

DEN NORSKE INGENIØRFORENING  
BEDRIFTSLEGEFORENINGEN  
NORSK FORENING FOR VARME-, VENTILASJON-  
OG SANITAERTEKNIKK

B 63

INDUSTRINS AVLØPSPROBLEMER  
Tiltak i eller utenfor bedriften

Foreleser:  
Direktör Leif Bruneau  
Industrins Vatten-  
och Luftvård AB

Efftertrykk kun etter skriftlig tillatelse fra N.I.F. og forfattaren.

## Allmänt

Åtgärder mot vattenförorening kan inom industrin vidtagas på två olika nivåer:

1. Genom alternativa eller differentierade processmetoder, ändring av vattensystemen inom industriområdet och cirkulation av processvatten på en eller flera punkter, d.v.s. åtgärder "innanför staketet" eller fabriksinterna åtgärder.
2. Genom i huvudsak konventionell avloppsvattenbehandling av mekanisk, kemisk eller biologisk art.

När man skall angripa ett industriavloppsproblem kan man i de flesta fall inte ställa in sig på att lösa den efter en av ovan citerade linjer, utan måste i allmänhet kombinera dem. I det följande skall emellertid i huvudsak fabriksinterna åtgärder närmare diskuteras.

## Vattenförbrukning

För en och samma tillverkning kan man - beroende på processens utformning - använda mer eller mindre vatten per ton produkt. I Norden, där vattentillgången vanligen är god, har industrin vant sig vid en riklig tillgång på vatten av ofta hög kvalitet. Många tar t.ex. in ett högklassigt kylvatten, värmer upp det kanske  $2^{\circ}\text{C}$ , för att sedan släppa ut det i ett vattendrag. Detta innebär på intet vis någon kvalificerad förorening av vatten, men om industrin köper vatten ifrån en kommun, d.v.s. vatten som har ett pris i kronor och öre per  $\text{m}^3$ , kan det vara skäl att tänka över om ett sådant slöseri verkligen är förenligt med sund ekonomi. Kylvatten kan där emot bli ett föroreningsproblem om utsläppen är stora och temperaturhöjningen  $8 - 10^{\circ}\text{C}$  som fallet är vid ångkraftverk.

Den verkligt intressanta vattenförbrukningen är emellertid förknippad med det vatten som ingår i processen och som alltså kommer i direkt kontakt med råvaror eller färdig produkt. Så länge kraven på rening av avloppsvatten är svaga eller obefintliga finns det normalt inte någon annan orsak till vattenbesparing än eventuellt en kostnad för vattnets eller tillfälliga

vattenbristsituationer. Med kravet på rening av avloppsvatten kommer emellertid vattenförbrukningsfrågan i en helt ny dager. Orsakerna härtill är flera:

1. Det är dyrare att rena en stor volym vatten än en liten volym vatten.
2. I det utspädda processvattnet finns vanligen värdefulla råvaror eller produkter i stark utspädning.
3. Den restkoncentration man får efter en lång och dyrbar reningsprocess är vanligen densamma om man har gått in med en stor eller en liten specifik vattenförbrukning.

Den senaste passusen kan kanske fordra en exemplifiering. Om ett visst reningsförfarande ger en restkoncentration av 20 mg/l är denna koncentration i allmänhet ganska oavhängig av eventuella fluktuationer i inkommande vattens föroreningshalt. Har företaget ett föreläggande om ett maximalt utsläpp av t.ex. 50 kg/dygn av sagda förorening medför detta att den genomsnittliga vattenmängden som förbrukas inte får överstiga 100 m<sup>3</sup>/timme. Skulle avloppsmängden uppgå till det dubbla innebär det att man med den använda reningsprocessen får en dubbelt för stor utsläppsmängd.

I äldre fabriksanläggningar är det vanligt att olika sorters avloppsvatten blandas inom fabriksbyggnaderna eller i varje fall inom fabriksområdet. Där finns sålunda gemensamma ledningar för avloppsvatten från toaletter och tvättrum, från olika processer samt från tak och gårdsplaner. Allt detta vatten avleds i princip som framgår av den schematiska skissen, fig. 1, via en eller flera ledningar ut i mottagande vattenområde. Det framgår tydligt av bilden att flera av de tänkta avloppsvattnen inte är förorenade eller varje fall är obetydligt förorenade. Det blandade utsläppet av allt vatten gör emellertid att man får en stor volym vatten med låg föroreningskoncentration.

Bilden, fig. 1 b, visar att man genom fabriksinterna åtgärder kan återanvända en del av vattnet i produktionen. En annan del kan kanske efter rening

återanvändas medan åter andra vatten direkt bör avledas till recipienten. Genom den här skisserade kopplingen har en väsentligt lägre vattenförbrukning kunnat åstadkommas. Den väsentliga vinsten är emellertid att de verkligt förorenade vattnen har kunnat samlas för sig och ledas till en avloppsreningsanläggning av rimlig storlek. Genom återcirkulationen av vattnet som också skisserats så får man räkna med att viss återtagning av produkt eller råvara kan bli möjlig.

I fabriker som byggs idag skall denna filosofi vara helt accepterad och redan i fabriken planering skall ingå antalet olika avloppssystem som måste finnas inom fabriksområdet och vilka vatten som bör kunna cirkuleras. Vid denna uppsortering av olika vatten kan man med viss grad av säkerhet grundad på erfarenhet bedömma vilka reningsåtgärder som bör vara tekniskt-ekonomiska att vidtaga i de enskilda fallen.

#### Avloppssanering

För äldre industrier innebär enbart separationen av vatten för att erhålla de aktuella processvattnen i en hanterlig volym ett utomordentligt dyrbart och intrikat arbete. Man kan därför vanligen säga att en fullt effektiv sanering av äldre industri i allmänhet endast kan komma till stånd i samband med en genomgripande modernisering av företaget. Även utan sådana genomgripande omändringar kan emellertid många gånger väsentlig reduktion av föroreningseffekten erhållas.

Vilka möjligheter som här föreligger kan emellertid endast klarläggas genom en ordentlig kartering av fabriken olika flöden. Sådana karteringar, som tillhör vårt företags specialiteter, är ofta mycket besvärliga att utföra och därför tyvärr relativt dyrbara. Det gäller nämligen inte bara att konstatera hur mycket förorening som under en viss tidsperiod - t.ex. ett dygn - går ut ifrån fabriksanläggningen i dess helhet. Skall det vara någon mening med en kartering måste man gå in i detalj i fabriken avloppssystem, följa de olika processerna, de olika produktionsenheterna och konstatera läckage, överkörningar, felaktigheter i kopplingar och dylikt. Med stöd av ett sådant detektivarbete kan företagsledningen och dess konsulter få det fakta-underlag som fordras för en teknisk riktig planering av saneringsåtgärderna inom den äldre industrin.

I många fall anser sig företagen ha en mycket god överblick över sina specifika avloppsutsläpp. Man vet precis vad som faller i olika delar av fabriker därför att man vid flera tillfällen tagit stickprov på sina avloppsvatten. Vanligen finns dock inte någon mängdmätning på de flöden som konstaterats innehålla vissa mg/l av olika föroreningar. Här har ofta sangviniska uppskattningar gjorts, vilket resulterar i en snedvridning av resultatet. Dessutom är stickprov sällan tillfyllest för att illustrera vad som händer i fabriker.

Resultatet av fabriksundersökningar är i många fall en chock för fabriksledningen och nästan regelmässigt så får man höra att det måste ha förekommit någon form av ojämnhet i driften eller olycksfall i arbetet under just den period när mätningen utförs. Det visar sig nämligen alltid att överkörningar av cisterner med högkoncentrerade lösningar inträffat, att golvspolvatten inte som man kanske hade anledning att tro var endast obetydligt förorenade utan kanske höll storleksordningen 25 % av den totala föroreningsbelastningen o.s.v. Sådana detaljer i ett karteringsresultat pekar på ofta stora utsläpp som kan rättas till med relativt enkla åtgärder. Så kan det t.ex. vara utomordentligt värdefullt ur föroreningssynpunkt att i en avdelning helt sätta igen alla golvbrunnar och därigenom utesluta varje form av spill. Detta är t.ex. en regel som bör gälla i mekaniska verkstäder där olja och oljeemulsioner används. Olja som kommer ut på golvet skall tas upp med sågspån eller på annat sätt och får icke gömmas i kloaken.

#### Mänskliga faktorn

Över huvud taget är den mänskliga faktorn en utomordentligt betydelsefull del av vattenföroreningsproblemen. Vi har därför i Sverige i en rad industrier kommit fram till att en man måste göras ansvarig för de vattenvårdande åtgärderna inom företaget. Inom små företag blir det väl i första hand den verkställande ledningen som själv får svara för den här funktionen men i t.ex. större koncerner har det numera blivit vanligt att tillsätta en person på överingenjörnivå som enbart har till uppgift att syssla med miljövårdsfrågorna. Som exempel kan nämnas Cellulosabolaget och Bergslaget. Det räcker emellertid inte med en sådan central funktion inom företaget. Det är nödvändigt att varje man har klart för sig att om man gör ett fel som innebär en störning i driften så innebär det ofta också att det blir

en störning av avloppsvattnet. De som infört ett väl definierat avloppskontrollsystem anser sig allra bäst kunna överblicka hur driften gått vid fabriken genom att följa upp siffrorna i avloppsvattenrapporten.

Efter dessa allmänna resonemang om vad man kan göra inom olika fabrikationstyper skall jag med ett par exempel försöka ge en bild av hur man praktiskt har angripit föroreningsproblemen innanför staketet och i ett par fall hur man mera teoretiskt kan ge sig på denna problematik.

### 1. Benmjölsfabrik

Från slakterier runt om i landet faller stora kvantiteter ben, som i och för sig innehåller värdefulla produkter. Omhändertagandet av dessa produkter är emellertid som all avfallshantering något obehaglig och det avloppsvatten som faller ifrån benmjölsprocesserna är mycket besvärliga. Avloppsvattenkvantiteten är emellertid ganska begränsad och när det gällde att ta itu med de stora föroreningsproblem som åsamkades av en benmjölsfabrik här utanför Stockholm valde man att söka sig fram via en diskontinuerlig reningsprocess. Undersökningar som föregick planeringen av avloppsreningsanläggningarna visade att utsläppet av organisk substans motsvarade ca 4 ton biokemisk syreförbrukning  $BS_5$ /dygn. Som jämförelse kan nämnas att en person anses släppa ut organisk substans motsvarande en biokemisk syreförbrukning av ca 60 g/dygn. Den utförda karteringen visade emellertid att en stor del - ca hälften - av den aktuella föroreningsbelastningen skulle kunna elimineras genom vissa interna åtgärder. Undersökningen visade nämligen att okontrollerat spill kunde ske på flera punkter - spill som normalt inte ansågs ha någon betydelse p.g.a. den lilla kvantitet det rörde sig om. Det visade sig emellertid att den relativt blygsamma vattenkvantiteten innehöll så utomordentligt höga koncentrationer föroreningsämnen att den trots allt var av stor betydelse.

Förförsök i halvt teknisk skala visade att en biologisk process i två steg skulle kunna användas för behandling av de aktuella avloppsvattnen. Med hänsyn till avloppsvattnets höga koncentration visade det sig emellertid vara att föredraga att före själva den biologiska behandlingsanläggningen lägga en flotationsanläggning för fettavskiljning varigenom den biologiska

anläggningen starkt avlastades speciellt när mycket fett följde med avloppsvattnet.

Anläggningen har nu varit i drift i över två år och resultatet är överraskande gott. Den massiva förorening som tidigare gick ut i den lilla ån som är företagets recipient har reducerats till onligt vattendom maximalt 100 kg  $BS_5$  per dygn, vilket alltså skall jämföras med de 4000 kg  $BS_5$  per dygn som gick ut innan reningsanläggningen sattes igång (fig. 2). Normalt ligger värdena betydligt bättre men en viss säkerhetsmarginal måste finnas på grund av svårigheterna att i varje läge styra den biologiska processen.

## 2. Klor-alkalifabriker

Utsläpp av organiska kvicksilverföreningar från cellulosaindustri är numera förbjudet i Sverige sedan man konstaterat en allvarlig ökning av metylkvicksilverhalten i fisk som lever i vattendrag nedströms sådana industrier. Riktigt lika stora effekter har icke konstaterats nedströms kloralkaliindustrin. Eftersom emellertid kvicksilverutsläppet från dessa industrier är utomordentligt stort har det ansetts angeläget att så långt möjligt reducera även dessa kvicksilverutsläpp. Enligt internationell praxis är ett utsläpp totalt från en klor-alkalifabrik av 150 à 200 g kvicksilver per ton producerad klor helt acceptabelt. När den svenska klor-alkaliindustrin började undersöka sina kvicksilverutsläpp låg man kanske något bättre än denna internationella praxis eller omkring 100 g/ton. Tillsammans med Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL) gjordes karteringar av klor-alkali-fabrikerna i landet för att få ett så brett underlag som möjligt för bedömning av hur kvicksilverförlusterna effektivast och mest ekonomiskt skulle kunna reduceras.

Tillverkningen av klor- och alkali enligt kvicksilverprocessen tillgår ju på så sätt att en koncentrerad natriumkloridlösning elektrolyseras mellan grafit- och kvicksilverelektroder. Härvid frigöres klor i gasform, som avledes, och den bildade natriummetallen amalgameras med kvicksilverelektroden. Natriumamalgamet rinner till en s.k. sekundär cell där det behandlas med vatten, varvid kvicksilvret frigöres och natriumhydroxid bildas. Vid processen bildas också vätgas.

Som framgår av skissen, fig. 3 a, avgår kvicksilver i betydande utsträckning med vätgasen och med kondensatet efter vätgaskylningen. Även med spolvatten från golven avgår som framgår av skissens stora kvantiteter kvicksilver. Avgången från golven är i viss mån intermittent beroende på spill vid service på cellerna och på att de gamla betonggolven tillät en ackumulering av kvicksilver i sprickor o.dyl. Ur arbetshygienisk synpunkt måste kvicksilverhalten i fabriksluften hållas låg. Luftväxlingen är därför mycket god vilket i sin tur medför stor kvicksilveravgång till atmosfären.

Karteringarna visade att väsentliga reduktioner av kvicksilverutsläppen kunde göras genom för vissa fabriker relativt enkla anordningar. Först och främst gällde det naturligtvis att växla av de avloppsledningar som t.ex. förde dagvatten eller rent kylvatten in under fabriksgolven och till vilka ledningar processvatten ifrån industrin var anslutna. För vissa äldre industrier har denna avväxling inneburit relativt stora kostnader, men på andra håll har man kunnat relativt enkelt isolera de förhållandevis små processvattenmängderna och låtit de andra vattnen även i fortsättningen gå i de grova kanalerna. Den stora reduktionen av kvicksilverutsläpp åstadkoms genom att kyla vätgasen i ytterligare ett steg till under  $5^{\circ}\text{C}$  och övergång från direkt till indirekt kylning av gasen. Härigenom har kondensatet ifrån vätgaskylningen kunnat återanvändas i processen. Lutens ofta höga kvicksilverhalt har medfört en sekundärförurening ofta på helt andra platser. Genom filtrering har man lyckats få ner kvicksilverhalten till ca 1 g/ton klor vilket accepteras av myndigheterna.

Av fig. 3 b framgår hur man genom långtgående fabriksinterna åtgärder har kunnat reducera kvicksilverutsläppen till vattnet med ca 90 %, alltså utan att egentligen sätta några reningsanläggningar efter fabriken. Åtgärderna förefaller nästan lika självklara som enkla. För industrin som inte haft anledning räkna med olägenheter av kvicksilverutsläpp fanns det tidigare ingen anledning att så i detalj gå över sina system och fabriker var därför inte heller byggda för en så komplett återtagning av Hg. En del fabriker har därför helt fått rekonstrueras. En väsentlig och värdefull följdverkan av åtgärderna är att stora kvantiteter värdefullt kvicksilver kunnat återvinnas i processen. Inom parentes kan man med jonbyte eller



kemisk fällning som slutreningssteg nå en praktiskt taget fullständig slutning av fabriken.

### 3. Ytbehandlingsindustri

Det är få industrityper i Sverige som har så hårt reglerade villkor när det gäller utsläpp som ytbehandlingsindustrin. Orsaken härtill är i första hand en del mycket uppmärksammade fiskdödfall genom utsläpp i första hand av koncentrerad zink-cyanidlösning i vattendrag. Genom den allt intensivare debatten om tunga metallers inverkan på miljön har över huvud taget ytbehandlingsindustrins utsläpp av tungmetaller kommit allt mera i blickpunkten.

Det vanliga systemet inom ytbehandlingsindustrin har ju varit att man har ett eller flera sköljbad med ständigt rinnande vatten där arbetsstyckena doppas ned antingen mekaniskt - om man arbetar i en automatprocess - eller för hand vid de enklare anläggningarna. I äldre anläggningar har det här som i många andra fall varit en strävan att bygga avloppsnätet på enklast möjliga sätt. Detta har inneburit att allt vatten ifrån olika sorters sköljningar förts till i princip samma ledning och ut i recipienten. Härigenom har alltså sura och cyanidiska vatten fått gå i samma ledningar med yrkeshygieniska risker som följd.

Med kraven på åtgärder för reduktion av metall- och cyanidhalterna följer naturligen nödvändigheten av en uppseparering i olika nät. Vad som emellertid har varit utomordentligt svårt att få ytbehandlingsindustrins folk att acceptera är fabriksinterna åtgärder för att nedbringa den specifika vattenförbrukningen. På sista åren med den utveckling som nu skett emot behandling med jonbytare har emellertid motståndet börjat vackla. På bild 4 illustreras hur otrolig skillnaden är mellan sköljvattenmängderna beroende på hur sköljningen är anordnad.

Överst visas en enkel genomströmnings-sköljning där man alltså för att få ner cyanidhalten till en tiotusendel av badets halt behöver  $24 \text{ m}^3$  vatten/timme i detta speciella fall.

Därunder illustreras motströmsskölj i två steg vilket reducerar vattenbehovet till 240 liter under i övrigt likartade förhållanden. Ytterligare ett kar i motström nedbringar vattenmängden till endast 52 liter. Har man istället ett sparsköljbad plus ett rinnande sköljbad får man en vattenförbrukning av ca 4800 liter. Sparskölj plus två bad motströms ger en sköljvattenmängd av 110 liter vilket är samma kvantitet som man erhåller om man har ett sparsköljbad plus ett genomströmningsbad men genomströmningsbadet förses med en sprayskölj.

Dessa enkla exempel visar hur stora möjligheter man har att inom en industri påverka sina avloppsvattenkostnader. I det aktuella exemplet har förutsatts en kontinuerlig sköljning av en viss yta. Vanligen sker emellertid sköljningen intermittent och i många anläggningar rinner vatten genom karen utan att någon sköljning sker. Eftersom sköljningen ju är till för att nedbringa koncentrationen av badvätska på arbetsstycket under en viss kritisk nivå är det naturligtvis mycket enkelt att med en ledningsförmågemätare styra flödet så, att icke mera vatten passerar genom anläggningen än vad som fordras för att uppehålla den aktuella halten av badvätska. Detta kan i många fall starkt begränsa fallande avloppsvattenmängd.

#### 4. Sulfatfabrik

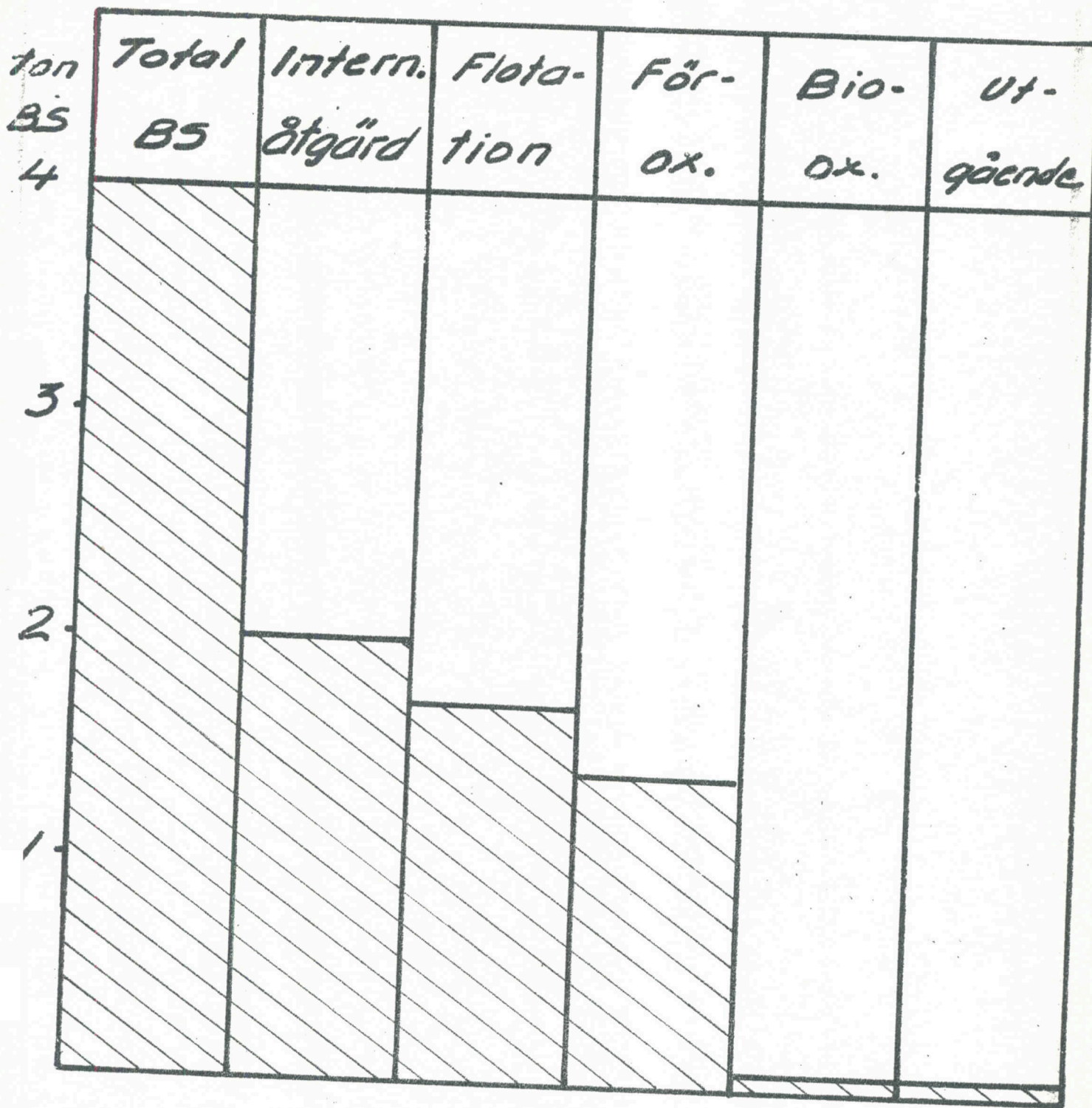
Slutligen ett fjärde exempel, denna gång från cellulosaindustrin. Vaggeryds sulfatfabrik utanför Jönköping har under de senaste fem åren undergått en fullständig modernisering och samtidig utbyggnad. Planeringen av denna modernisering har skett i intimt samarbete med Naturvårdsverket och IVL. Moderniseringen har inneburit att fabriken idag släpper ut väsentligt mindre förorening än vad den lilla fabriken före utbyggnaden gjorde. Detta har åstadkommit på flera sätt. För det första har det gamla kokeriet ersatts med ett modernt kontinuerligt kokeri, där alltså flisen kommer in i toppen och under kokprocessen går allt längre ner i den tornliknande kokaren för att slutligen komma ner i en del som är inbyggd diffusionstvätt. Innan massan över huvud taget kommer idagen är kokluten med dess utlösta vedsubstans och kemikalier uttvättade till ca 90 %. Tvättprocessen fortsätter i en filtertvätt motströms i serie i fyra steg, varefter massan är så fullständigt tvättad som vi idag anser tekniskt möjligt. BS-mässigt innebär åtgärderna att fabriken har ett totalutsläpp som genom interna åtgärder reducerats till under 10 kg BS/ton massa.

Med all säkerhet kommer en ytterligare effektivare tvätt att i framtiden bli möjlig. Detta vågar man säga därför att så sent som för tio år sedan skulle en tvätteffekt av det slag som nu förekommer i Vaggeryd ansetts vara en teknisk omöjlighet.

Med utgångspunkt från de erfarenheter som vi har genom egna mätningar kan vi säga med gott samvete att en välplanerad sulfatfabrik i vårt land idag skall kunna pressa sina förluster till storleksordningen 12 kg BS/ton massa att jämföra med ca 25 kg/ton i början på 60-talet.

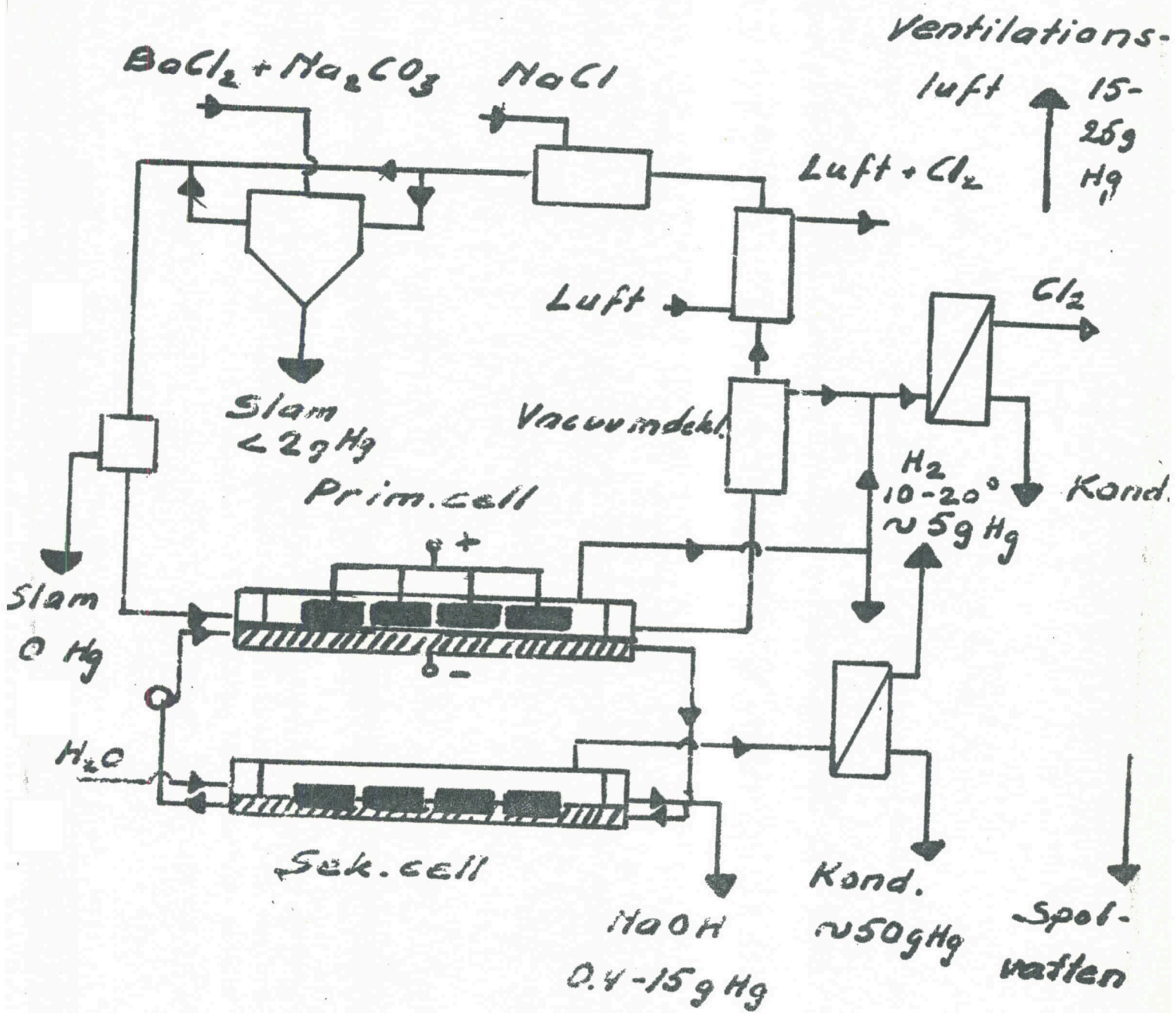
Med dessa exempel - som delvis kommer att återupprepas i de olika branschföredragen - har jag velat visa hur man på olika sätt kan internt i fabriken angripa sina föroreningsproblem.

Det är en utmaning mot tekniken om vi inte genom att variera och förbättra våra processer skall kunna få utsläppen ifrån våra industrier att bli av en acceptabel storleksordning så att industrin inte ständigt skall rubriceras som ett miljöhot. Det är klart att vi får räkna med att det finns de som ständigt kommer att peka på industrins utsläpp som för stora oberoende av hur långt vi lyckas reducera dem men det gäller ju i sista hand att ställa föroreningarna i relation till hur våra recipienter reagerar.

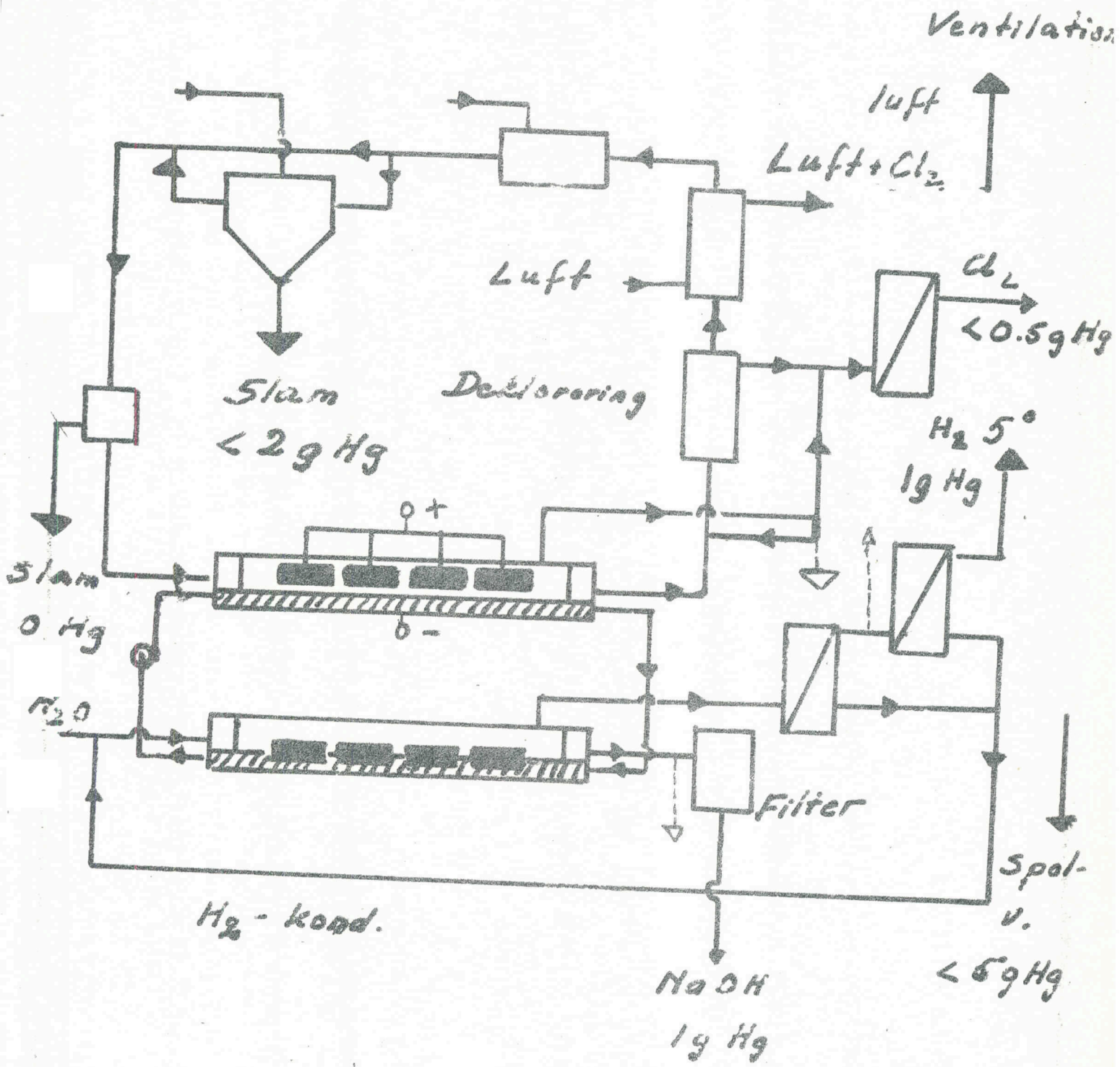


*Rening vid benmjölsfabrik*

*Fig 2*



Konventionell Chlorfabrik  
 Fig. 3a



Sanerad klorfabrik  
 Fig 3b

# VATTEMFÖRBRUKNING MED OLIKA SKÖLTMETODER

