80-talet inom yrbehandlingsindustrin.

Principen är enkel:

- vattnet som skall filtreras strömmar uppåt
- sanden som filtrerar vattnet strömmar nedåt
- den förorenade sanden pumpas kontinuerligt upp från botten av sandbädden och tvättas med det reade vattnet

- det förorenade rvtvattner, normalt ca. 5% av det totala vattenflödet leds tillbaka för förnyad behandling.

I moderna filter av denna typ sker en automatisk reglering av sandvatten, beroende på vattnets föroreningsmängd, genom att mäta filtermotståndet i sandbädden.

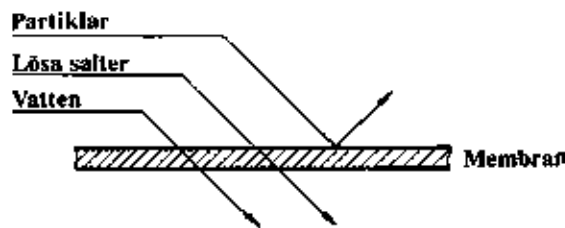
Fördelarna med filter av denna typ är främst litet platsbehov och enkel konstruktion.

Nackdelen, för de flesta mekaniska filter, är risken för igensättning orsakad av gipsbildning (CaSO_4). Gips kan bildas om kalk (Ca(OH)_2) används vid neutralisationen och vattnet innehåller sulfat (SO_4^{2-}).

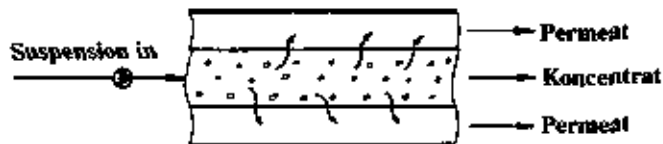
8.2.1.2 Mikrofilter

Ett alternativ till sandfilteret är mikrofiltrering. Vattnet som skall filtreras pressas igenom ett membran.

Mikrofiltrering tillhör gruppen membranmetoder. Beroende på membranets porstorlek kan större eller mindre partiklar avskiljas.



Filtrering



Backspolning

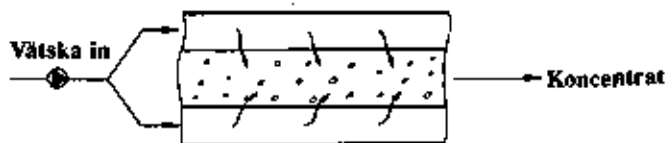


Fig. 24
Mikrofilter, ett alternativ till sandfilter.

Vid mikrofiltrering används relativt "grova" membran (porstorlek över 0,1 µm). Detta ger hög filterkapacitet och önskad avskiljning av metallhydroxid med relativt lågt filtermotstånd (1–5 bar). Metoden är ovanlig i Skandinavien, men används i stor utsträckning i andra länder, exempelvis USA.

Nackdelarna är, *utöver priset, att anläggningarna* i vissa delar (exempelvis membran) måste utformas för paralleldrift, för att möjliggöra kontinuerlig drift vid renspolning (backspolning). Alternativt krävs en bufferttank mellan neutralisationen och mikrofiltret. Rengöringen är vidare av avgörande betydelse för anläggningens kapacitet. Vid exempelvis rvtätning med sur lösning, krävs efterföljande renspolning för att undvika att metallhydroxider, som löses upp, återbildas inne i membranet. Se även avsnitt 8.3.3.8, Membranfilter.

8.2.1.3 Konventionell filtrering

Även andra typer av filter kan användas för filtrering av avloppsvatten, exempelvis filter liknande de som används för filtrering av processbad.

Vattnet passerar ett filter, bestående av papper, tyg eller liknande, slammet stannar på ytan och det rena vattnet passerar igen. Genom att, i likhet med filter för processbad, belägga filtret med filterhjälpmedel och aktivt kol, kan filtreringen förbättras och organiska ämnen avlägsnas.

Nackdelen med filter av denna typ är rengöringen. Oftast krävs ett manuellt arbete för rengöringen, men det finns i dag filter där hela rengöringscykeln är automatiserad.

Filter av denna typ, med automatisk rengöring och påläggning av filterhjälpmedel samt eventuellt även kol, är speciellt lämpliga för att avlägsna metaller efter sulfidfällning. Metallsulfiderna är ofta finkorniga och svåra att avlägsna med hjälp av sedimentering eller flotation. Se avsnitt 8.2.2.3, Sulfidfällning.

8.2.2 Metoder att avlägsna lösta metaller

Metaller som är lösta i vattnet (i jonform) kan inte avlägsnas med någon av ovan angivna mekaniska filtermetoder.

8.2.2.1 Selektiv jonbytare

Vid jonbyte byts, som namnet anger, en jon mot en annan. I selektiva jonbytare, eller polisjonbytare, byts två- och flervärda katjoner, exempelvis Ni^{2+} och Cr^{3+} mot envärda katjoner exempelvis Na^+ eller K^+ .

Normalt använder man en svag katjonbytare som efter regenerering med syra, mättas med Na^+ - eller K^+ -joner. Jämfört med en konventionell jonbytare är dessa något svårare att regenerera och behovet av regenerering kan inte fastställas med hjälp av vattnets ledningsförmåga som vid totalavsaltning. Vatten som skall behandlas i en selektiv jonbytare skall alltid filtreras, för att undvika mekanisk blockering och tryckfall i jonbytaren.

För att förbättra upptagningsförmågan samt minska risken för mekanisk blockering, bör pH-värdet i vattnet sänkas till ca 5,0, vilket kräver att det efter passagen genom jonbytaren höjs till över 6,0 innan det avleds till recipienten. Se även avsnitt 8.3.3.2, Jonbyte.

8.2.2.2 Sulfidfällning

Flertalet metaller har lägre löslighet som metallsulfid jämfört med metallhydroxid. Se fig. 7, sid 61.

Genom att tillsätta sulfid i form av en oorganisk eller organisk förening, kan restmetaller i vattnet överföras till svårösligare metallsulfid.

Tidigare svårigheter med sulfidfällning har dels varit utveckling av svavelväte (H_2S ; giftig, illaluktande, explosiv) och dels långsam sedimentering. De sulfidfällningsmedel som finns på marknaden idag medför dock ej dessa problem. Se även avsnitt 8.2.1.3, Konventionell filtrering.

Tillsatsen av fällningsmedlet styrs oftast av flödet och eventuellt överskott av sulfid oskadliggörs genom tillsats av t.ex. järnsalt. Järnsalter bidrar dessutom med förbättrad fällningseffekt och kan underlätta utfällning av Ni.

Ett annat alternativ är att styra tillsatsen av sulfid med jonselektiv elektrod efter verkligt behov (till svagt överskott).

8.2.2.3 Omvänd osmos (RO)

Omvänd osmos tillhör gruppen membranmetoder. Membranet är mycket tätt (porstorlek mindre än 0,001 µm) och metoden används bl.a. för avsaltning av havsvatten.

Metoden kan även användas för separering av t.ex. metalljoner ur avloppsvatten. Vid rening av avloppsvatten får emellertid saltinnehållet inte vara för högt, det finns då risk för att det osmotiska trycket blir allt för stort. Se även avsnitt 8.3.3.8, Membranfilter.

8.2.3 Utsläppsvärden

Nedan angivna föroreningshalter i utgående behandlat avloppsvatten bör normalt anges att gälla som utsläppsriktvärden. Vid anläggningar där långtgående vattenbesparande åtgärder vidtagits kan det vara svårt att nå ner till nedanstående halter på grund av höga ingående halter till reningsanläggningen. För dessa anläggningar kan högre riktvärden accepteras. Högre riktvärden kan även accepteras för mycket små anläggningar. (Enligt PARCOM-rekommendationerna kan fyra gånger högre riktvärden tillämpas för anläggningar med högst 200 g metaller per dag i ingående vatten till reningsanläggningen.)

Det viktigaste är att mängden föroreningar som släpps ut från en anläggning minskar och det åstadkommer man normalt effektivare genom att minska mängden avloppsvatten än genom att ytterligare sänka redan ganska låga halter i vattnet. Se fig. 9 sid 64.

Riktvärden är värden som tillfälligt får överskridas. Med ett riktvärde syftar tillståndsmyndigheten framför allt, dels till att förmå utövaren av den miljöfarliga verksamheten att sköta anläggningen väl och driva den så att förväntade reningsresultat uppnås, dels till att göra det möjligt för myndigheten att se till att så verkligen blir fallet.

Ett riktvärde är med andra ord ett värde som man har anledning att räkna med att en anläggning skall klara. Riktvärdesbegreppet bör definieras i varje enskilt beslut där det används. Som regel föreskrivs i definitionen att om riktvärdet överskrids mer än tillfälligtvis, skall åtgärder vidtas i samråd med tillsynsmyndigheten för att förhindra att överskridandet upprepas. Tillståndsinnehavaren skall alltså, dels kontrollera att riktvärdet

inte överskrids, och dels att om så ändå sker se till att erforderliga åtgärder vidtas för att förhindra ett upprepande.

Riktvärdena bör kombineras med gränsvärden. Det kan i många fall vara lämpligt att ange gränsvärden i form av mängd per tidsenhet (t.ex. kg/år). Gränsvärden är värden som aldrig får överskridas. Överskrids ett gränsvärde är det tillsynsmyndighetens skyldighet att anmäla händelsen för åtal. Även gränsvärdesbegreppet bör definieras i de beslut där det används.

Myndigheternas skyldighet att åtalsanmäla överskridna gränsvärden innebär att alltför snävt satta gränsvärden kan leda till mycket extraarbete utan större miljönytta. Av denna anledning är det även tveksamt om gränsvärden under ett kg/år för enskilda metaller är lämpliga; en enda miss i reningen kan förbruka denna marginal.

Riktvärden:

Ämne	Koncentration (mg/l)
Bly	0,5
Kadmium	0,1
Koppar	0,5
Krom(tot)	0,5
Krom (VI)	0,1
Nickel	0,5
Silver	0,1
Tenn	1,0
Zink	0,5 ¹⁾
Total cyanid	1,0
Fri cyanid	0,1
Lättflyktiga org. halogener	0,1
Suspenderade ämnen	10 ²⁾

Dessa värden bör innehållas utan någon form av utspädning.

¹⁾ Om särskilda skäl föreligger kan zinkhalten få till 2,0 mg/l.

²⁾ Ett riktvärde på 10 mg/l för suspenderade ämnen kan vara svårt att klara t.ex. om neutraliseringen sker med kalk. Om halten suspenderade ämnen överstiger 10 mg/l bör man undersöka vad den suspenderade fasen består av innan krav ställs på ytterligare reningsåtgärder.

Inget rekommenderat riktvärde ges för järn och aluminium. Dessa metaller har låg toxicitet varför metallhydroxidfällningen ej skall optimeras efter dem i reningsanläggningen. Vid fällningen

av övriga metaller följer järn och aluminium med till tillräckligt låga halter.

8.3 Avloppsfria och slutna anläggningar

8.3.1 Principer och definitioner

Vid konventionell end-of-pipe-rening avleds det renade vattnet innehållande neutralssalter samtidigt som man erhåller ett avfall. Se fig. 25.

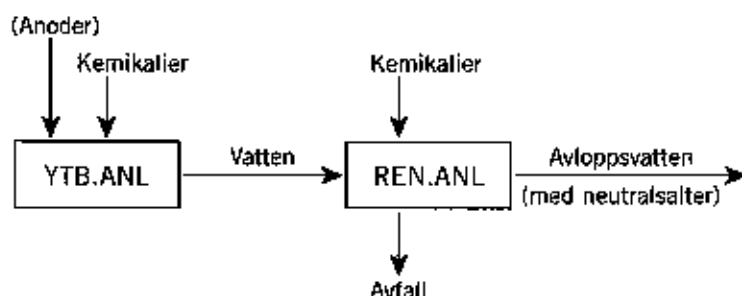


Fig. 25
Vid konventionell end-of-pipe-rening erhålles avloppsvatten innehållande neutralssalter samt ett avfall bestående främst av metallhydroxi-der.

Målsättningen i det fortsatta miljöarbetet bör vara slutna anläggningar. De anläggningar som i dag marknadsförs som slutna är i bästa fall avloppsfria.

Avloppsvattnet från en konventionell våtkemisk reningsanläggning innehåller neutralssalter. Genom att avlägsna dessa erhålles ett vatten som kan återanvändas för sköljning. Tekniskt är detta relativt enkelt, men det är *energikrävande*, samtidigt som *den totala avfallsvolymen ökar*. Se fig. 26.

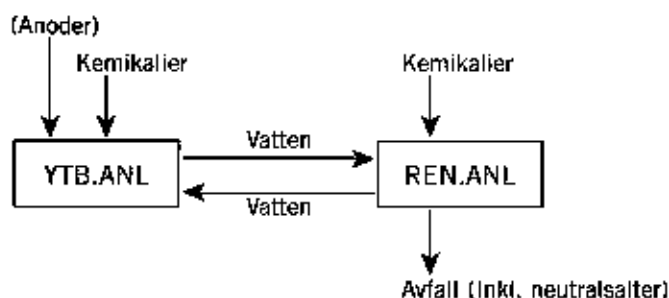


Fig. 26
Vid avloppslös ytbehandling erhålles inget avloppsvatten, men avfall i fast eller flytande form för extern behandling, återvinning och/eller deponering.

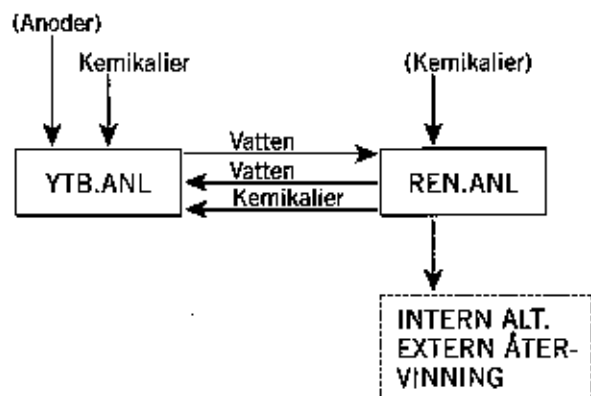


Fig. 27

Vid en sluten ytbehandlingsanläggning erhålles inget avfall för deponering. Eventuella biprodukter kan användas i den egna produktionen eller vid externt företag.

Att eliminera utsläppen av vatten och reducera avfallsvolymer-na är betydligt svårare. Kan man helt eliminera avfallet har man nått målet, *en sluten anläggning*. Se fig. 27.

En avloppsfri anläggning består ofta av en kombination av olika separationsmetoder, t.ex. jonbytare, satsvis avgiftning och indu-stare.

Vattnet återanvänds och avskilda salter deponeras som avfall.

Att sluta en anläggning innebär att även avfallsvolymer-na minskar eller helt elimineras. Detta kräver utrustning som kan återfö-ra utdragen till processbadet, samt att internt eller externt kunna återvinna separerade metaller och kemikalier och eventuellt för-brukade processbad.

Ibland är det möjligt att återföra alla utdrag till ett processbad, men oftast krävs att oönskade biprodukter kan avlägsnas från sys-temet. Att återföra utdragen till respektive processbad och elimi-nera mängderna av de biprodukter som måste avlägsnas, är några av stegen mot en sluten anläggning.

En "sluten anläggning" består oftast av en kombination av olika reningsmetoder. Att reducera utdragen från de olika pro-cessbadet samt minimera sköljvattenförbrukningen är några av de viktigaste åtgärderna.

I bilaga B1, Beskrivning av referensanläggningar, beskrivs ett antal avloppsfria anläggningar.

8.3.2 Förebyggande åtgärder

Vid en konventionell end-of-pipe-anläggning har man sällan pro-blem med ackumulering av föroreningar i processbadet, de dras

ut tillsammans med processbadet. När utdraget reduceras och återförs till processbadet kan dessa ämnen koncentreras och orsaka problem. En del av problemen som kan uppstå är kända och kan åtgärdas.

8.3.2.1 Minska införande av föroreningar

Det är viktigt att minska införandet av oönskade ämnen i processbadet via vatten, kemikalier och anoder. Man bör därför rena inkommande vatten till ytbehandlingsavdelningen, speciellt i områden med hårt vatten, liksom att välja kemikalier och anoder med hög renhet.

Rening av inkommande vatten kan utföras med:

- jonbytare
- omvänd osmos
- omvänd osmos i kombination med jonbytare.

8.3.2.2 Förhindra bakterietillväxt

När omsättningen av vatten minskar, ökar risken för bakterietillväxt, speciellt i något uppvärmda och näringsrika sköljvatten, t.ex. sköljning efter järnfosfatering. Genom luftning och/eller genom att försöka undvika temperaturområdet 30–50 °C kan dessa problem i allmänhet förhindras.

8.3.2.3 Reducera utdragsvolymerna

Genom att välja processbad med lågt kemikalieinnehåll, låg viskositet samt hänga godset rätt och tillåta erforderliga avdroppningstider, minskar utdraget av kemikalier och därmed sköljvattenbehovet. Se vidare avsnitt 6.1.1, Minskning av utdragsförluster.

8.3.2.4 Återför utdragsvolymerna

Utdraget ur ett processbad bör återföras t.ex. från en sparskölj. För att kunna återföra kemikalier från sparsköljen utan att spä ut processbadet måste antingen sparsköljvätskan koncentreras och/eller avdunstning ske från processbadet.

Värma processbad har en större avdunstning än kalla bad. Detta underlättar återföring av utdragsvolymerna, men avdunstningen är inte gratis, den kräver mycket energi i form av uppvärmning och ventilation.

8.3.2.5 Välj processbad som kan renas

Aktivt kol kan avlägsna organiska nedbrytningsprodukter, men ibland även t.ex. glansbildare. Välj om möjligt ett processbad som kan filtreras kontinuerligt.

8.3.3 Byggbitar för en sluten anläggning

En sluten anläggning innehåller ofta två eller flera metoder för koncentration.

8.3.3.1 Sköljning med låg vattenförbrukning

Låg sköljvattenförbrukning är oftast en förutsättning, främst ekonomiskt, för ett slutet system. Detta kan exempelvis erhållas genom flerstegs motströmssköljning. Se vidare kapitel 6.1, Sköljteknik.

8.3.3.2 Jonbyte

Med jonbytare kan ett ämne även i låga halter och löst i vatten, exempelvis metalljoner, avlägsnas. Beroende på typ av jonbytare, kan installationen ge en återvinning av sköljvatten och/eller processkemikalier.

Man skiljer främst mellan två typer av jonbytesmaterial, *katjonbytare* som kan avlägsna katjoner och *anjonbytare* som kan avlägsna anjoner.

Jonbytermassorna är oftast syntetiskt framställda, där antalet molekylgrupper bestämmer kapaciteten och dess kemiska natur.

Jonbytesreaktionen är en reversibel reaktion, som gör det möjligt att regenerera jonbytern, dvs återställa den till ursprungligt tillstånd. Vid regenereringen tillsätts kemikalier och ett eluat innehållande exempelvis metalljoner erhålles. Från detta eluat eller koncentrat, kan metallerna återvinnas.

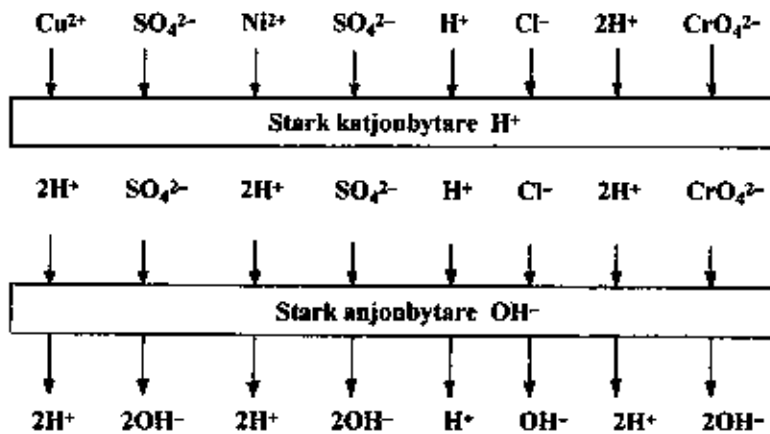


Fig. 28
Vid totalavsaltning byts kat- och anjoner mot väte- respektive hydroxyljoner.

Vid totalavsaltning får vattnet som skall renas passera minst två kolonner (kat- och anjonbytare).

Vid regenereringen av katjonbytaren tillsätts syra (H⁺) och kationerna (t.ex. Cu²⁺, Ni²⁺) erhålles i det sura eluatet. Vid regenereringen av anjonbytaren tillsätts alkali (OH⁻) och anjonerna (t.ex. SO₄²⁻ och Cl⁻) erhålles i det alkaliska eluatet.

8.3.3.3 Totalavsaltning, recirkulation

Totalavsaltning ger ett sköljvatten med hög kvalitet. Genom att vattnet recirkuleras kan önskad sköljeffekt erhållas även med få sköljsreg.

Ansluts sköljbad efter flera olika processbad på samma jonbytare, leds eluatet i de flesta fall till konventionell avgiftning. Vinsten ligger då främst i minskad sköljvattenförbrukning.

8.3.3.4 Selektiva jonbytare

Om endast vissa joner skall avlägsnas, exempelvis vid slutpolering av utgående sköljvatten, används jonbytarna på ett annat sätt. Envärda kationer som exempelvis Na⁺ och K⁺ får passera, men två- och flervärda kationer som exempelvis Ni²⁺ och Cr³⁺ fångas upp. Dessa jonbytare är svårare att regenerera och behovet av regenerering kan inte bestämmas med hjälp av ledningsförmågan som vid totalavsaltning. Se även kapitel 8.2.2.1, Selektiv jonbytare.

8.3.3.5 Övriga jonbytare

Jonbytare kan användas för många fler applikationer vid ytbehandling och det pågår en ständig utveckling av nya jonbytarmassor och användningsområden.

8.3.3.6 Indunstare

Indunstning innebär att en lösning uppkoncentreras från flytande fas till förtjockad eller fast fas. Lösningen omvandlas till ångfas med värme. Ångfasen kyls sedan, utkondenseras i ett separat kärl och bildar ett kondensat. Kvar blir ett koncentrat.

Vakuumindestare

Det går åt mycket energi vid överföring från flytande fas till ångas vid atmosfärstryck. Man gör därför vanligen indunstningen i vakuum. Det innebär att trycket är betydligt lägre än normalt i atmosfären och att vätskan förångas vid lägre temperatur än vad den skulle ha gjort vid atmosfärstryck. Man kan också spara energi genom att använda en värmepump. Uppvärmning och kylning sker då via en kompressor och förångare.

Låg indunstningstemperatur har också den fördelen att den

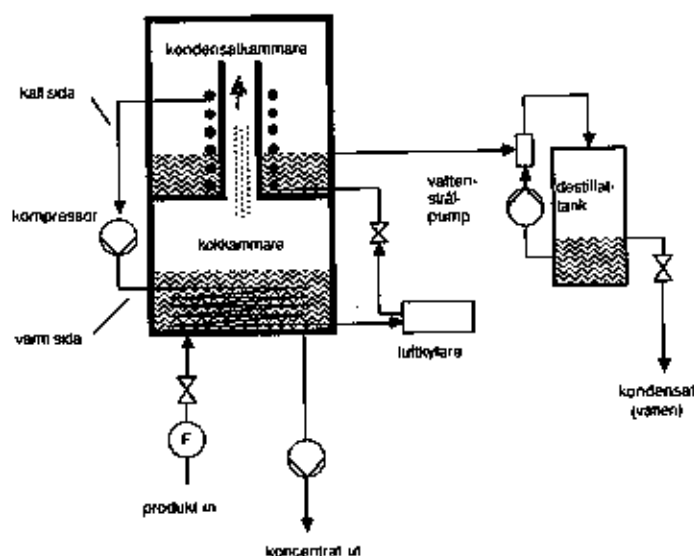


Fig. 29
Vakuumindestare med värmepump för separation av organiska salter från vatten.

indunstade vätskans sammansättning inte förändras på grund för hög temperaturer samt medför mindre risk för korrosion på indunstaren.

Tekniska problem som kan förekomma vid indunstning är stötkokning, skumning och inkrusterbildning.

Stötkokning beror på att ytspänningen på koncentratet är så stor att koncentratets temperatur bygger upp ett värmeöverskott som plötsligt frigörs. Vätskan stötkokar i koncentratkärlet. Aerosol eller vätska dras med till kondensatkärlet och förorenar destillatet. Risker för stötkokning kan minskas om man tillför en liten mängd luft under koncentratytan som stör ytspänningen. Man kan också lägga kokstenar i botten på kärlet för att minska risken.

Om koncentratet skummar kraftigt fyller skummet koncentratkärlet. Det följer sedan vidare med till och förorenar kondensatkärlet. Problemet kan avhjälpas med skumdämpare som tillförs koncentratet, alternativt specialutförning av kylzonen för att bryta skummet.

Inkrusterbildning innebär att värmeöverföringsytorna blir belagda med ett skikt som minskar värmeöverföringen till koncentratet, varvid energikonsumtionen ökar. Inkrusterbildningen kan motverkas genom återkommande rengöring, genom att minska koncentrationen på koncentratet samt genom att minska temperaturen på värmeöverföringsytorna.

Olika fraktioner kommer att avgå vid olika temperaturer. Lättflyktiga ämnen avgår först. I vissa fall är det lämpligt att indunsta batchvis och att efter en viss tid i cykeln tömma kondensatkärlet.

Kylindunstare

En kylindunstare är en enkel konstruktion där det varma processbadet pumpas genom indunstaren, där vätskan får möta ventilationsluften från processbadet. Processbadet kyls samt minskar i volym genom att en del av badvätskan avdunstar.

Metoden används t.ex. vid hårdförkromning där badet måste kylas. Genom att badet minskar i volym kan utdraget återföras från t.ex. en sparskölj, vilket underlättar en slutning av processen.

En begränsning med kylindunstning är att processbadet måste tåla en intensiv kontakt med luft. Cyanidnehållande bad och

alkaliska bad innehållande hydroxid är olämpliga. Cyanid liksom hydroxid omvandlas av luftens koldioxid till karbonat.

8.3.3.7 Elektrolys

Elektrolys kan även användas för rening av metallhaltigt vatten. Metalljonerna vandrar mot katoden där de faller ut som ren metall.

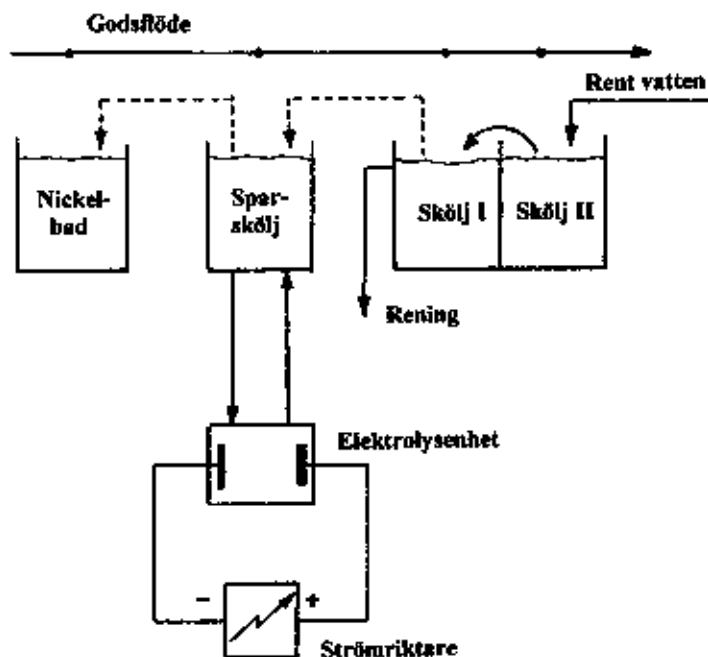


Fig. 30
Elektrolytisk återvinning
av metaller.

Vid höga halter av metalljoner i lösningen är strömutnyttjandet för metallutfällning högt. Vid låga metallhalter minskar effektiviteten. Metalljonerna hinner inte fram till katoden tillräckligt fort utan en stor del av energin går åt till att sönderdela vatten så att vätegas bildas vid katoden och syrgas vid anoden. Om inte metallhalten är tillräckligt hög för en effektiv utfällning med elektrolys kan den koncentreras t.ex. genom jonbyte.

Elektrolys har hittills inte varit en lämplig teknik i större omfattning för att rena metallhaltiga avloppsvatten till låga resthalter. Jämfört med konventionell metallhydroxidutfällning, så har elektrolys den fördelen att "ren" metall kan erhållas. Via

omsältning eller genom att använda katoden från elektrolysen som anod i processbadet kan man återföra metallen till systemet. Elektrolys kan därför vara ett komplement till andra separations-tekniker.

8.3.3.8 Membranfilter

Membranfiltrering innebär att man under tryck pressar en lösning genom ett membran. En lågmolekylär fraktion passerar genom membranet. Det kallas permeat. Högmolekylära föreningar och/eller partiklar samlas i ett koncentrat.

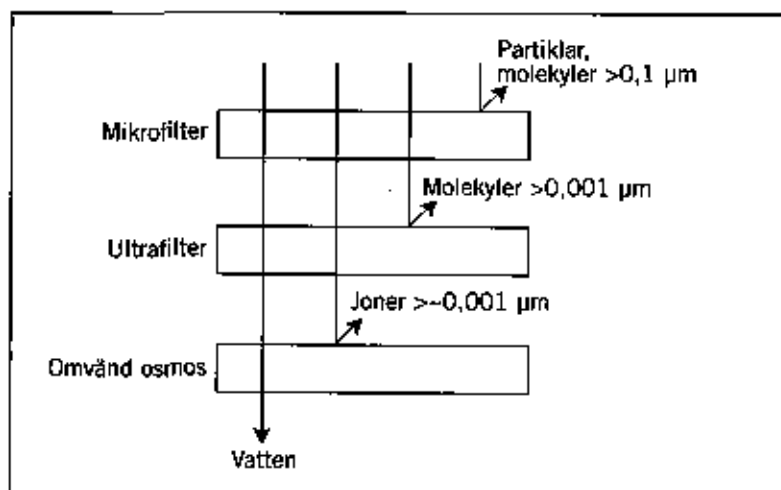


Fig. 31
Avskiljningsområden för
några olika typer av
membranfiltrering.

Membranets separationsegenskaper anges som ett "cut-off". Med "cut-off" menas molekylvikten hos den minsta klotformiga molekyl som hålls tillbaka av membranet. I praktiken erhålls ofta ett annat "cut-off" än det som specificeras beroende på att värdet bestäms under idealiserade betingelser.

Mikrofilter

Mikrofilter har ett "cut-off" mellan 300 000 och 1 000 000. De avskiljer föreningar i området $<0,1$ mm. Arbetstrycket är ofta 1–5 bar. Mikrofilter används som polerstep efter sedimentering eller som ett alternativ till flockning, sedimentering och sandfiltrering. Se även avsnitt 8.2.1.2, Mikrofilter.

Ultrafilter

Ultrafilter har ett "cut-off" mellan 500 och 300 000. De avskiljer föreningar i området 0,001 mm–0,1 mm. De kräver ett arbetstryck av 2–15 bar. Bland membranfiltrena är ultrafilter bäst lämpat för avskiljning av emulgerad olja och de flesta ämnen som ökar den kemiska syreförbrukningen i vattnet. Se även avsnitt 8.1.14.2, Vatten innehållande emulgerad olja.

Omvänd osmos

De tätaste membranfiltren används i en process som kallas omvänd osmos – RO ("reversed osmosis"). RO-membran har en "cut-off" på mindre än 500. Det gör att de kräver höga tryck, 20–80 bar. RO-membranen kan avskilja joner och molekyler som är mindre än 0,001 mm.

De används till exempel vid avsaltning av havsvatten och återvinning av metalljoner. Se även avsnitt 8.2.2.3, Omvänd osmos (RO).

Dialys

Vid dialys utnyttjas jonselektiva membran och osmotiskt tryck för att separera joner från en vattenlösning.

Metoden har främst kommit att användas för regenerering av betbad. Betbad med hög metallhalt samt rent vatten pumpas in i dialysanläggningen. Efter behandling får man en syra med låg metallhalt som kan återföras till betbadet och en vattenlösning som innehåller metallsalter. Anläggningens verkningsgrad blir högre, ju högre metallhalten i betbadet är från början.

Elektrodialys – ED

Elektrodialys – ED – är en process i vilken jonselektiva membran används för att separera joner från en vattenlösning. Den drivande kraften är elektrisk potentialskillnad. Grunden är selektiv elektroflyttning av joner genom katjon- och anjonspecifika membran. Katjonmembran är negativt laddade och medger passage av positivt laddade joner – katjoner. Resultatet blir att jonkon-

centrationen ökar i vissa celler medan andra celler blir utarmade på joner.

Den utarmade lösningen brukar kallas renad vätska. Den koncentrerade lösningen kallas koncentrat.

Elektrodialys kan användas för uppkoncentrering av till exempel nickel, sur zink och krom från sköljvatten. Det är också möjligt att selektivt rena krombad från positiva metalljoner samtidigt som trevärd krom oxideras till sexvärd kromat.

8.3.3.9 Aktiv kolfiltrering

Aktivt kol är ett opolärt adsorptionsmedel som har förmågan att binda opolära molekyler. Det aktiva kolets specifika yta varierar mellan 300 och 3 000 m²/g beroende på råmaterial och vilken tillverkningsprocess som har tillämpats. Den vanligast förekommande kolen har en specifik yta på ca 1 000 m²/g och en porstorlek på 30–150 Å.

Teoretiskt skall kolytan vara helt opolär. Genom autooxidation binds dock syre till ytan. Oxidskiktet, som består av olika kolloidkomplex, gör ytan svagt polär. Det är dock ingen nackdel. Många organiska föreningar är svagt polära.

Ändringar i kolets tillverkningsprocess ändrar kolytans polaritet. På samma sätt påverkar efterbehandlingen av kolet, till exempel syratvätt eller impregnering, ytans polaritet. På så sätt kan adsorptionsförmågan styras till ett specifikt område i vilket kolet adsorberar vissa typer av föroreningar i större eller mindre utsträckning.

Inom vattenreningstekniken används aktivt kol huvudsakligen för att rena vatten med låga halter av adsorberbara substanser, till exempel organiska föreningar. Metoden kan användas som komplement till annan teknik, till exempel för slutpolering av lättflyktiga komponenter efter indunstning. Aktivt kol har också en viss förmåga att kunna adsorbera vissa metaller.

8.3.3.10 Direktavgiftning

Direktavgiftning, även kallad Lancymetoden, är en metod vid vilken kemikalierna från processbadet (utdraget) avlägsnas genom att godset sköljs i ett speciellt avgiftningsbad innan de sköljs med

vatten.

Den amerikanska benämningen Integrated Waste Treatment System är en bra sammanfattning som anger att avgiftningen är en del i ytbehandlingslinen.

Genom att skölja detaljerna i avgiftningskemikalierna erhålles flera fördelar. Reaktionstiderna blir långa vilket säkerställer god verkningsgrad med lågt kemikalieöverskott. Varje utdrag behandlas separat, detta ger ett monoslam vilket ökar möjligheterna till intern eller extern återvinning.

Efter förnickling kan metoden exempelvis utnyttjas enligt följande.

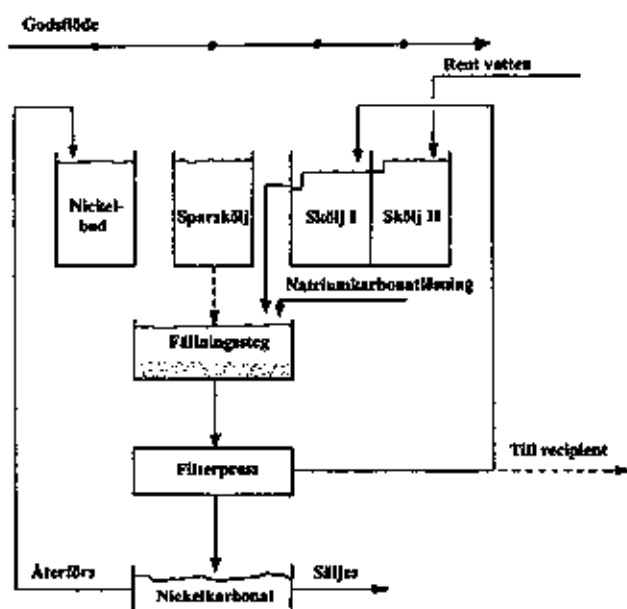


Fig. 32
Direktavgiftning, en
enkel metod för åter-
vinning.

Första sköljsteget efter nickelbadet är ett sparsköljbad. Vätska från detta används för att ersätta avdunstningsförlusterna i nickelbadet.

Andra sköljsteget är en kemisk sköljning i svagt alkalisk natriumkarbonatlösning, där nickel omvandlas till svårslöslig nickelkarbonat. Nickelkarbonaten sedimenterar och avvattnas med en filterpress. Avvattnad nickelkarbonat kan därefter sändas till externt företag för återvinning, alternativt återvinnas internt som nickel-sulfat, nickelklorid eller metalliskt nickel.

Efter kromatering sköljs godset i exempelvis två kemikalieinnehållande steg, för kromatreduktion respektive utfällning av kromhydroxid.

Att metoden inte kommit till större användning i Sverige har bland annat berott på svårigheten att få in systemet i befintliga ytbehandlingsanläggningar (för få sköljsteg) samt osäkerheten angående eventuell påverkan av ytbehandlingen.

8.3.3.11 Kristallisation

Lösligheten för de flesta salter avtar med sjunkande temperatur och ökande H⁺-halt. Detta utnyttjas vid kristallisation. Järnsulfat (FeSO₄) kan exempelvis avlägsnas från svavelsyrabaserade betbad för järn liksom kopparsulfat (CuSO₄) från svavelsyrabaserade betbad för koppar. När temperaturen sänks faller metallsalterna ut och kan separeras, vanligen genom sedimentation.

Genom att metalljonerna Fe²⁺ och Cu²⁺ avlägsnas kan baden i princip få en obegränsad livslängd.

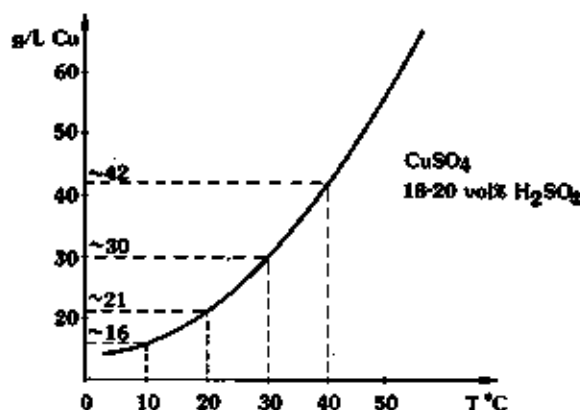


Fig. 33
Lösligheten som funk.
av temperaturen.
Ex. kopparsulfat

8.3.3.12 Cementation

I den elektrokemiska spänningsserien är metallerna och väte ordnade efter avtagande reduktionsförmåga. Detta kan utnyttjas vid rening av sköljvatten och förbrukade processbad.

En sur kopparsulfatlösning har blå färg. Det är Cu²⁺, som ger lösningen denna färg. Om en bit järn får ligga i kopparsulfatlösningen, avfärgas lösningen. Järnet löses delvis upp. Istället bildas en brun fällning, bestående av metallisk koppar.

Med denna metod kan en önskad eller värdefull metall bytas mot en mindre skadlig eller billigare metall, t.ex. kan en ädelmetall ersättas med zink eller som i ovanstående exempel, koppar ersättas med järn.

8.3.3.13 Vätskeextraktion

Metallernas löslighet i vatten varierar med i vilken form de föreligger. Koppar har exempelvis låg löslighet vid pH 9,0 som kopparhydroxid men stor löslighet som kopparammoniumkomplex.

Det vanligaste användningsområdet av vätskeextraktion inom ytbehandlingsindustrin är regenerering av alkaliska etsbad för koppar.

I etsbadet är koppar bunden som kopparammoniumkomplex. Därmed är det mycket svårt att fälla ut koppar som kopparhydroxid. Koppar kan däremot lösas i ett organiskt lösningsmedel (t.ex. betadiketoner) och därefter tvättas ur som kopparsulfat. Kopparsulfaten kan därefter elektrolyseras, varvid metallisk koppar och svavelsyra erhålles. Svavelsyran och det organiska lösningsmedlet återanvänds för extraktioner. Även kopparn kan återvinnas för framställning av ny metall.

8.4 Mät- och reglerinstrument för reningsanläggningar

8.4.1 pH-mätare

pH-instrument används exempelvis vid dosering och kontroll i cyanidoxidation, kromatreduktion, normalisering, neutralisering och slutkontroll. pH-värdet anger lösningens innehåll av vätejoner, det vill säga en vätskas surhetsgrad. En vanlig pH-mätare består av en pH-elektrod som via en kabel är förbunden med pH-instrumentet, som visar det aktuella pH-värdet. Se fig. 34, sid. 105.

8.4.2 Redoxmätare

Redoxinstrument används exempelvis vid dosering och kontroll

pH-mätning

Kvantitativ mätning

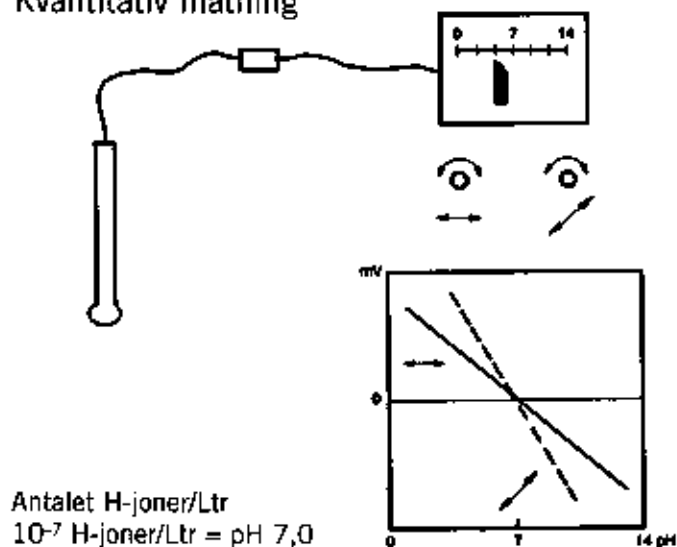


Fig. 34
 pH, en kvantitativ mätning

Redox-mätning

Relativ mätning

Reduktion
 Oxidation
 Redox

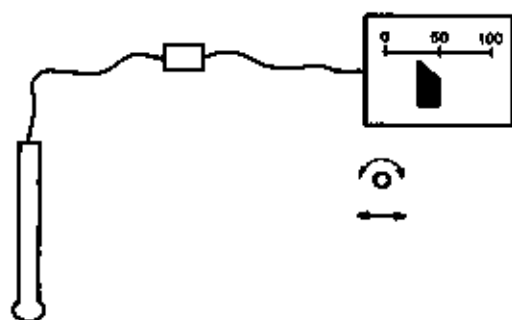


Fig. 35
 Redox, en relativ mätning.

av cyanidoxidation och kromatreduktion. Vid mätningen är det kvoten mellan reducerande och oxidcrande ämnen som mäts. Märvärder anges normalt i mV. Se fig. 35.

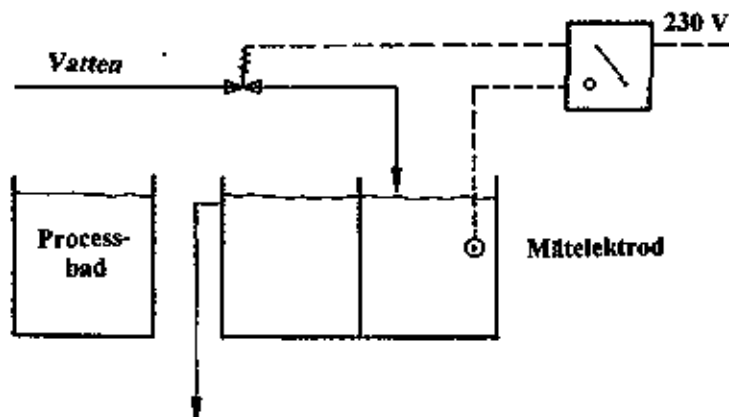


Fig. 36
Ledningsförmågemätning, en metod att styra sköljvattenförbrukningen.

8.4.3 Ledningsförmågemätare

Ledningsförmågemätare används vid kvalitetskontroll av bland annat sköljvatten och vatten som renats med jonbytare vid totalavsaltning. Vattnets elektriska ledningsförmåga är ett mått på vattnets innehåll av salter. Lägre saltinnehåll ger lägre ledningsförmåga (högre resistans i vattnet). Ju högre saltinnehåll desto sämre sköljvattenkvalitet.

8.4.4 Flödesmätare

Flödesmätare används bland annat för att styra dosering av fällnings/flockningsmedel, styra provtagare, ge larm för högt flöde och mäta vattenförbrukningen. Det är enklast att mäta ingående vatten. Man använder i princip en vattenmätare av hushållstyp. Samma teknik kan användas vid mätning av utgående vatten, om vattnet pumpas. En annan metod är mätning i öppen ränna. Vattnet får passera ett s.k. skibord där vattenpelarens höjd mäts med exempelvis tryckgivare eller ekolod. Vattenpelarens höjd omräknas i mätutrustningen till flöde som anges både som aktuellt flöde och som summerat flöde.

8.4.5 Provtagare

Automatisk, flödesproportionell vattenprovtagning görs för att kunna fastställa mängden av olika ämnen i utgående avloppsvatten. Man tar ut ett antal små provvolymmer styrt av flödesmätaren. Provvolymer samlas upp i ett kärl under en arbetsdag (dagsprov) eller en arbetsmånad (månadsprov). Provet skickas till analys. Halterna av olika ämnen multipliceras med flödet av avloppsvatten ut ur anläggningen för att erhålla mängden av utsläppta ämnen.

Se vidare Naturvårdsverkets Allmänna råd 90:1, Provtagning av avloppsvatten, samt Rapport 4156, Provhantering: Samlingsprov av avloppsvatten.

8.4.6 Grumlighetsmätare

Grumlighetsmätare används till exempel för att kontrollera flockningen och kvaliteten på utgående vatten. Mätningen görs normalt optiskt. Man lyser igenom vattnet eller snett mot vattenytan.

9. Avfall

ETT ÖVERGRIPANDE NATIONELLT MÅL är att avfallens volym och farlighet ska begränsas och att behandlingen av uppkommet avfall ska förbättras. De åtgärder som vidtas måste ses utifrån en helhetssyn och präglas av ett långsiktigt tänkande.

9.1 Farligt avfall

Farligt avfall regleras i förordningen om farligt avfall SFS 1996:971.

Enligt förordningen om farligt avfall skall den som utövar verksamhet där farligt avfall uppkommer bl.a. beakta följande:

- Anteckningar skall föras om:
 - mängd uppkommet avfall
 - avfallslag
 - anläggningar som tar emot avfallet.
- Skyldighet att kontrollera att transportören och mottagaren av avfallet har de tillstånd som är nödvändigt för verksamheten.

Naturvårdsverket ger följande råd rörande lagring av farligt avfall:

- Farligt avfall bör lagras på tät invallad yta under tak.
- Farligt avfall bör lagras högst ett år på fastigheten

9.2 Behandling av sköljvatten/ processbad

Behandling av förbrukade sköljvatten som uppkommit i ytbehandlingsanläggningen omfattas inte av tillståndsplikt enligt förordningen om farligt avfall därför att sköljvatten ej betraktas som avfall.

Behandling av förbrukade processbad i egen anläggning omfattas dock av tillståndsplikt enligt förordningen om farligt avfall liksom att skicka metallhydroxidslam och förbrukade processbad till mellanlager eller extern behandlingsanläggning.

9.3 Branschspecifikt avfall

Det branschspecifika avfallet är i huvudsak metallhydroxidslam och förbrukade processbad. Dessutom förekommer eluat från jonbytare samt koncentrat från indunstare och membranfilter etc.

9.4 Övrigt avfall

Enligt renhållningslagen skall kommunerna genomföra en helräckande avfallsplanering. Inriktningen av avfallsplaneringen skall enligt riksdagsbeslut, i korthet, vara följande:

- Producenten ansvarar för sitt avfall (inkl. kostnader).
- Innehållet av miljöskadliga ämnen måste minska.
- Återanvändning och återvinning av material måste öka.
- Teknik och system för en miljöriktig hantering och slutbehandling utvecklas.

Den som bedriver yrkesmässig verksamhet som ger upphov till avfall är skyldig att lämna kommunen uppgifter om sitt avfall i den omfattning som krävs för avfallsplaneringen. För industrins del är de uppgifter som lämnas i miljörapporten tillräckliga i de flesta fall.

Exempel på övrigt avfall är emballagematerial.

Naturvårdsverket anser att följande skall beaktas vid avfallshandling:

- Se över vilka typer av avfall som behöver särskilt omhändertagande (särskild märkning för farligt avfall, vilka avfall kan lagras ihop och vilka måste hållas i sär, förbehandlas före borttransport, krav på tillstånd för transport, lagring, behandling) och vilka material som kan återanvändas eller materialåtervinnas samt vilka som kan nyttiggöras som energikälla.
- Kontrollera att använda förpackningar inte "återanvänds" på otillbörligt sätt.
- Lös i första hand avfallsproblemet genom förebyggande åtgärder (processförändringar, produktutveckling)
- Undersök möjligheterna att återvinna avfall i produktionen alternativt sälja avfallet för återvinning i annan tillverkning.
- Undersök om valet av material och komponenter möjliggör återvinning.
- Organisera en systematisk uppsamling för vidare återvinning av material, t.ex. avfallsolja, papper, lösningsmedel.
- Dokumentera tidigare avfallshandling genom intervju av äldre medarbetare, kartlägg markstatus.
- Redogör för syftet med uppgiftlämning till den kommunala avfallsplaneringen och hur uppgifterna kommer att användas.

10. Lagstiftning och tillsyn

10.1 Lagstiftning

MILJÖSKYDDSLAGEN OMFATTAR FASTA anläggningar och deras påverkan på den yttre miljön (d v s vatten, luft, mark, växter, djur etc). Frågorna prövas individuellt i tillståndsärenden och i tillsynsärenden. I förslaget till ny miljöbalk sammansmälts 15 lagar, bl.a. miljöskyddslagen, samt stora delar av vattenlagen. I den nya miljöbalken föreslås bl.a. att:

- hänsynsreglerna utvidgas och skärps
- regler om s.k. miljökvalitetsnormer införs
- möjlighet att reglera miljöfarlig verksamhet genom generella föreskrifter införs.

I miljöskyddförordningen finns en lista på verksamheter som är förprövningspliktiga vid nyetablering, utbyggnad eller annan förändring av verksamheten. Där listas också verksamheter som är anmälningspliktiga. Tillståndsgivande myndigheter är Koncessionsnämnden för miljöskydd (s.k. A-ärenden) och länsstyrelserna (s.k. B-ärenden). Anmälningsärenden (s.k. C-ärenden) behandlas av kommunernas miljö- och hälsoskyddsnämnder. För närvarande pågår en revision av denna lista.

10.2 Prövning

Vid prövningen skall en tillätlighetsbedömning göras. Lämplig plats skall väljas för verksamheten (4§ ML). Skyddsåtgärder och

försiktighetsmått skall vidtas för att förebygga och avhjälpa olägenheter. Omfattningen av dessa bedöms utifrån vad som är tekniskt möjligt och vid avvägningen mellan olika intressen skall man bl.a. ta hänsyn till vad som är ekonomiskt rimligt vid ett normalföretag i branschen och göra en bedömning med utgångspunkt från störningarnas verkan i miljön (5§ ML).

10.3 Tillsyn

Naturvårdsverket, länsstyrelsen samt den eller de kommunala nämnder som fullgör uppgifter inom miljö- och hälsoskyddsområdet utövar tillsyn över miljöfarlig verksamhet. Naturvårdsverket har det centrala ansvaret, samordnar tillsynsverksamheten och lämnar vid behov bistånd i denna verksamhet. Tillsynen över ytbehandlingsverksamhet som är klassade som C- anläggningar utövas av kommunen. Länsstyrelsen utövar tillsyn över sådan miljöfarlig verksamhet som kräver tillstånd enligt miljöskyddslagen. Kommunen har möjlighet att överta tillsynsansvaret för tillståndspliktig ytbehandlingsverksamhet efter en framställan till länsstyrelsen om överlärelse av tillsynsansvar. Kommunerna hade 1996 övertagit tillsynen över cirka hälften av de tillståndspliktiga ytbehandlingsanläggningarna.

Tillsynen utförs av myndigheterna för att övervaka lagefterlevnaden av bl.a. miljöskyddslagen. Den sker t.ex. genom inspektioner. Dessa kan ske föranmälda men bör även göras oanmälda.

Tillsyn enligt miljöskyddslagen innebär att tillsynsmyndigheten skall se till att:

- Tillstånd finns och anmälan är gjord.
- Villkor i tillstånden följs.
- Utsläppen och störningarna blir så små som möjligt.
- Verksamheten kontrolleras och verkningarna i omgivningen undersöks, rapportering sker.
- Överträdelser rättas till, beivras och miljöskyddsavgift tas ut.

Tillsynen bör inriktas mot systemtillsyn i stället för en detaljerad kontroll av bl.a. utsläpp till vatten, luft samt reningsanordningar. Systemtillsyn innebär tillsyn avseende sådana frågor som hänger samman med hur en verksamhets internkontroll bedrivs,

d.v.s. organisation, handlingsplaner, rutiner, etc. som skapar förutsättningar för regelefterlevnad.

Andra viktiga inslag i tillsynsarbetet är rådgivning, föreläggande om försiktighetsmått och förbud.

10.4 Besiktning

För att förvissa sig om att bestämmelser följs är det i många fall nödvändigt att kontrollera anläggningar och deras skötsel i detalj. Det kan handla om anläggningars tekniska status, hur de sköts, driftinstruktioner och journalföring etc., allt i syfte att kunna bedöma om en anläggning har klarat och/eller förväntas klara uppställda krav.

Tillsynsmyndigheten kan, om man har kompetens och resurser, själv genomföra sådan kontroll vid inspektioner. Ett annat sätt är att förelägga verksamhetsutövaren att uppdra åt en sakkunnig, oberoende person att genomföra en besiktning. Besiktningar utförs på uppdrag av verksamhetsutövaren och utgör således en del av egenkontrollen. En väl genomförd besiktning ger verksamhetsutövaren ett bra underlag att visa att verksamheten bedrivs enligt gällande bestämmelser och i förekommande fall även för att rätta till brister i utrustning eller rutiner. Inspektioner är, i motsats till besiktningar en myndighetsuppgift.

10.5 Inspektion

Inspektionerna är ett av myndigheternas viktigaste instrument i tillsynen av miljöfarliga verksamheter. De är nödvändiga för att tillsynsmyndigheten skall kunna ha en aktuell och verklighetsförankrad kunskap om verksamheterna och deras miljöpåverkan, såväl under normala förhållanden som vid eventuella driftstörningar.

Tillsyn av funktionsvillkor, driftförhållanden och egenkontroll förutsätter ofta inspektioner. Inspektionerna bör i normalfallet vara noggrant planerade och förberedda. Valet av inspektionsmetodik bör vara anpassat till behoven i det aktuella fallet.

Vid inspektion/besiktning kan bl.a. den av Naturvårdsverket

branschpassade checklistan för inspektion/besiktning (Naturvårdsverket Rapport 3425) för ytbehandlingsbranschen användas. I checklistan tas bl.a. följande upp:

- processerna
- processinterna åtgärder
- invallningar och pumpgröpar
- behandling av förbrukade bad
- principalschema för reningsanläggning
- cyanidoxidation
- kromreduktion
- pH-justering
- flockning
- slamavskiljning (sedimentering)
- filterfunktion (ex sandfilter)
- slutkontroll
- slamavvattning
- kemikaliehantering
- kontroll av driftinstruktioner
- kontroll av journalföring
- kontroll om reservdelar för viktiga funktioner finns.

10.6 Ackrediterade laboratorier

Obligatorisk kontroll av vatten enligt miljöskyddslagen skall utföras av ackrediterat laboratorium. Det är verksamhetsutövaren som enligt miljöskyddslagen är ansvarig för att kontrollen genomförs enligt föreskrifter och beslut. Detta gäller oavsett om arbetet utförs av egen personal eller av andra. Den personal som tar ut och ansvarar för vattenprover skall genomgå lämplig utbildning om inte denna kunskap redan finns.

10.7 Kontrollprogram

Basen för egenkontrollen är kontrollprogrammet, vilket bör finnas för ytbehandlingsföretagen. Förslag till kontrollprogram upprättas av företaget och föreläggs av tillsynsmyndigheten. Huvudsyftet

med kontrollprogrammet är att ge såväl företaget som tillsynsmyndigheten fortlöpande information om hur verksamheten bedrivs och möjlighet att följa upp tillståndet med de villkor som är föreskrivna. Kontrollprogrammet är därmed ett viktigt instrument för kontrollen av att miljöskyddslagen följs. Ett kontrollprogram bör i huvudsak innehålla följande punkter:

Administrativa uppgifter

- Namn, adress, platsnummer, kommun, MF-punkt, organisationsnummer, etc. samt en beskrivning av företagets miljöskyddsorganisation och ansvarsförhållanden.

Anläggningskontroll

- Utsläppskontroll: provtagningspunkterna skall anges
- Provtagningsparametrar: de parametrar som mäts skall anges.
- Provtagningsmetoder: ange hur provtagningen går till; noggrannhet, hur ofta, när, under hur lång tid mätning och provtagning skall ske, provhantering etc.
- Analysmetoder: uppgift om vilka analysmetoder som skall användas och deras noggrannhet. Hänvisa till standard.
- Journalföring skall redovisas.

Buller

Uppgifter om mätpunkter, hur ofta bullermätning skall utföras samt ekvivalent ljudnivå, impulsljud och högsta ljudnivå. Uppgift om under hur lång tid och vid vilken tid på dygnet mätningen skall ske, samt vindförhållanden och årstid. Bör innehålla en redovisning av hur mätvärdesbearbetningen utförs.

Avfall

Uppgift om vilka typer av avfall som förekommer och hur detta hanteras och kontrolleras. Hantering av farligt avfall och transport av detta avfall redovisas särskilt. Hur sorteras ej farligt avfall (källsortering).

Kemikalier

I kontrollprogrammet anges hur förbrukningen av kemikalier skall redovisas till myndigheten, t.ex. årssammanställning och råvaruhantering.

Besiktningar.

Hänvisning till skötsel- och driftinstruktioner för alla anläggningsdelar och mätinstrument av betydelse från miljöskyddssynpunkt. Rutiner för funktionskontroll av mät- och provtagningsutrustning inkl kalibrering av flödesmätare och kontinuerligt registrerande instrument. Rutiner för funktionskontroll av erforderliga larmsystem. Ange vilka anläggningar som omfattas av besiktningen, hur ofta dessa skall utföras och vad besiktningen skall omfatta. Samråd om detta bör ske med tillsynsmyndigheten.

Löpande rapportering

Den löpande rapporteringen redovisar resultaten från den i enlighet med kontrollprogrammet genomförda kontrollverksamheten. Följande skall i tillämpliga delar rapporteras:

- Analys- och mätdata från anläggningskontrollen.
- Besiktningar, recipientundersökningar och extra undersökningar.
- Haverier och driftstörningar

10.8 Miljörapport

Varje år skall en miljörapport lämnas till tillsynsmyndigheten av den som utövar tillståndspliktig verksamhet. Huvudsyftet med

miljörapporten är att följa upp villkoren i tillståndsbeslut och redovisa resultaten av utförd kontroll. Miljörapporten skall avse kalenderår och lämnas till tillsynsmyndigheten senast den 31 mars varje år. Om inte länsstyrelsen är tillsynsmyndighet skall en kopia av miljörapporten lämnas till länsstyrelsen. Miljörapporten skall innehålla en kommentar till hur företaget har uppfyllt villkoren i tillståndsbeslutet samt till de resultat som redovisas. *Rapporten skall undertecknas av VD eller motsvarande. Tillsynsmyndigheten är skyldig att inom 3 månader ge en respons på den insända miljörapporten.*

Den miljörapportblankett som har tagits fram för oorganisk ytbehandling bör användas. När det gäller företag där ytbehandling inte är huvudverksamhet, exempelvis verkstadsindustri med oorganisk ytbehandling, kan den branschanpassade blanketten användas som bilaga till den redovisning som görs för huvudverksamheten.

Bilaga B1.

Referensanläggningar

I denna bilaga beskrivs fyra avloppsfria anläggningar. Någon slutna anläggning har inte påträffats, även om denna beteckning oftast används. De anläggningar som marknadsförs som slutna anläggningar är i bästa fall avloppsfria.

1. Järnfosfatering

Kombinerad avfettning och järnfosfatering av verkstadsprodukter före pulverlackering. Järnfosfatering utförs vid ca. 100 anläggningar i Sverige. Många av dessa anläggningar är avloppsfria och uppbyggda enligt ungefär samma princip som beskrivs i detta fall.

Processgång:

1. Avfettning/järnfosfatering.
2. Sköljning; kombinerad doppskölj och dysramp, vilket ger samma effekt som tvåstegs motströmssköljning.
3. Passivering med sex-värd krom.
4. Torkning
5. Pulverlackering

Reningsanläggningen består av följande delar:

Ultrafilter, jonbytare och indunstare

1. Under drifttid cirkuleras sköljvattnet över ultrafilter och jon-

- bytare och förs tillbaka till sköljbadet via dysrampen. Färskvatten tillförs för att kompensera utdrag och avdunstning.
2. Under icke-driftstid renas fosfateringsbadet eller passiveringsbadet över ultrafiltret för förlängd livslängd.
 3. Eluar från jonbytare, tvättvatten från ultrafiltret och förbrukade processbad koncentreras i indunstaren. Kondensatet används vid beredning av nya bad.
 4. Koncentratet från indunstaren, ca. 7-10 % av ingående mängd, skickas till SAKAB.

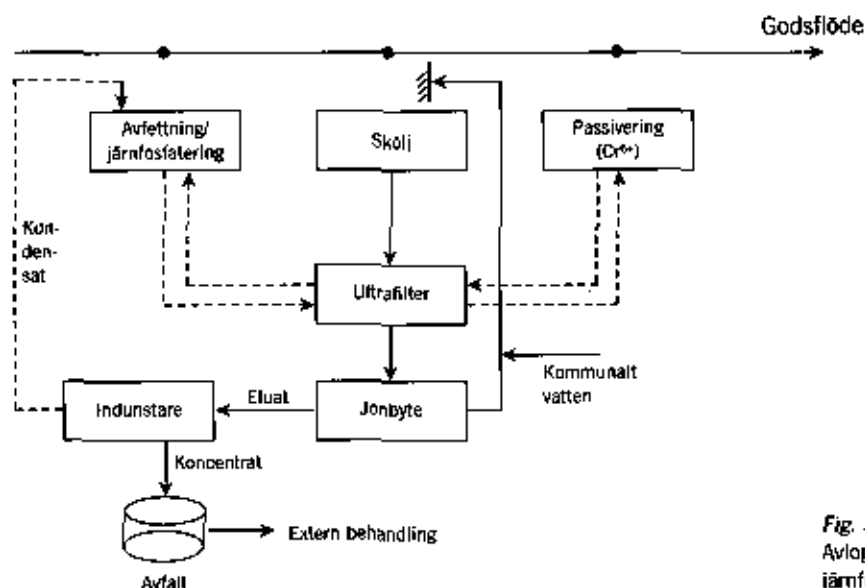


Fig. 37.
Avloppsfri
järnfosfatering.

2. Elektrolytisk förnickling och förkromning av mässing

Elektrolytisk förnickling och förkromning sker ofta vid förhöjd temperatur, vilket medför att avdunstningsförluster och utdrag ofta kan balansera sköljvattenbehovet. Genom återföring av sköljvatten från första sköljsteget kan metaller och kemikalier återföras till processbadet. På grund av detta rekommenderas att dessa processer skall vara "slutna", se punkterna 18 och 19 på sidan 14.

VVS-armatur tillverkas normalt av mässing, som efter meka-

nisk bearbetning, inklusive slipning och polering, förnicklas och förkromas.

Process- och reningssystem:

1. Avfettning med organiskt lösningsmedel (skulle kunna vara vattenbaserat).
2. Första sköljsteget efter metallfria processbad, t.ex. avfettning och dekapering, är sammankopplade till ett system där vattnet cirkulerar över en neutralisations- och sedimenteringsanläggning. Avskilt slam avvattnas med filterpress och skickas bort för deponering.
3. Andra sköljsteget efter metallfria processbad är sammankopplade till ett system där vattnet cirkulerar över jonbytare för totalavsaltning. Eluatet från regenereringen skickas bort för extern behandling.

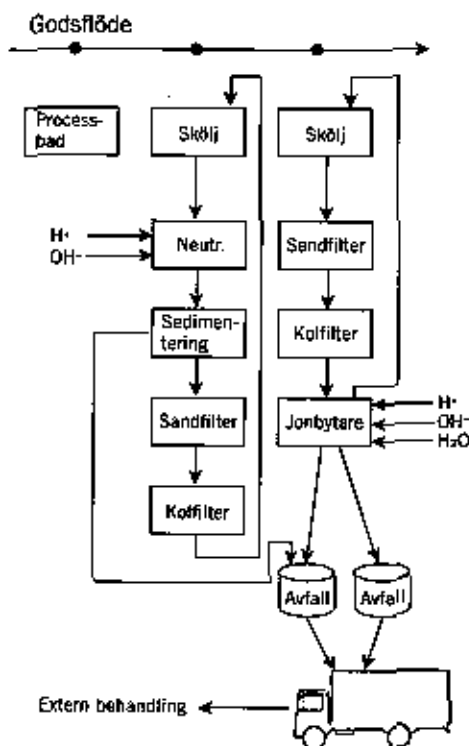


Fig. 38.
Avloppsfri förnickling
och förkromning.

4. Nickelbadet har en arbetstemperatur på 60 °C och är försedd med luftomrörning. Detta i kombination med flerstegs motströmssköljning gör det möjligt att återföra en stor del av utdraget.
5. Krombadet arbetar med lägre arbetstemperatur, högre kemikaliekoncentration och utan luftomrörning. Resultatet blir större utdrag och mindre avdunstning jämfört med nickelbadet. För att öka avdunstningen, finns en vakuumindestare ansluten till första sköljsteget. Koncentratet från indunstningen leds till krombadet och destillatet till näst sista sköljsteget efter krombadet.
6. Sista sköljsteget efter nickel- och krombadet (de enda metallinnehållande processbadet) cirkulerar över jonbytare för totalavsaltning. Eluatet från regenereringen skickas bort för extern behandling.

Resultatet av denna reningsteknik är:

- Inga utsläpp till lokal recipient.
- Behandling av förbrukade processbad och eluat sker vid extern anläggning (möjlighet till återvinning av metaller).
- Inga torkfläckar på godset genom låg salthalt.

3. Elektrolytisk polering av rostfritt stål

Elektrolytisk polering utförs vid ett flertal anläggningar i Sverige. Metoden används som efterbehandling av föremål tillverkade av rostfritt stål. Metoden genererar normalt stora mängder metallhaltigt sköljvatten (järn, nickel, krom).

Den beskrivna tekniken innebär att även små ytbehandlingsanläggningar har möjlighet att installera avloppsfria system som är lättskötta och förhållandevis billiga.

Reningsanläggningen är uppbyggd kring en indunstare, jonbytare och ett aktivt kolfilter.

1. Sköljvattenet från elpoleringen indunstas, kondensatet renas genom ett partikelfilter, ett aktivt kolfilter och jonbytare och förs tillbaka till processen.
2. Eluat från jonbytaren körs i indunstaren. Förbrukade processbad och koncentrat från indunstaren skickas bort för omhändertagande.

Anläggningen sköter sig i stort sett själv och kräver mycket lite underhåll.

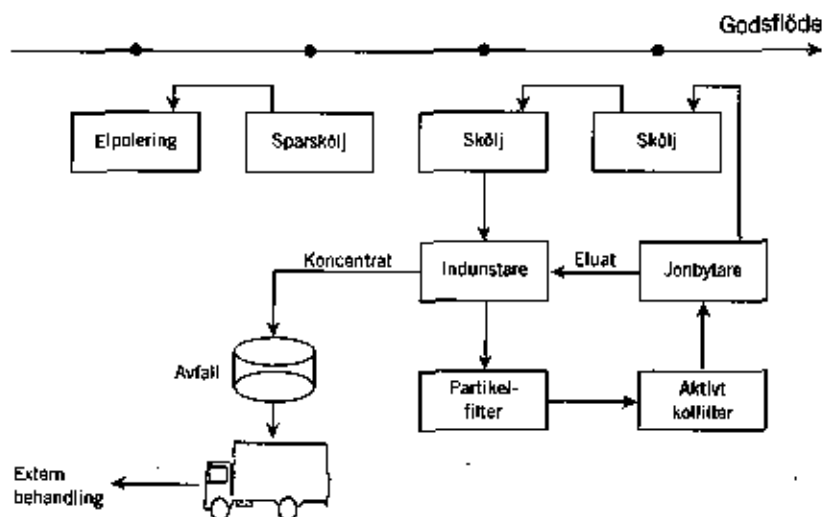


Fig. 39.
Avloppsfri elpolering.

4. Elektrolytisk förzinkning i trumma

Förzinkning är idag den vanligaste elektrolytiska ytbehandlingsmetoden. Detta företag är legoförzinkare av framför allt fästelement.

Processgång:

- avfettning
- avlägsnande av koppar (smörjmedel vid tråddragning)
- berning
- elaktivering

- förzinkning (sur zink)
- kromatering
- anoljning

Reningssystemet är uppbyggt kring ett flertal bygghitar, främst bestående av:

1. Sköljning i 6-steps motsrömsköljning (ger en mycket liten mängd sköljvatten att behandla).
2. Cyanidhaltiga vätskor (förbrukade processbad, eluat, etc.) oxideras först elektrolytiskt. Resthalterna oxideras med natriumhypoklorit.
3. Reduktion av karbonater genom kristallisation.
4. Satsvis hydroxidfällning, slamavvattning med filterpress. Filterkakor torkas för deponering.
5. Rejektvattnet från filterpressen till vakuumin্দunstning, kondensatet återförs till processen som sköljvatten. Koncentratet från indunstningen till kristallisation, varvid neutral-salter faller ut och sänds till deponi. Klarvattenfasen från kristallisationen går till förnyad satsvis behandling.

Resultatet av denna reningsteknik är:

- Inget utsläpp till lokal recipient.
- Metallhydroxidslam sänds iväg torkat för deponering.

Bilaga B2.

Litteraturförteckning

1. Naturvårdsverket, Allmänna råd 85:1, Vattenvård inom verkstads- och ytbehandlingsindustri, 1985
2. Naturvårdsverket, Allmänna råd 93:9, Avfettning av metall, 1993
3. Naturvårdsverket, Allmänna råd 97:4, Varmförzinkning, 1997
4. Naturvårdsverket, Branschfaktablad, Målning av metall, 1997
5. Förordningen om farligt avfall, SFS 1996:971
6. Boverket, Allmänna råd 1995:5, Bättre plats för arbete
7. IVL-rapport B 1273, Karakterisering av verkstadsindustriella avloppsvatten med en ekotoxikologisk bedömning, 1997
8. Naturvårdsverket, Allmänna råd 89:5, Biologisk – kemisk karakterisering av industriella utsläpp, 1989
9. Naturvårdsverket, Rapport 4621, Karakterisering av utsläpp från kemiindustrin – STORK-projektet
10. Naturvårdsverket, Branschfaktablad, Blåstringarbete (under produktion), 1997
11. Naturvårdsverket, Allmänna råd 78:5, Externt industribuller
12. Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS 1992:7) om begränsningar av vissa kemiska produkter. Ändring i föreskrift (KIFS 1996:2)
13. Pariskommissionens rekommendation 92/4, Reducering av utsläppen från ytbehandlingsindustrin
14. EU, Rådets Förordning 1863/93, EMAS
15. Allmänna standardiseringsgruppen, Stg, ISO 14 000
16. Porter, M & van der Linde, C, "Towards a New Conception of the Environment – Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 1995
17. Sveriges Galvanotekniska Förening, Lärobok i elektrolytisk och kemisk ytbehandling, band I, II och III, 1995
18. Environment Performance Guide, Water Use in the Metal Finishing Industry, Environmental Technology Best Practice Programme, UK, 1996

19. Sveriges Verkstadsindustrier, Reningssteknik vid vattenbaserad metallrengöring, V060026, 1995
20. Möjligheter att minska miljöbelastningen från ytbehandlingsindustrin (Nordiske Seminar- og Arbejds rapporter 1993:561)
21. IVF-skrift 92804, Krav och reningsteknik för avloppsvatten från trumlingsprocesser - Förstudie
22. IVF-skrift 92803, Krav och reningsteknik för avloppsvatten från förbehandling vid lackeringsföretag - Förstudie
23. Ytbehandlingsskolan, Ytforums handbok om ytbehandling, Ytforums förlag, 1986
24. IVL, Recirkulation av sköljvatten - sköljsystem och recirkuleringsteknik, 1996
25. SIS, Katalog över Svensk Standard, SS 02 81 45
26. Naturvårdsverket, Rapport 4781, Verkstadsindustrins kemikalier, 1997
27. Naturvårdsverket INFORMERAR, Industriell kemikaliehantering (säkerhetsfrågor för den yttre miljön)
28. Naturvårdsverket, Rapport 4234, Ett miljöanpassat samhälle
29. Naturvårdsverket, Rapport 4602, Mål för särskilda avfallslag, Aktionsplan Avfall
30. Naturvårdsverket, Rapport 4206, Industri och miljö. Underlagsrapport till aktionsprogram
31. Naturvårdsverket, Allmänna råd 97:6, Verkstadsindustrins avfall (under produktion), 1997
32. Industriförbundets miljöskyddshandbok 1993
33. Naturvårdsverket, Allmänna Råd 89:2, Anläggningskontroll enligt miljöskyddslagen, 1989
34. Naturvårdsverket, Allmänna Råd 89:7, Anläggningskontroll - verkstads och ytbehandlingsindustri, 1989
35. Naturvårdsverket, Rapport 3425, Checklista för inspektion/besiktning för ytbehandlingsverksamhet
36. Naturvårdsverket, Allmänna råd 90:1, Provtagning av avloppsvatten, 1990
37. Naturvårdsverket, Rapport 4156, Provhantering: Samlingsprov av avloppsvatten
38. Naturvårdsverket, Allmänna Råd 90:14, Kontroll av vatten vid ackrediterade laboratorier, 1990
39. Naturvårdsverket, Allmänna Råd 94:3, Tillsyn över miljöfarliga verksamheter, 1994
40. Naturvårdsverket, Allmänna Råd 94:1, Miljörapport för tillståndspliktiga företag, 1994

Bilaga B3. Index

- ackrediterade laboratorier 114
ADPA, acetodifosforsyra 54
adsorption av olja 82
AFE, alkylfenolcroxylater 55
aktivt kolfiltrering 101
Aluzink 46
aminer 54
ammoniak 54
anodisering 40
avfall 108, 116
avfettning 37, 70
avloppsfria anläggningar 91
avmetallisering 48
avrenningstid 30, 31
bakterietillväxt 93
beläggning med bly 52
beläggning med mässing 45
besiktning 113
betning 37
betpasta 37
blandsyra ($\text{HNO}_3 + \text{HF}$) 39
bly 17, 46, 52
blåstring 23, 39
BOD, biologiskt syrebehov 23
branschspecifikt avfall 109
buller 24, 115
butindiol 55
cementation 103
citronsyra 54
COD, kemiskt syrebehov 23
CVD, kemisk vacuumbeläggning 47
cyanid 53
cyanidhaltigt vatten 15, 65
cyklon 24
deponering 77
dialys 100
direktavgiftning 101
dropplåtar 31
EDTA, etendiamintetraacetat 37, 54
elektrodialys 100
elektrolys 98
elektrolytisk metallbeläggning 42
elektrolytisk polering, elpolering 48, bilaga B1:3
cloxering 40
"end-of pipe"-rening 57
EMAS, miljöledningssystem 28
emulgerad olja 80
"Esbjergdeklarationen" 26
EU 26
farligt avfall 108
filtrering 73
flockningskemikalier 56
flotation 73
fluoridhaltigt vatten 69
flödesmätare 106
fosfater 54
fosfatering 39

- fosfathaltigt vatten 69
 fri olja 79
 fysikalisk vakuumbeläggning 47
 fällningskemikalier 56
 förbehandling 37
 förbrukade processbad 109
 förbättrad "end-of-pipe"-rening 83
 förkoppling 44, 45
 förkromning 14, 43, bilaga B1:2
 förnickling 14, 42, 45, bilaga B1:2
 förtunning 44, 46
 förziakning 23, 42, 46, bilaga B1:4
 generella föreskrifter 27
 glansbildare 55
 glukonater 37, 54
 glukonsyra 37, 54
 grumlighetsmätare 107
 gränsvärden 90
 HELCOM,
 Helsingforskommissionen 26
 hydroxidfällning 15, 61
 hydroxidslam 77
 hårdning 50
 indunstare 96
 inspektion 113
 internationella överenskommelser 26
 IPPC-direktivet, EU 26
 ISO 14 000, miljöledningssystem 28
 jonbyte 94
 jonimplantation 47
 järnfosfatering 39, bilaga B1:1
 järnkloridbehandling 37
 kadmiering 44
 kadmium 17, 52
 karakterisering av utsläpp 23
 kemikalier 51, 54, 116
 kemisk spaltning 81
 kemisk metallbeläggning 45
 kemisk vakuumbeläggning 47
 kommunalt reningsverk 58
 komplexbildare 37, 54, 63
 kontrollprogram 114
 kristallisation 103
 kromat 53
 kromatering 40
 kromfälla 43
 kromhaltigt vatten 16, 67
 kvicksilver 17, 52
 kylindunstare 43
 kylvatten 57, 59
 lagsiftning 111
 lamellsedimentering 60, 72
 Lancymetoden 101
 LAS, linjära alkarylsulfonater 55
 ledningsförmåga, -mätare 35, 106
 ledningssparering 57
 lösningsmodell 24
 manganfosfatering 39
 materialval 51
 mekanisk metallbeläggning 47
 membranfilter 99
 metallhaltigt vatten 15, 61
 metallhydroxidslam 77
 Microtox 23
 mikrofilter 86
 mikrofilter 99
 miljöledningssystem 28
 miljöpåverkan 20, 24
 miljörapport 116
 motströmsköljning 32
 natriumacetat 54
 natriumhypoklorit 65
 nitrithaltigt vatten 69
 nonylfenoletoxylater 55
 Nordsjökonferensen 26
 NTA, nitrilotriacetat 37, 54
 oljebelagt suspenderat material 79
 oljehaltigt vatten 17, 79
 omvänd osmos 89, 100
 organiska ämnen 22, 76
 oxalater 37, 54

- PAROOM, Pariskommissionen
 26, 54
 passivering 41
 pH-mätare 104
 "Porrethypotesen" 28
 processval 52
 provtagare 107
 prövning 111
 PVD, fysikalisk vakuumbeläggning
 47
 påläggsavetsning 47
 recipient 58
 redoxmätare 104
 regenerering av betbad 37
 reningsteknik 57
 riktvärden 89
 rök 23
 saltsyra 37
 sandfilter 84
 sedimentering 70
 selektiv jonbytare 88, 95
 skyddsavstånd 20
 sköljkriterium 30
 sköljteknik 29
 slamavskiljning 16, 70
 slamavvattning 17, 74
 slamflykt 83
 slamförtjockning 74
 slamtorkning 76
 slutna anläggningar 91
 sparsköljning 32, 34
 sprusksöljning 34
 spänningsminskare 55
 spårfilter 24
 stoft 23, 46
 stripping 48
 styrning av sköljvattenmängd 35
 stänkskydd 31
 sulfidfällning 61, 88
 svartoxidering 41
 svavelsyra 37
 tensider 55
 termisk metallbeläggning 46
 termisk sprutning 23, 46
 tidsstyrning 36
 tillsyn 112
 TOC, totalt organiskt kol 23
 totalavsaltning 95
 trumling 47, 49
 ultrafilter 82, 100
 utdrag 30, 31, 93
 utsläppsvärden 89
 varmdoppning 46
 varmförzinkning 23, 46
 vattenförbrukning 29, 32, 36
 vinsyra 37, 54
 våtskrubber 43
 vätskeextraktion 104
 ytbehandling i trumma 31
 ytbeläggning i vacuum 47
 ytutjämnare 55
 zinkfosfatering 39
 återvinning 25, 77
 överdrag, se utdrag