

Industriella avloppsvatten i Chile - identifiering av problem samt förslag på åtgärder

Industrial Wastewater in Chile – Identification
of Problems and Suggestions for Improvement

Anna Risberg

Referat

Industriella avloppsvatten i Chile – Identifiering av problem samt förslag på åtgärder

Anna Risberg

Chile och Santiago brottas med omfattande miljöproblem till följd av urbanisering och industrialisering. I santiagoregionen är luftföroreningarna svåra och de flesta floderna klassas som gravt förorenade av CONAMA, det chilenska naturvårdsverket.

Syftet med examensarbetet är att kartlägga situationen i santiagoregionen med avseende på industriell avloppsrening samt att ge förslag på förbättring av teknik eller förändring av processer. Dessutom är syftet att studera fem industrier närmare och att ge mer detaljerade förslag på åtgärder. Syftet är också att ge rekommendationer för fortsatt utveckling av relevant chilensk lagstiftning.

Uppgifter från tillsynsmyndigheten för utsläpp till ytvattendrag har studerats och djupintervjuer har gjorts med myndigheter och konsulter. Fem olika industrier besöktes; ett bryggeri, ett mejeri, ett bageri, ett charkuteri samt en ytbehandlingsindustri. Nuvarande hantering av processvattnet studerades på plats och med hjälp av ett frågeformulär kompletterades uppgifterna av ansvariga på företagen.

Föroreningsbelastningen på Chiles floder är stor. Floderna i södra delen av landet tar emot störst mängder organiskt material och suspenderat material medan centrala Chiles floder är värst drabbade av utsläpp av metallerna Cr, Cu, Zn och CN samt utsläpp av fenoler. Utsläppen från industrin till floderna i Region Metropolitana och Region VII kännetecknas också i stor utsträckning av höga halter BOD och suspenderat material. Relativt vanligt är också stora utsläpp av oljor och fetter, kväve, fosfor samt för höga eller låga för pH-värden. Det är främst flera olika typer av livsmedelsindustri, som har de största utsläppen till floderna, men även garverierna har stora problem med överskridande av gränsvärden.

Gemensamt för de fem besökta företagen är att vattenbesparande åtgärder bör vidtas för att minska volymen avloppsvatten som går till extern eller intern behandling. Bryggeriet, charkuterifabriken och ytbehandlaren behöver även end-of-pipe-rening. Det kan ofta vara lämpligt och mer ekonomiskt att avskilja de flöden som har högst halt av föroreningar till den interna reningsanläggningen. Resten av avloppet kan i vissa fall släppas ut på avloppsnätet. Kostnader för föreslagna åtgärder måste vägas mot aktuella kostnader för behandling av avlopp och restprodukter, samt kostnader för alternativa behandlingar.

Incitamenten, bl a de ekonomiska, för chilenska företag att skaffa eget reningsverk eller att resurseffektivisera produktionen har hittills varit små. Kostnadsminskningar kan uppnås genom sänkt vattenförbrukning samt återanvändning av råmaterial. Ytterligare en drivkraft kan vara att "ligga steget före" om utsläppskraven i framtiden skärps och kostnaderna därmed ökar.

Nyckelord: industriella avloppsvatten, Chile, Santiago, aerob, anaerob, vattenbesparande åtgärder, resurseffektivisering, gränsvärden

Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet, Villavägen 16, 752 36 Uppsala
ISSN 1401-5765

Abstract

Industrial Wastewater in Chile – Identification of Problems and Suggestions for Improvement

Anna Risberg

Chile and Santiago are struggling with heavy environmental problems as a consequence of urbanisation and industrialisation. In the Santiago region the air is seriously contaminated and most of the rivers are classified as heavily polluted.

The aim of this thesis is to survey the industrial fluid waste situation in the Santiago region and to make suggestions on technological improvements or process changes. The purpose is also to study five different enterprises more closely and to give more detailed suggestions for improvement. Another purpose is to summarize relevant Chilean legislation.

Information, provided by the supervisory authority, about the release of industrial wastewater to rivers has been analysed. Deep interviews have been made with authorities and consultants. Five enterprises have been visited; a brewery, a dairy, a bakery, a producer of cooked meat and a surface treatment industry. The present treatment of the wastewater was studied at the plants and the information was completed with a questionnaire to the responsible at each company.

The contamination load released to the Chilean rivers is heavy. The rivers in southern Chile receive the biggest loads of BOD and SS and the rivers in central Chile were the most exposed to discharges of the metals Cr, Cu, Zn and CN as well as phenols.

The industrial discharge into the rivers of Santiago RM and Region VII is also to a large extent characterized by high concentrations of BOD and SS. Large releases of oils and greases, nitrogen and phosphorus are also fairly common, as are too high or too low pH levels. The food industry is the most contaminating sector, but also tanneries have great problems with effluents exceeding limits.

All five companies visited share the need to take measures towards more water saving technologies. The brewery, the producer of cooked meat and the surface treatment company also need end-of-pipe-treatment of their wastewater. In many cases, the recommended and most economic alternative is to separate the flows with the highest concentration of polluting substances for internal treatment, while releasing the rest of the wastewater to the outside sewage system. The costs of the suggested changes must be balanced against the present costs for treatment of wastewater and remaining solid waste as well as the costs for alternative treatments.

The economic incentives for Chilean companies to invest in wastewater treatment plants or to optimize the processes until today have been few. Cost reductions may be achieved by savings in water consumption and reuse of raw material. Another motive could be to keep “one step ahead” if the discharge limits in the future are tightened up leading to rising costs.

Keywords: industrial wastewater, Chile, Santiago, aerobic, anaerobic, water saving techniques, process optimization, discharge limits

Department of Earth Sciences, Uppsala University, Villavägen 16, SE-752 36 Uppsala
ISSN 1401-5765

Förord

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av IVL (Svenska Miljöinstitutet) och Borlänge Energi som en del av ett stort samarbetsprojekt mellan Sverige och Chile, vars syfte bland annat är att skapa ett miljöteknikcentrum i Santiago, Chile. Examensarbetet omfattar 20 poäng och görs inom civilingenjörsprogrammet Miljö- och Vattenteknik vid Uppsala universitet.

Tack till min handledare Uwe Fortkamp på IVL, som alltid bidragit med goda och konstruktiva råd och tack till alla andra på IVL för värdefull information. Jag vill även rikta ett stort tack, för uppmuntran och viktiga synpunkter, till min ämnesgranskare Lars-Christer Lundin, Institutionen för Geovetenskaper, Luft- och vattenlära vid Uppsala universitet. Tack till alla företag, Borlänge Energi, IVL, Mercatus, Polyproject och övriga medlemmar i SET (Swedish Environmental Technology), som hjälpt till att finansiera vistelsen och arbetet i Santiago, Chile, något som var en förutsättning för examensarbetets genomförande. Att göra examensarbetet i Chile har varit mycket lärorikt. Tack vare alla vänliga och tillmötesgående intervjupersoner, tjänstemän och anställda på konsultföretag inom miljöteknik samt personalen på Svenska ambassaden, har arbetet, trots en del kulturkrockar, varit möjligt att genomföra. Slutligen vill jag tacka Ronny Arnberg, Borlänge Energi, som initierade och gav mig möjligheten att göra detta examensarbete.

Företagsinformationen är konfidentiell, varför namn på de besökta företagen i Chile utelämnats i den officiella rapporten. I den bedömda rapporten, som arkiveras, anges företagsnamn samt namn på anställda. Examensarbetet kompletteras med en längre sammanfattning på spanska för berörda företag och andra intresserade i Chile.

Stockholm, mars 2006
Anna Risberg

Innehållsförteckning

1. INLEDNING.....	1
1.1 Syfte.....	1
2. BAKGRUND.....	1
2.1 Fakta Chile.....	1
2.2 Sverige - Chile.....	2
2.3 Industrialisering och miljöproblem.....	2
2.4 Några viktiga aktörer i Chile.....	2
2.5 Chilenska förhållanden och riktlinjer för miljön.....	3
2.6 Att välja reningsteknik.....	5
2.7 Definition och kategorier industriellt avloppsvatten.....	8
3. MATERIAL OCH METODER	9
3.1 Lagstiftning.....	10
3.1.1 Översikt chilenska normer.....	10
3.1.2 Jämförelse med svenska normer.....	12
3.2 Exempel på relevanta reningsprocesser.....	15
3.2.1 Slakterier.....	15
3.2.2 Bryggerier.....	15
3.2.3 Ytbehandling	15
3.3 De fem besökta företagen	17
3.3.1 Bryggeri.....	17
3.3.2 Bageri	20
3.3.3 Mejeri	23
3.3.4 Charkuterifabrik	24
3.3.5 Metallbeläggning - galvanisering	26
4. PROBLEMBESKRIVNING.....	29
4.1 Skillnader mellan chilensk och svensk lagstiftning.....	29
4.2 Belastningen på Chiles floder.....	30
4.2.1 Organisk förorening i floderna	30
4.2.2 Kemisk-toxisk förorening i floderna.....	31
4.3 Problem bland industrierna i Region Metropolitana	32
4.4 Problem i övriga regioner i landet.....	36
4.5 Uppgifter från Aguas Andinas.....	38
4.6 Problem och behov av åtgärder hos de fem besökta företagen	38
4.6.1 Bryggeri – Företag A.....	38
4.6.2 Bageri – Företag B.....	39
4.6.3 Mejeri – Företag C.....	39
4.6.4 Charkuteri – Företag D.....	39
4.6.5 Ytbehandling – Företag E.....	39
5. DISKUSSION OCH ÖVERVÄGANDEN.....	39
5.1 Situationen idag.....	39
5.2 Generella åtgärder för olika industrisektorer	42

5.3 Åtgärder för de fem besökta företagen	44
5.3.1 Bryggeri	44
5.3.2 Bageri	45
5.3.3 Mejeri	46
5.3.4 Charkuteri	47
5.3.5 Metallbeläggning - galvanisering	48
6. SLUTSATSER	50
6.1 Lagstiftningen	50
6.2 Generellt	50
6.3 Specifikt för de fem besökta företagen	50
7. REFERENSER	52

BILAGOR

Förklaring av centrala begrepp

BAT - Best Available Techniques

BOD- Biochemical Oxygen Demand - Biokemisk syreförbrukning, parameter som anger vattnets innehåll av syreförbrukande organiskt material

COD – Chemical Oxygen Demand - Kemisk syreförbrukning

CONAMA – Comisión Nacional del Medio Ambiente

RM – Region Metropolitana, Chiles 13:e region, storstadsregionen runt Santiago

RO – Omvänd osmos (reversed osmosis)

SD – sedimenterbart material

SS – suspended solids, suspenderat material, SS_T = total suspended solids

SISS – Superintendencia de Servicios Sanitarios

TOC – Total organic carbon, totalt organiskt kol

VOC – Volatile Organic Compound

1. INLEDNING

Chile och Santiago brottas med omfattande miljöproblem till följd av urbanisering och industrialisering. I santiagoregionen är luftföroreningarna svåra och de flesta floderna är gravt förorenade. Dålig ekonomi och i viss mån bristande kunskap har varit begränsande faktorer för framsteg inom miljöområdet, men det finns ett växande intresse för att arbeta med miljöfrågor i Chile, inom såväl offentlig som privat sektor. Ett samarbete inom området miljöteknik har växt fram mellan Chile och Sverige.

Företagen i santiagoregionen har haft problem med att klara gränsvärden för utsläpp. Idag har dels skärpta lagar, dels ökad insikt hos en del företag om att det även kan vara lönsamt i olika avseenden att satsa på miljöåtgärder, gjort att situationen börjar förbättras. Till fördelarna med att arbeta med renare produktion och rening av avloppsvatten hör minskade kostnader för vatten och energi samt minskade kostnader för avfalls- och avloppsbehandling.

Industrisektorer med utsläppsproblem identifieras och studeras i examensarbetet och förslag ges till förbättringsåtgärder och införande av ny teknik. Förhoppningen är, att rapporten ska fungera som ett underlag för ett fortsatt utbyte av teknik och kunskap mellan företag i Chile och Sverige, speciellt inom området rening av industriellt avloppsvatten.

1.1 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att specifikt kartlägga situationen i Santiago RM (Region Metropolitana) och mera översiktligt i hela Chile vad gäller industriell avloppsvattenrening samt att ge dels generella förslag på förbättring av teknik och/eller förändring av processer inom olika industrisektorer och dels mer detaljerade förslag till reningslösningar och resurseffektivisering för fem utvalda industrier. Syftet är också att ge rekommendationer för fortsatt utveckling av chilensk lagstiftning vad gäller utsläpp av industriellt avloppsvatten.

2. BAKGRUND

I detta kapitel ges en introduktion till problematiken i Chile och en bakgrund till syftet med examensarbetet samt generella fakta om Chile. Det teoretiska underlaget för hur problem med hantering av industriers processvatten kan identifieras och åtgärdas redovisas i avsnitt 2.6.

2.1 Fakta Chile

Chile har 16,1 miljoner invånare på en yta av 756 626 km² (Sveriges ambassad, 2005). Ytan kan jämföras med Sveriges, som är 449 964 km² (Lantmäteriet, 2006). Huvudstaden, Santiago, med sina ca 6 miljoner invånare är belägen i mitten av landet, som är 432 mil långt, d v s nästan tre gånger Sveriges längd, och bara 15 mil brett. Chile är uppdelat i 13 regioner från norr till söder. Santiago Region Metropolitana (se karta Bilaga 4) är i sin tur indelad i 52 kommuner. De viktigaste näringarna är gruvindustri, jord- och skogsbruk, fiske och transporter.

Chile är det land i Latinamerika som haft bäst ekonomisk utveckling de senaste 15 åren. Detta beror främst på att priset på koppar stigit kraftigt. Koppar är Chiles

viktigaste exportprodukt och står för drygt 45 % av de totala exportintäkterna. (Audibert, 2005). Chile har dock en av de mest ojämlika inkomstfördelningarna i världen, endast i 15 länder är situationen sämre (Sveriges ambassad, 2005).

2.2 Sverige - Chile

På grund av Sveriges engagemang mot militärregimen och att många chilenska flyktingar togs emot i Sverige under 70- och 80-talen har Sverige ett gott rykte och är välkänt hos den chilenska befolkningen. Ca 45 000 chilensare eller svenskar med chilensk bakgrund lever idag i Sverige.

Samarbetet mellan Chile och Sverige har sedan 1990-talets slut omvandlats till ett utvecklingspartnerskap med huvudfokus på tekniskt och ekonomiskt samarbete samt jämställdhet. Inom det ekonomiska samarbetet är bland annat partnerskap ett centralt begrepp. En av Sverige och Chile gemensamt finansierad fond har skapats med syfte att främja företagssamarbete och teknologiöverföring inom t ex miljö, IT och gruvteknologi.

2.3 Industrialisering och miljöproblem

Industrialisering innebär stora förändringar av miljön. Vattendrag påverkas bland annat genom ökade utsläpp från industrier. Försämrade kvaliteten på vattnet innebär bland annat risker för människors hälsa, minskad biodiversitet och sämre standard på produkter från frukt- och grönsaksodlingar. Det viktigaste skälet till att kontrollera och begränsa utsläpp av avloppsvatten från industri och kommunala reningsverk är att skydda recipienten. Näringsämnen och syreförbrukande ämnen i form av t ex BOD¹ har i Sverige fått gränsvärden på grund av de negativa effekter de orsakar i recipienten, i synnerhet syrebrist och algutveckling bör undvikas (Hellström m fl, 2001). Övriga faktorer som bör tas hänsyn till är påverkan på fisk, bioackumulerbarhet och synergieffekter.

Även om avloppsreningsverk, avsedda för hushållspillvatten, ofta kan hantera stora mängder av de utsläpp från industrin som liknar avloppsvatten från hushåll kan problem uppstå eftersom mängden industriutsläpp ofta varierar starkt över dygnet. Belastningen på reningsverket blir ojämn och kan bli mycket stor då industriavloppet släpps ut under samma tidsperiod som hushållspillvattnet. Om tillförseln av industriellt avloppsvatten är för stor kan belastningen av vissa föroreningar bli betydande och medföra driftstörningar i bl a de biologiska processerna (Hellström m fl, 2001).

2.4 Några viktiga aktörer i Chile

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) är den chilenska motsvarigheten till vårt svenska naturvårdsverk. De utformar normer för bl a industriellt avloppsvatten och har även en koordinerande roll mellan alla parter som är inblandade i processen då normer för utsläpp och kvalitet kommer till. CONAMA har inget ansvar för övervakningen av normerna.

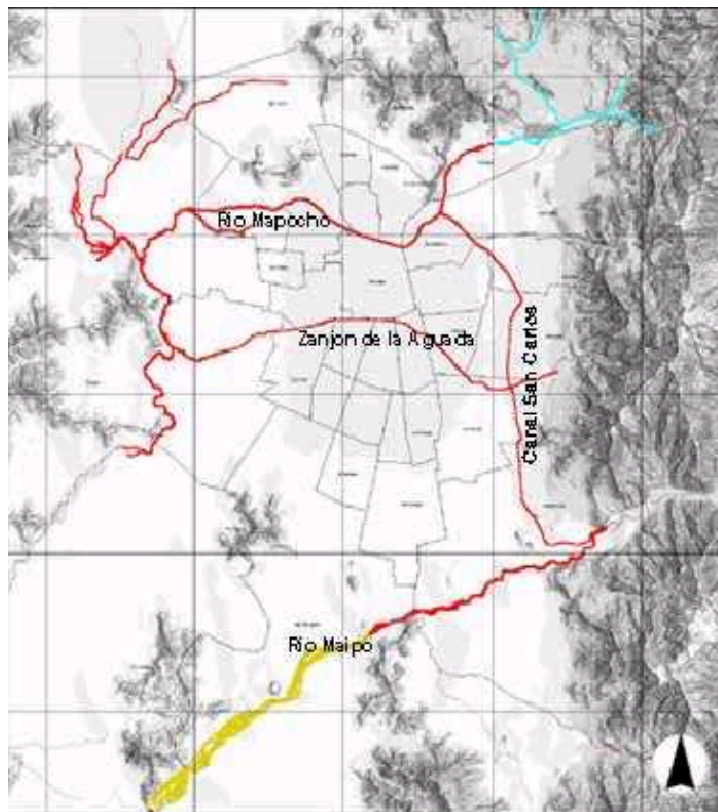
Tillsynsmyndigheten för utsläpp av industriavlopp till ytvatten och infiltration till grundvattnet är SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios).







¹ Centrala begrepp förklaras i innehållsförteckningen.

I Chile finns inga kommunala reningsverk som i Sverige. Reningsverken för hushållspillvatten är istället privatägda. **Agua Andinas** är den största ägaren. För enkelhetens skull kallas i fortsättningen alla dessa företag avloppsreningsföretag och deras verksamheter externa reningsverk.

2.5 Chilenska förhållanden och riktlinjer för miljön

Santiagos föroreningsproblem på grund av industriellt avloppsvatten blev mycket stora i början av 1900-talet när antalet invånare i huvudstaden började växa till följd av den stora inflyttningen från landsbygden. Figur 2.1 visar föroreningssituationen i de största floderna i Santiago RM (Region Metropolitana). 1916 kom den första lagen som förbjöd industrier i Chile att släppa ut obehandlat avloppsvatten på avloppsnätet. Bara sex år tidigare invigdes Santiagos avloppssystem (CONAMA RM, 2005). Trots detta förekommer det fortfarande att obehandlat industriavlopp släpps ut. I santiagoregionen finns gott om externa avloppsreningsverk, snart behandlas 100 % av allt hushållspillvatten (CONAMA RM, 2002). De externa reningsverken tar emot en stor del av det obehandlade industriella avloppsvattnet.



Symbol	Kvalitetsklass	Utmärkande drag
	Undantagsklass	Vatten av utmärkt kvalitet
	Klass 1	Vatten av mycket bra kvalitet
	Klass 2	Vatten av bra kvalitet, lämpligt för utveckling av jordbruk, fiske, sport och rekreation
	Klass 3	Vatten av ordinär kvalitet, lämpligt att dricka för djur och kontrollerad bevattning
	Följer inte normen	Vatten av dålig kvalitet, inte lämpligt för någon av tidigare nämnda aktiviteter
	Ingen information finns	Inga mätningar i området

Figur 2.1 Kvaliteten på ytvattendragen i Santiago RM (CONAMA RM, 2005).

Idag har ca 36 % av industrierna i Santiago RM reningsverk för sitt avloppsvatten. Dock består 79 % av denna rening av ett primärt reningssteg som främst tar bort fasta partiklar i suspension (CONAMA RM, 2005). CONAMA menar att reningsverkens existens inte nödvändigtvis garanterar att kraven i normen som gäller uppfylls.

Chefen för det externa avloppsreningsverket El Trebal, Jorge Maturana Acevedo (muntligen 2005) menar att inga problem uppkommer i reningsverket till följd av det industriella avloppsvatten som de tar emot. Detta beror på att andelen är mycket liten i förhållande till andelen avloppsvatten från hushåll. Generellt menade Maturana Acevedo att inga av Aguas Andinas reningsverk hade problem av denna anledning.

Flera personer (bl a Lopez, muntligen 2005; Zenteno, muntligen 2005) menar att det största problemet i Santiago RM är de många små och medelstora företag som vart och ett för sig inte utgör någon stor utsläppskälla. Deras utflöden är så små att de inte är skyldiga att följa några utsläppsnormer. Tillsammans blir de dock ett hot mot kvaliteten i vattendrag och reningsverkens funktion. Ett annat problem är de verksamheter som inte är kopplade till något avloppsnät. De får sitt avloppsvatten hämtat av lastbilar som sedan illegalt släpper ut det i floder eller på avloppsnätet nattetid. Stora mängder avloppsvatten dumpas nattetid och är därför mycket svåra att spåra (Barros, muntligen 2005; Escobar, muntligen 2005).

Enligt bestämmelserna i punkt 5.2 D.S. 90/2000 (se avsnitt 3.1.1) är alla industrier som genererar avloppsvatten och klassas som utsläppskälla skyldiga att lämna in en karakterisering av avloppsvattnet, på de former som bestämts av SISS. På grund av underlåtenheten att följa detta har SISS börjat sanktioneringsprocesser. Den 3 september 2004 fanns två industrier i Region Metropolitana som skulle drabbas av sanktioner (SISS, 2005). Enligt Carvallo (muntligen, 2005) finns inte resurser att följa upp dessa fall.

2.6 Att välja reningsteknik

För utvecklingen av ett bra och ekonomiskt reningssystem måste en fullständig karakterisering av alla flöden i processen göras (Liu och Lipták, 2000). Både källan till och utflödet från aktuell reningsutrustning måste karakteriseras. Det är också viktigt att förstå hur avloppsvattnet produceras. Att titta överskådligt på den tillverkande processen kan ge den information som behövs för att se var i processen det är lämpligt att minska, återanvända eller behandla de delflöden som finns.

Enligt Liu och Lipták (2000) behövs följande information om produktionen:

- Beskrivning av alla aktiviteter i produktionen, t ex vilka råmaterial som används och produktionsresultat.
- Detaljerade processscheman som visar var varje processenhet finns, dess vattenfördelning och avloppsvattenproduktion samt uppsamlingsystem.
- Kvantitet, analys och flöde (inklusive frekvens och varaktighet) av avloppsvatten från varje produktionsenhet.
- Frekvens, omfattning och typ av övervakning och provtagning som används beroende på typ och variation av varje avloppsström.
- Flödesmätning och placering av provtagningspunkter inom fabriken som beskriver vilken typ av övervakningsstationer som används (permanent eller tillfälliga).

Vilka beståndsdelar som ska mätas och kvantifieras är olika för olika industrier och bestäms av hur produktionsprocessen ser ut. Vidare anser Liu och Lipták (2000) att innehållet i avloppsvattnet bör analyseras för att kunna följa aktuell och framtida lagstiftning och att två punkter bör beaktas:

- Olika alternativ för att behandla delflöden
- Möjligheter att modifiera tillverkningsprocessen för att minska, helt utesluta eller förändra föroreningar.

För att kunna utveckla alternativa eller förändra befintliga reningssystem krävs kännedom om systembegränsningar hos varje individuell reningssystem. Exempelvis

kan höga salthalter försvåra viss membranteknik (se Bilaga 2). Fokus ska dock hela tiden ligga på vad som är syftet med en viss behandling, vilken komponent som ska reduceras.

Dessutom är kännedom om storleken på eventuella delflöden och dess avloppsströmmar väsentlig för att kunna utforma ett nytt behandlingssystem eller förändra det befintliga. En grundlig karakterisering av avloppet (tabell 2.1) ska dels innehålla information om alla beståndsdelar i flödet, dels fakta om var vatten tillförs och används. Att göra en massbalans över tillverkningsprocessen är ett bra sätt att åskådliggöra avloppsvattnets egenskaper (Liu och Lipták, 2000).

Tabell 2.1 Beståndsdelar som bör karakteriseras i avloppsvattnet

Parameter	Beskrivning
VOCs, Surt extraherbara organiska ämnen, Basiskt och neutralt extraherbara organiska ämnen, metaller (totalhalt och halt i lösning)	Föroreningar med högsta prioritet. Koncentrationer är ofta reglerade.
BOD, COD, TOC, SS _T , temperatur, pH	Vanliga föroreningar, halter ofta reglerade
Toxicitet i utflöde (LC ₅₀)	Parameter som oftast endast utvärderas för vissa tillstånd.
Surfaktanter (ytaktiva ämnen)	Eventuellt störande för viss reningsteknik.
Ammonium NH ₄ ⁺ , nitrat NO ₃ ⁻ , nitrit NO ₂ ⁻ , fosfor P	Näringsämnen. Behöver bestämmas för att se möjligheter till biologisk behandling
Sulfat SO ₄ ²⁻ , klor Cl, natrium Na	Oorganiska salter, kan störa reningsprocesser
Flödesmätningar	Nödvändiga för att göra en massbalans

Källa: Liu och Lipták, 2000

Liu och Lipták (2000) beskriver fortsättningsvis att innan några kontroller eller förbehandlingsalternativ implementeras bör möjligheter att minska produktionen av vissa föroreningar samt potentialen att återanvända eller återvinna avloppsvatten från produktionen, undersökas.

Klingspor (1997) menar att mängden föroreningar oftast minskar lättast om åtgärder för vattenbesparing utförs istället för försök att sänka redan låga halter i utgående vatten. Minskning av den utgående vattenvolymen innebär dock att koncentration av föroreningar blir högre, vilket kan ge värden högre än utsläppsnormerna. En kombination av vattenbesparing och effektiv rening ger det bästa resultatet.

För varje delflöde bör en reningsstrategi upprättas. Om flera delflöden kräver samma reningsteknik kan systemet utformas för att behandla dessa samtidigt medan andra flöden kräver separata behandlingsprocesser. Om flera flöden kombineras minskar koncentrationen av varje individuell förorening i det totala flödet. Rening är dyrare per flödesenhet för lägre koncentrationer. Till följd av detta blir kostnaderna således högre för att rena flöden med olika tekniker tillsammans jämfört med om de

behandlas separat. Härav följer även att det är mer ekonomiskt att kombinera reningsteknik för flera flöden som kan behandlas på samma sätt.

Följande tio steg för att välja det mest lämpliga reningssystemet beskrivs av Idelovitch och Ringskog (1997) för ett kommunalt reningsverk. Stegen bör kunna tillämpas även för val av behandlingssystem för industriellt avloppsvatten, för totalavloppet, s k end-of-pipe-rening.

1. Bestämning av flödet.
2. Bestämning av avloppsvattnets sammansättning.
3. Bestämning av "utsläpp" samt slutlig placering eller återanvändning av utflödet.
4. Identifiering av syfte och alternativa metoder för att behandla avloppsvattnet innan utsläpp eller återanvändning
5. Bestämning av mängd och kvalitet på slam som bildas i varje steg.
6. Bestämning av standard för omhändertagande eller återanvändande av slam.
7. Identifiering av alternativa metoder att behandla och återanvända slam.
8. Identifiering av alternativa platser för behandling, deponering eller återanvändning av slam och avloppsvattnet.
9. (Undersökning av behov av att göra pilotstudier och industriella förbehandlingsprogram.)
10. Utvärdering av tekniska och ekonomiska möjligheter för varje alternativ och val av bästa system.

Ytterligare kommentarer till tre av punkterna:

1. Det är nödvändigt att undersöka om tillgängliga data på vattentillgången är rimliga och om de kommer att gälla i framtiden.

3. Huvudmålet med reningen beror på den slutliga recipienten och de kvalitetskrav som ställs på denna. Vanligen är syftena relaterade både till hälsa och estetiska aspekter, såsom att ta bort flytande och suspenderat material, biologiskt nedbrytbara ämnen och patogener. Dessutom är avlägsnandet av näringsämnen av stor vikt då utsläppet sker direkt till sjöar och andra vattendrag. Ett annat syfte är att avskilja giftiga ämnen, t ex tungmetaller

Idelovitch och Ringskog (1997) beskriver några steg som krävs för en lyckosam industriell förbehandling:

- Inventering av utsläpp och informationssystem
- Ett system med gränsvärden för utsläpp av industriellt avloppsvatten till avloppsnätet samt krav på industrier att upprätta en tidsplan för efterföljande av dessa
- Krav på själv-rapportering med hjälp av certifierade laboratorier
- Kontroll och övervakning av tillsynsmyndighet
- Sanktioner för överskridande av normer
- Avgifter baserade både på flöde och mängd organiskt material
- Industriellt deltagande i t ex utformande av reningssystem
- Någon form av teknisk- och finansiell hjälp för industrierna, särskilt små och medelstora företag

- Träning och institutionellt utvecklingsprogram för att hjälpa aktuella myndigheter i deras nya ansvarsområden
- Tät och välordnad koordinering med tillsynsmyndighet som ansvarar för att industriella avloppsvattnet inte släpps ut direkt till avloppsnätet samt att utsläpp av avloppsvatten och slam sker korrekt.

10. De alternativa behandlingsmetoder som finns måste undersökas fullständigt med avseende på teknik och kostnader. Nuvarande värde på kapitalinvesteringar såväl som årliga driftskostnader måste beaktas. Miljöaspekter, driftssvårigheter och kompatibiliteten med nuvarande system är andra viktiga faktorer att ta hänsyn till.

2.7 Definition och kategorier industriellt avloppsvatten

Tabell 2.2 redovisar de viktigaste egenskaperna för avloppsvattnet från några av de industrier som studerats i detta examensarbete.

Tabell 2.2 Karakteristika för några typer av industriella avloppsvatten

Industri som producerar avloppsvattnet	Avloppsvattnets karakteristika
Textilindustri	Starkt basiskt, färgat, hög BOD-halt, hög temperatur, hög SS-halt
Bryggerier	Hög halt löst organiskt material som innehåller kväve och fermenterad stärkelse eller dess nedbrytningsprodukter
Metallbelägningsindustri	Surt, metaller, giftigt, liten volym, huvudsakligen mineralmaterial
Mejeriprodukter	Hög halt löst organiskt material, huvudsakligen proteiner, fett och laktos
Läskindustri	Högt pH, suspenderat material, BOD
Bagerier	Hög BOD-halt, fetter, sockerarter, mjöl, diskmedel
Kött- och fågelprodukter, inklusive slakterier	Löst och suspenderat organiskt material, blod och andra proteiner, fetter
Garverier	Hög totalhalt fasta partiklar, hårdhet, salter, sulfider, krom, varierande pH, BOD och kalk
Fiskindustri	Mycket hög halt BOD, totalhalt organiska partiklar, lukt
Läkemedelstillverkning	Hög halt suspenderat och löst organiskt material

Källa: Liu och Lipták, 2000

3. MATERIAL OCH METODER

För att få en bild av den aktuella situationen i Chile gjordes djupintervjuer med ett flertal personer; konsulter inom området, politiker, organisationer och myndigheter i Santiago. Resultatet av intervjuerna användes för den generella kartläggningen av situationen och för att göra urvalet av industrier som var relevanta att besöka. Det visade sig finnas stora utsläppsproblem inom bl a livsmedels- och metallbeläggningsindustrin. Kontakter etablerades med representanter för ett antal företag inom dessa branscher. Önskvärt hade även varit att besöka t ex ett garveri, något som dock inte gick att genomföra. För att möjliggöra en djupare analys av förbättringsåtgärder användes ett frågeformulär (Bilaga 1) som bas vid besöken på industrierna. Detta kompletterades med ytterligare frågor, som formulerades vid besöken, specifika för varje industri. Insamlad information användes som ett underlag för den problemlösningsprocess som ligger till grund för diskussion och slutsatser.

Ytterligare fakta för att teckna bilden av utsläppssituationen i Chile erhöles från tillsynsmyndigheten för utsläpp av industriellt avloppsvatten till ytvattendrag, SISS. För att ge en så fullständig bild som möjligt av hur situationen sett ut och förändrats valdes att studera information om utsläppen från två år, 1998 (SISS, 1998) och 2004-2005, med hjälp av material från SISS. I det äldre materialet fanns information om vattendragen och uppgifter om många industrier i de olika regionerna. Däremot var redogörelsen om utsläpp från olika verksamheter ofullständig i många fall. Den nyare informationen var ett antal data-set med karakterisering av industriers avloppsvatten, hädanefter refererad till som SISS-2005. Information fanns enbart för ett begränsat antal industrier i respektive region, men karakteriseringarna av avloppsvattnet var ofta mer fullständiga. Materialet från samtliga regioner 2005 var mycket omfattande, varför studien av detta begränsades till två regioner: Region Metropolitana och Region VII. Region VII valdes på grund av indikationer att denna är hårt belastad av industriavlopp. Informationen från SISS sammanställdes som en identifiering av vilka industrisektorer som har utsläppsproblem och ligger även till grund för diskussion och slutsatser.

Från den största ägaren av externa avloppsreningsverk i Santiago, Aguas Andinas, fanns information om vilka verksamheter som godkänts respektive underkänts för överskridande av lagen D.S. (Decreto Supremo) 609. Materialet användes för att komplettera materialet från SISS eftersom detta enbart gäller utsläpp till ytvattendrag. Studiebesök och samtal med personer på ett externt reningsverk, El Trebal, gjordes, såväl som ett besök på ett reningsverk som speciellt hanterar industriellt avloppsvatten från olika verksamheter. Besöken bidrog till förståelsen av situationen i Chile.

De lagar gällande industriavlopp, som finns och är under utveckling i Chile, studerades. En kort redogörelse för svenska gränsvärden gjordes och skillnaderna mellan ländernas gränsvärden utgör det resultat som ligger till grund för de rekommendationer som ges för eventuell utveckling av den chilenska lagstiftningen.

För att kunna ge förslag på förbättringar användes ett antal svenska industrier som konkreta exempel.

3.1 Lagstiftning

3.1.1 Översikt chilenska normer

De chilenska industrierna kan släppa ut sitt avloppsvatten på fyra sätt (Solaris, muntligen 2005):

1. Direkt via avloppssystem till avloppsreningsverk. Lag D.S. 609 reglerar utsläppen med maximala gränsvärden för många olika ämnen. Avloppsreningsverken kontrollerar halter av olika reglerade ämnen. Vissa parametrar får överskridas upp till ett visst värde om företaget betalar reningsverket extra, ex BOD, pH, P, N och SS. Ex på ämnen som ej får överskridas är Cr^{2+} .
2. Om avloppsvattnet innehåller vissa komplexa ämnen som avloppsreningsverket inte kan ta emot är industrin skyldig att ha ett eget reningsverk. När utsläppen klarar normerna för att släppas ut på avloppsnätet kan detta göras.
3. Industrin har eget reningssystem för att ta hand om alla typer av föroreningar och släpper sedan ut det renade avloppsvattnet direkt till ytvattendrag. Följer lag D.S. 90/2000
4. Enligt 3 men infiltration till grundvattnet. Följer lag D.S. 46

Decreto Supremo nr 609 – utsläpp på avloppsnätet

D.S. 609 upprättades 1998-05-07, men ändrades senast 2000-09-26. Gränsvärdena har satts efter en blandning av chilenska och internationella erfarenheter, men mest efter chilenska eftersom det är det chilenska avloppsnätet som ska skyddas (Zenteno, muntligen 2005).

Lagen innehåller de maximala gränsvärdena för utsläpp av föroreningar från industriella verksamheter till avloppsnätet och vidare till avloppsreningsverk. Den förbjuder också slam och fasta partiklar från behandlingen av avloppsvattnet att släppas ut på avloppsnätet eller till recipient. Vid slutlig deponering måste lagstiftningen för fast avfall följas. Syftet med lagen är att det industriella avloppsvattnet inte ska påverka behandling och rening på det externa avloppsreningsverket.

Företag med utsläpp som går vidare till reningsverk klassas som utsläppskällor enligt lag D.S. 609 om någon halt är högre än ett referensvärde. Dessa värden bestäms av hur utsläpp till reningsverket från 100 respektive 200 personer ser ut, beroende på hur stort reningsverket är (mindre eller större än 100 000 invånare). Två olika tabeller med gränsvärden finns, beroende på hur stort reningsverket är. Det finns även gränsvärden för utsläpp till avloppsnät som inte går till något reningsverk.

Enligt D.S. 609 ska avloppsreningsverken kontrollera halterna av de ämnen som regleras. De ska etablera maximala månadsvärden och antalet kontroll dagar per år bestäms av verksamhetens storlek, d v s årlig utsläppsvolym. Följande parametrar får överskridas om företaget betalar extra: BOD, P, N och suspenderat material. Upp till

gränsvärdet betalas en viss summa per kg för t ex utsläpp av BOD (Tabell 3.1). När normen överskrids höjs också kg-priset från avloppsreningsföretaget. Det finns inget generellt övre gränsvärde, reningsverkets processer är den begränsande faktorn.

Tabell 3.1 Chilenska industrier som släpper ut sitt avloppsvatten på avloppsnätet betalar ett högre pris/kg till reningsverken då parametrarna i tabellen överskrider respektive gränsvärde

Parameter	Gränsvärde för högre kg-pris (mg/l)
BOD ₅	300
P	10-15*
NH ₄ ⁺	80
SS	300

* Fosfor begränsas till det lägre värdet om avloppssystemet slutligen leder till en sjö, tillflöde till sjö eller till en lagun

De industrier vars avloppsvatten innehåller komplexa ämnen som avloppsreningsverket inte kan ta emot är skyldiga att ha eget reningsverk. Efter detta kan det externa reningsverket ta hand om den övriga reningen. Enligt Homsí (muntligen 2005) skulle alla industrier ha uppfyllt gränsvärdena i D.S. 609 efter fem år, vilket var 2003, men eftersom lagen förnyades 2000 gäller ny tidsfrist till 2006.

Decreto Supremo nr 90/2000 – utsläpp till ytvattendrag

Reningsverk och industriella verksamheter med utsläpp högre än vissa värden, som bestäms efter hur utsläpp från 100 personer ser ut, som släpper ut avloppsvatten direkt till ytvattendrag, klassas som utsläppskällor enligt lag D.S. 90/2000. Dessa verksamheter är skyldiga att karakterisera sitt avloppsvatten. Lagen säger att inom fem år från att den träder i kraft är äldre verksamheter skyldiga att följa de normer som föreskrivs gällande utsläpp till floder, hav och sjöar. För att, när dessa fem år är slut, få fortsatt tillstånd för verksamheten, måste en tidsplan med investeringar i ett reningssystem redovisas för SISS. Den nya tidsfristen, efter en lagändring 2001, för verksamheter äldre än lagen går ut i september 2006. SISS kontroll kommer då att utökas och vara mer organiserad genom att karakteriseringar och kontrollvärden införs direkt av industrin på en hemsida på Internet (Carvallo, muntligen 2005).

Beträffande gränsvärdena för utsläpp till floder är varje verksamhet berättigad att räkna med den utspädning som sker vid utsläpp till recipienten. I vissa floder finns ingen utspädning att räkna med. Det är industrins eget ansvar att veta om de kan räkna med utspädning. Det finns dock ett maximalt värde som aldrig får överskridas. Gällande utsläpp till hav och sjöar finns ingen utspädningsfaktor att räkna med. Däremot är normerna för utsläpp utanför strandzonen högre än innanför den litorala zonen i bägge fallen. Gränsvärdena är satta efter en provisorisk norm för kvaliteten på vattendragen, vilken härstammar från internationella studier (Zenteno, muntligen 2005).

Tillsynsmyndigheten för efterföljandet av D.S. 90/2000 är SISS. Jacobo Homsí (muntligen, 2005) berättade att SISS infört automatisk kontroll för att de, på grund av tids- och resursbrist, inte har tid att kontrollera alla industrier själva. De utför dock sporadiska kontroller. SISS måste ha godkänt de laboratorier som respektive industri anlitar för provtagningen. Dessutom är varje industriell verksamhet skyldig att ha en

kamera där totalavloppet går ut för att inga oegentligheter ska kunna äga rum vid provtagning. Hur ofta en industri eller ett reningsverk ska kontrolleras bestäms av den årliga utsläppsvolymen. För de källor som neutraliserar sina utsläpp kräver lagen kontinuerlig mätning och registrering av pH.

Decreto Supremo nr 46 – utsläpp till grundvattnet

Lagen reglerar industriernas och reningsverks utsläpp till grundvattnet via infiltration. Tillsynen sköts av SISS. Ingen detaljerad beskrivning av lagen ges eftersom studien inte behandlar denna typ av recipient.

3.1.2 Jämförelse med svenska normer

Utsläpp till vattendrag

Generellt bestäms gränsvärden för varje industri i Sverige vid tillståndsprövning av verksamheten. Maximala utsläppsvärden bestäms med recipienten och bästa tillgängliga teknik (BAT) som utgångspunkt (muntligen Rosén-Nilsson, 2006).

Till avloppsreningsverk

I Sverige bestämmer avloppsreningsverken själva gränsvärden för vissa parametrar beroende på varje enskild verksamhet. Nya riktvärden från Svenskt Vatten håller på att utarbetas. Anders Lind på Svenskt Vatten (muntligen 2006) tror att endast ett fåtal reningsverk använder sig av det underlag som finns idag. Enligt Lind är de råd och regler som Stockholm Vatten AB (2000) har utarbetat bra riktvärden som många reningsverk använder sig av. I dessa har ett antal parametrar reglerats generellt för alla industrityper (tabell 3.2 och 3.3). För de parametrar som inte finns med i tabell 3.2 och 3.3 görs bedömning från fall till fall. Precis som i Chile görs en prisöverenskommelse mellan reningsverk och industri för utsläpp av vissa ämnen, exempelvis BOD, COD, sedimentbar suspenderad substans (susp), totalfosfor och totalkväve. Industrin betalar en då viss kostnad per kg t ex BOD upp till en viss mängd och därefter ökar kg-priset (Stockholm Vatten, 2000).

Tabell 3.2 Jämförelse av krav på, i reningsverk, ledningspåverkande föroreningar för svenska respektive chilenska industrier

Parameter	Gränsvärde – utsläpp till svenskt reningsverk	Chilensk norm för utsläpp till reningsverk (D.S. 609)	Chilensk norm för utsläpp till ytvattendrag (D.S. 90/2000)
pH min	6,5	5,5	6
pH max	11,0	9,0	8,5
Temperatur max	50°C	35°C	35/40°C**
Konduktivitet	500 mS/m	-	-
Sulfat (Summa SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)	400 mg/l	1 000 (under vissa förh. högre) mg/l	1 000/2 000** mg/l
Magnesium, Mg^{2+}	300 mg/l	-	-
Ammonium, NH_4^+	60 mg/l	80 mg/l	- ***
Fett, avskiljbart	50 mg/l	150* mg/l	20/50** mg/l

Källa: Stockholm Vatten AB (2000)

*kallas oljor och fetter i D.S. 609

** det högre värdet då hänsyn kan tas till utspädning

*** N(Kj) = 50 eller 75 (med utspädning) mg/l

Tabell 3.3 Jämförelse av svenska och chilenska krav på ämnen som kan påverka processerna eller slamkvaliteten i respektive ut från reningsverk

Parameter	Svenskt varningsvärde samlingsprov för dygn, vecka, månad (mg/l)	Chilensk norm för utsläpp till reningsverk (D.S. 609) (mg/l)	Chilensk norm för utsläpp till ytvattendrag (D.S. 90/2000) (mg/l)
Bly, Pb	0,05	1	0,05/0,5**
Kadmium, Cd	Får inte förekomma a)	0,5	0,01/0,3**
Koppar, Cu	0,2	3	1/3**
Krom total, Cr	0,05 b)	10	
Kvicksilver, Hg	Får inte förekomma c)	0,02	0,001/0,01**
Nickel, Ni	0,05	4	0,2/3**
Silver, Ag	0,05	-	
Zink, Zn	0,2	5	3/20**
Miljöfarliga organiska ämnen	Bör inte förekomma		

Parameter	Svenskt varningsvärde, stickprov (mg/l)	Chilensk norm (D.S. 609) (mg/l)	Chilensk norm (D.S. 90/2000) (mg/l)
Cyanid total, CN	0,5 d)	1 (CN-)	0,20/1 (CN-)**
Opolära alifatiska kolväten ("mineralolja")	50	-	

Parameter	Varningsvärde (samlingsprov för dygn)	Chilensk norm (D.S. 609)
Nitrifikationshämmning vid inblandning av 20 % processavloppsvatten	20 % hämmning	-
Nitrifikationshämmning vid inblandning av 40 % processavloppsvatten	50 % hämmning	-

a) Kadmium förekommer i normalt hushållspillvatten i låga halter men ska inte förekomma i industriellt processavloppsvatten som släpps till avloppsnätet.

b) Sexvärt krom skall reduceras till trevärt före behandling i internt reningsverk.

c) Kvicksilver förekommer i normalt hushållspillvatten i låga halter men skall inte förekomma i industriellt processavloppsvatten som släpps till avloppsnätet.

d) Cyanidoxideringsprocesser skall drivas maximalt så att lättillgänglig (fri) cyanid inte släpps till avloppsnätet.

Källa: Stockholm Vatten AB (2000)

** det högre värdet då hänsyn kan tas till utspädning

3.2 Exempel på relevanta reningsprocesser

För slakterier, bryggerier och metallbeläggningsindustri finns ett antal intressanta reningstekniker som bör beskrivas lite noggrannare eftersom de skulle kunna tillämpas i Chile.

3.2.1 Slakterier

Rötning av slakteriavfall, där avloppsvattnet också går in i processen är en relativt ny och intressant metod i Sverige som håller på att implementeras av Siljans Chark (Siljans Chark, 2006). Den anaeroba behandlingen av avfallet genererar biogas som kan användas för att ge hetvatten till produktionen och el till driften. Siljans Chark räknar med att kunna ersätta all olja, de 100 m³/år som idag används (G. Eriksson, muntligen 2006). Värmen kan också användas för att värma upp fabrikslokaler. Överflödigt processvatten, som hygieniserats, kan användas till bevattning av jordbruksmark i närheten. Rötresten kan användas som mycket näringsrikt gödningsmedel på jordbruksmark om det är kontrollerat mot metaller. Anläggningen kan vara en dyr investering för ett litet företag, men avfallskostnaderna är mycket stora för ett slakteri, vilket är ett bra incitament. Metoden blir lönsammare eftersom det finns avsättning även för värmen. För Siljans Chark väntas återbetalningstiden bli ca 3 år, eventuellt mindre. De har ett årligt flöde av avloppsvatten på 9 000 m³, vilket kommer att användas för spädning. Anläggningen ska byggas för 3 000 ton mjukt slakteriavfall/år (G. Eriksson, 2006).

3.2.2 Bryggerier

Fillaudeau m fl (2005) beskriver att en UASB-process (up-flow anaerobic sludge blanket) kan behandla organiskt avloppsvatten med hög effektivitet. Även Aguirre (2005) beskriver UASB-reaktorn som en "basenhet" för behandling av bryggeriavlopp. Metoden kan reducera föroreningarna till 65-90 %. Fördelen med anaeroba metoder, förutom att energi kan återvinnas genom att biogas genereras, är att mycket lite, men stabiliserat, slam produceras. Utformningen av reaktorn är relativt enkel och kräver litet utrymme. Nackdelarna är att uppstartningsperioden är lång och att metoden inte tål plötsliga toppar i belastningen. Dessutom behövs erfaren personal eftersom processen är komplicerad. Andra nackdelar är explosionsrisk samt eventuella luktproblem. En viss temperatur krävs på avloppsvattnet, 25-35 °C (LTH, 2006). Även Parawira m fl (2005) beskriver anaerob behandling som mycket ekonomiskt och miljömässigt fördelaktigt för ett bryggeri då den organiska halten reduceras och energin som genereras i den anaeroba processen utnyttjas. Det är mer ekonomiskt att separera avloppsströmmarna med högt COD-innehåll till den biologiska behandlingen.

3.2.3 Ytbehandling

Oljehaltigt vatten

Behandlingen av oljehaltigt vatten beror på i vilken form oljan förekommer.

Klingspor (1997) tar upp följande fem former och några exempel på behandlingar:

- Fri olja
- Dispergerad/emulgerad olja
- Kemiskt emulgerad olja
- Molekylärt löst olja

- Oljebelagt suspenderat material

Fri olja och oljebelagt suspenderat material kan behandlas med t ex gravitationsavskiljare.

Behandling av vatten som innehåller emulgerad olja kan ske på tre olika sätt:

1. Kemisk spaltning – Oljedropparnas ytladdning förändras genom tillsats av syror, natrium-, kalcium- eller magnesiumsalter.
2. Ultrafiltrering – se Bilaga 2
3. Adsorption – Adsorptionsmedel blandas med emulsionen och oljan övergår i fast fas, som är lätt att avskilja. Bra metod för små kvantiteter avloppsvatten, men liknande resultat som spaltning.

Metallhaltigt vatten

Vid lämpligt pH-värde (normalt 8,5 – 10) kan lösta metaller fällas ut i svårslösliga metallhydroxider. Kalk kan användas som alternativ, vilket ger bättre egenskaper för sedimentering och avvattning, men nackdelar som större slamvolym.

Slamavskiljningen görs genom flockning med tillsats av flockningsmedel, som ger förbättrad flockbildning, vanligen i form av t ex en polyelektrolyt (Klingspor, 1997). Komplexbildare, såsom fosfater och EDTA, kan störa fällningsprocessen genom att binda till metalljonerna. De kan dessutom försämra flockbildningen. Det finns olika sätt att förhindra eller behandla problemet, men val av metod bör avgöras från fall till fall och har inte studerats närmare i denna uppsats.

Klingspor (1997) tar upp en metod för behandling av kromhaltigt vatten som innebär reducering av sexvärt krom till trevärt, med t ex natriumbisulfit eller järn, vilket gör utfällning av kromhydroxid möjlig. Detta ska ske i sur miljö. Ett alternativ i basisk miljö är med natriumhydrosulfit.

Förbättrad end-of-pipe-rening:

Med hydroxidfällning uppnås normalt metallhalter mindre än 1 mg/l i utgående avloppsvatten. För lägre halter måste reningen kompletteras med metoder för att avlägsna lösta metaller eller metaller i partikelform (Klingspor, 1997).

För lösta metaller, d v s i jonform, finns metoderna selektivt jonbyte (Bilaga 2), sulfidfällning och omvänd osmos (Bilaga 2). Metallsulfider är mer svårslösliga än motsvarande hydroxider. De metaller, som fortfarande finns kvar i vattnet efter hydroxidfällning, kan överföras till sulfider om sulfid i oorganisk eller organisk förening tillsätts.

För metaller i partikelform kan t ex sandfilter användas för avskiljning.

Avloppsfri eller sluten anläggning:

Några av de viktigaste åtgärderna för att uppnå en sluten anläggning, utan avloppsvatten och avfall, är att reducera utdragsförlusterna och att minimera skölvattenförbrukningen. Avfallsvolymer ska elimineras, vilket kräver att utdragsförlusterna återförs till processbaden samt att separerade metaller och kemikalier kan återvinnas internt eller externt. Att återföra utdragsförlusterna till processbaden och eliminera mängderna av de biprodukter som måste avlägsnas är steg på vägen.

En avloppsfri, liksom en sluten anläggning, består ofta av flera separationsmetoder. Två eller flera av följande exempel på tekniker är vanliga för en sluten anläggning:

- Jonbyte – se Bilaga 2.
- Totalavsaltning, recirkulering.
- Selektiva jonbytare – t ex vid slutpolering (se Bilaga 2).
- Indunstare – Vid indunstning uppkoncentreras en lösning från flytande till förtjockad eller fast fas.
- Membranfilter:
 1. Mikrofilter
 2. Ultrafilter
 3. RO - omvänd osmos
 4. Dialys – alternativ regenerering av betbad.
 5. Elektrodialys – se beskrivning i följande stycke.

3.3 De fem besökta företagen

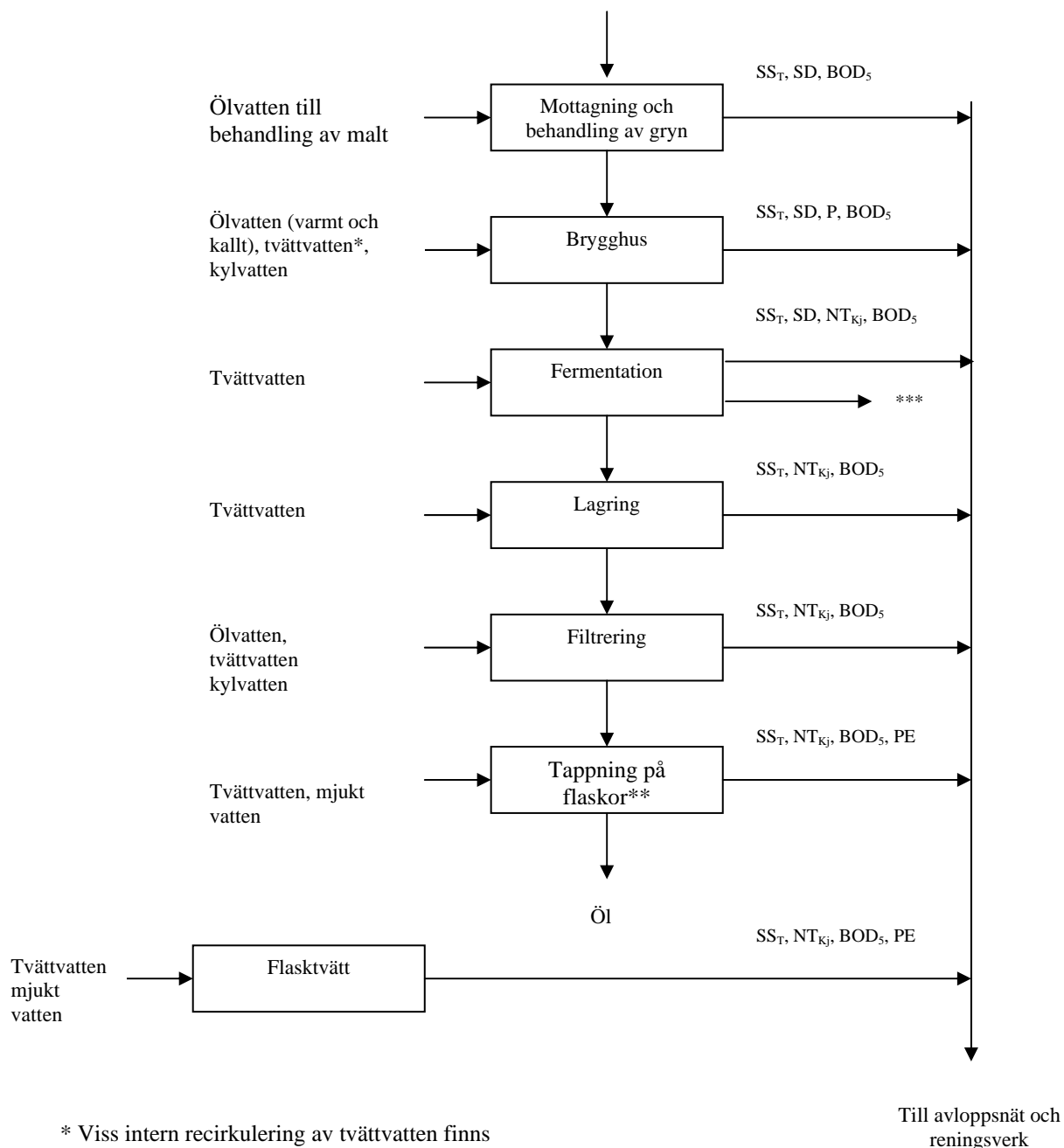
3.3.1 Bryggeri

Källa: Företag A, 2005

Bryggeriet producerar 90 % av den öl som konsumeras i Chile. I koncernen ingår även en filial i Argentina och ett vinproducerande företag i Argentina, samt ett företag som producerar mineralvatten och läsk, ett Piscoproducerande företag och ett transportbolag som sköter alla transporter.

Efterfrågan på öl ökar med ca 4 % varje år och eventuellt behövs en produktionsökning om några år. Idag finns tillräcklig kapacitet, men däremot kommer en utbyggnad kanske att ske om ökningen fortsätter. Produktionen är störst under sommarhalvåret, dvs oktober – mars. Då produceras ca 30 000 m³ öl/månad (Aguirre, 2005).

Figur 3.1 åskådliggör förenklat produktionen och dess flöden.



* Viss intern recirkulering av tvättvatten finns

** Fat, burkar och icke återvinningsbara flaskor förekommer också

*** Grönöl samlas upp och används till öl vid en annan fabrik

SST= Suspenderade ämnen total

SD= Sedimenterbara ämnen

NTKj= Totalkväve (Kjeldahl) (Inkluderar Organiskt kväve och ammoniakkväve)

BOD₅=

P=Totalfosfor

PE=skumningsförmåga (Poder Espumógeno)

Figur 3.1 Flödesschema (vatten) för bryggeriet, viktigaste beståndsdelar i avloppsvattnet från olika delprocesser (Aguirre, 2005).

Vattenkällan är 200 m djupa brunnar som ger en konstant vattenkvalitet. Industrin är delvis lokaliserad till denna plats eftersom den typ av vatten som behövs finns här. I

vattenverket produceras 4-5 olika vattentyper utifrån de grundegenskaper på vattnet som pumpas upp.

1. Dricksvatten
2. "Öl-vatten" som görs av avmineraliserat (med jonbytare) vatten som sedan adderas joner för att få önskvärd kvalitet.
3. Tvättvatten- för att tvätta återanvända flaskor, ett mjukt vatten för industritvätt som inte får oxidera eller förstöra maskinerna.
4. Avjonat vatten

Den totala vattenkonsumtionen är idag 6,5 l/l öl. 0,5 l blir ånga i processen medan 5 l går till avloppet (Personal A, muntligen 2005). Företaget producerar ca 5 000 m³ avloppsvatten/dygn, som idag går ut på avlopps nätet. Tabell 3.4 och 3.5 redogör för totalavloppets respektive olika delflödens beståndsdelar. Idag används ca 1/3 av maxkapaciteten i produktionen.

Tabell 3.4 Karakterisering av totalavloppet ut från bryggeriet enligt två olika studier jämfört med chilenska gränsvärden för utsläpp till reningsverk respektive ytvattendrag

Parameter	Medelvärden studie nr 1* (mg/l)	Medelvärde studie nr 2 ** (mg/l)	Norm (D.S. 609)	Norm (D.S. 90/2000) (med och/utan utsp)
pH	7,1	6,1	5,5-9,0	6-8,5
COD	3 130	2 653	-	-
BOD ₅	-	1 778	300	300
SS _T	379,1	540	300	80/300
SD	-	8,8 (mL/L på 1 h)	20	-
N (TKj)	40,0 (***)	42,5	-	50/75
P _T	24,4 (***)	15,9	10-15	10/15
Oljor och fetter	21,2	16,4	150	20/50
PE (skumningsförmåga)	-	12,7	7	7

* årsmedelvärden (Daza och Jeria, 2005)

** mätt två dagar i veckan under 24 h (Aguirre, 2005)

*** dessa medelvärden har av författaren beräknats från 13 månadsvärden ur Daza och Jeria (2005)

Tabell 3.5 Storlek på bryggeriets olika delflöden i produktionen, dess delar av totalavloppets flöde, total COD samt suspenderat material

Del av produktionen	Ex på dygnsflöde till avlopp (m ³ /d)	% av total volym*	% av total COD *	% av total SS *
Mottagning av gryn	425,65	11,57	0,33	3,35
Kokning	472,45	7,72	3,97	9,34
Fermentation	402,05	6,60	15,46	51,53
Filtrering	205,99	6,15	36,32	3,35
Tappning (inkl flasktvätt)	3 476,98	67,66	36,04	22,71
Bodegas (förråd)	15,25	0,30	7,87	9,72
Totalt	3 347,49	100	100	100

*baserat på flera mätningar (Daza och Jeria, 2005)

I buteljeringen karakteriseras det vatten som går till avloppet av stora volymer och inte så hög halt syreförbrukande ämnen. Eftersom en stor del av totalavloppets flöde kommer härifrån blir mängden COD från detta processteg ändå stor (tabell 3.5). Halten organiskt material kan öka mycket vid tillfällena då flaskor går sönder.

Pastöriseringen sker med hett vatten som efter användning kyls av i kyltorn för att recirkuleras till processen.

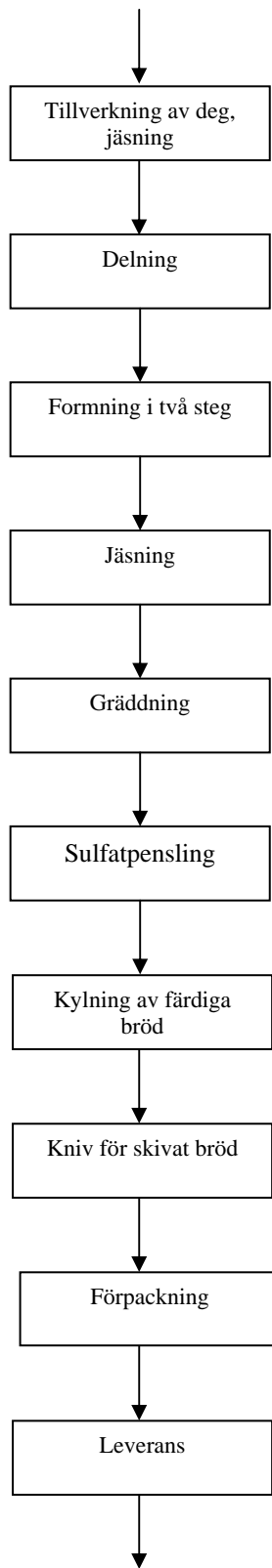
Enligt Personal A (muntligen 2005) används basiska och sura tvättmedel till all diskning. Dessa samlas upp separat, men en del kommer inte med vid avskiljningen vilket ger stora pH variationer i totalavloppet.

Kiselgur är en sorts fin marin sand med rester av kiselalger som bryggeriet använder för att filtrera ölen så att den blir klar. Den har en viss kapacitet, som beror av SS-halten i ölen, och kan inte regenereras vilket gör att resterna slängs som sopor. Vatten används för att få ur kiselguren ur processen när den inte kan användas längre.

3.3.2 Bageri

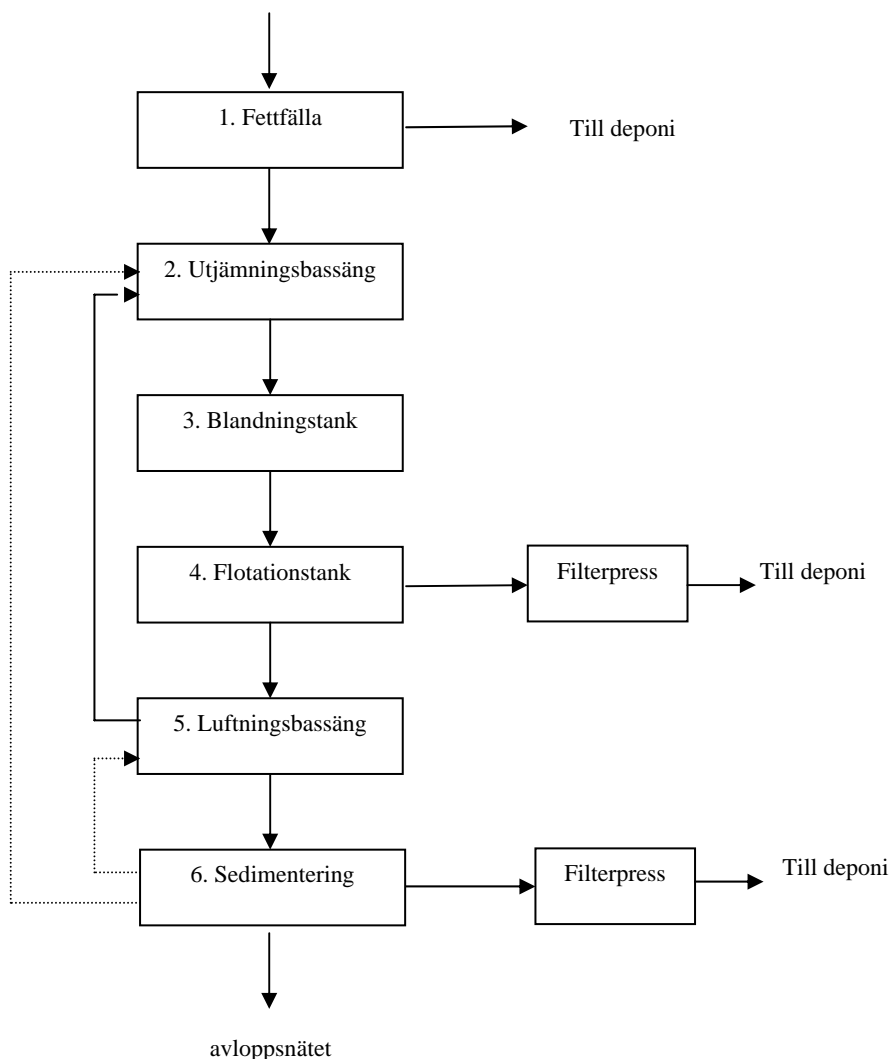
Källa: Företag B, 2005

Bageriet, som är 10 år gammalt, ligger i kommunen Quilicura i nordvästra delen av Region Metropolitana. Företaget har funnits i Santiago sedan 1925. Bland produkterna finns allt från flera sorters formfranska till koryvbröd, förbakade pizzabottnar och olika typer av kakor. Produktionen är igång dygnet runt mån-lör och ibland även söndagar. Företaget är multinationellt och ska bygga en ny fabrik i Santiago år 2007. En av tillvekningsprocesserna (produktion av formfranska) visas i figur 3.2.



Figur 3.2 Blockschema över en av bageriets tillverkningsprocesser.

Bageriets reningsverk, byggt 1999, ligger under jord och förefaller litet jämfört med fabriken. Följande delar (figur 3.3) ingår i reningsverket, vars kapacitet är 6 l/s:



Figur 3.3 Flödesschema för bageriets reningsverk.

Förklaring av flödesschemat:

1. Fettfälla: Ingen mekanisk process utan avskiljning sker med hjälp av gravitation. Fettet flyter upp i tre bassänger. Fettet skickas till en deponi för kompostering.
2. Utjämningsbassäng: Homogenisering av avloppsvattnet sker här med avseende på pH och temperatur, genom att blanda inkommande avloppsvatten med avloppsvatten som behandlats delvis eller helt. Tar t ex emot recirkulerande flöde från luftningsbassängen om det behövs, t ex om nivån i bassängen är för låg.
3. Blandningstank: Här används polyklorerad aluminium

4. Flotationstank: Har konisk form i botten. En del sedimenterar och går till pressfilter som tar bort fasta partiklar.
5. Luftningsbassäng, biologisk behandling.
6. Sedimentering och utsläpp till allmänt avloppsnät (egenskaper visas i tabell 3.6). Härifrån kan avloppsvatten också tas om volymen är låg i någon av de andra bassängerna t ex luftning eller utjämning. Slammet går till pressfiltret och sedan vidare till deponi.

Bageriets vattenkonsumtion är 9 500 m³/månad och den totala produktionen 2 593 ton/månad. Detta motsvarar en vattenkonsumtion på 3,66 m³/ton. Den vattenvolym som går till avloppet är ca 4 560 m³/månad. Reningsverket reducerar BOD-halten från över 1 000 mg/l till under 300 mg/l.

Tabell 3.6 Uppmätta värden på parametrar i utflödet från bageriets reningsverk jämfört med gränsvärden för utsläpp till reningsverk

Parameter	Medelvärde	Chilensk norm D.S. 609
Flöde	1,7 – 2,5 l/s	-
*SS _T	44 mg/l	300 mg/l
Oljor och fetter	27 mg/l	150 mg/l
BOD ₅	267 mg/l	300 mg/l

* Vid 105 °C

Det fasta avfallet från filterpressen, vars egenskaper visas i tabell 3.7, går idag till deponi.

Tabell 3.7 Egenskaper hos det fasta avfallet från filterpressen i bageriets reningsverk

Egenskap	Andel (%)
Fuktighet:	91
Protein:	3,6
Fett:	1,3
Mineraler	0,5
Fibrer	1,7
Kolhydrater	3,2

3.3.3 Mejeri

Källa: Företag C, 2005

Mejeriet är ledande på mjölkprodukter i Chile. Antalet anställda uppgår till mer än 3 000 uppdelat på fyra anläggningar i Chile. I Santiago är verksamheten lokaliserad till kommunen San Bernardo i södra delen av Region Metropolitana (Bilaga 4). Till produkterna hör mjölk, yoghurt, juice och andra drycker. Tillbyggnad av verksamheten är igång och möjliggör ökad produktion av juicer och övriga drycker. Mejeriet har ett eget reningsverk som ligger en bit ifrån fabriken. Det byggdes 1998 och innehåller följande delar:

1. Allt avloppsvatten kommer i samma rör till ett filter och en mekanisk siktning sker för att få bort fasta och stora partiklar.
2. Utjämningsbassäng - för att få jämn belastning in till reningsverket.
3. Upphöjningsstation - torn för att få fall och tryck i flödet.
4. pH-reglering - två tankar där pH regleras med syror och baser.
5. Flockning - med hjälp av polymer för slamavskiljning.
6. Avskiljning av SS - vattnet från flockningsbassängen går vidare till denna mindre bassäng.
7. Biologisk behandling med biodiskar - vattnet från bassäng nr 6 och centrifugeringen av slam leds hit.
8. Sedimenteringsbassäng, 2 500 m³, med syfte att avskilja fasta partiklar – slambildning.
9. Utlopp till avloppsnätet (egenskaper redovisas i tabell 3.8).

Slam från steg 6 går vidare till centrifug och innehåller efter torkningen ca 23 % vatten. Slammet komposteras sedan.

Tabell 3.8 Data om processavloppsvatten ut från mejeriets reningsverk jämfört med gränsvärden för utsläpp till reningsverk

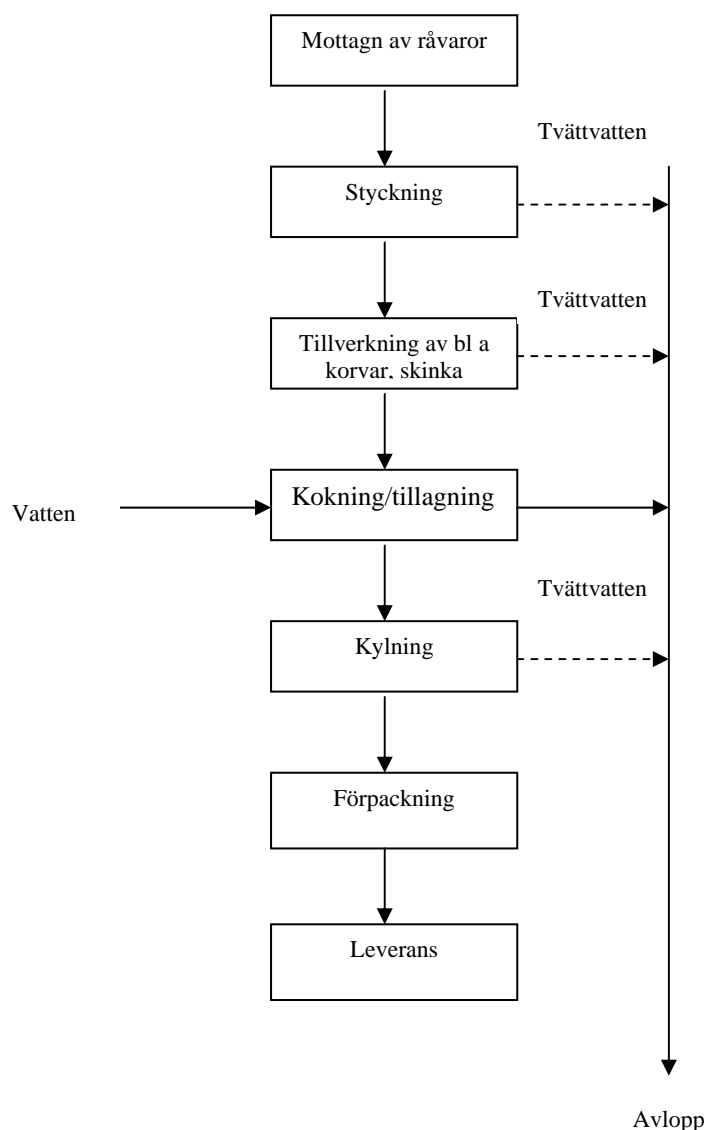
Parameter	Medelvärde	Norm D.S. 609
Flöde	150 000 m ³ /månad**	5 000-6 000 m ³ /dygn
PH	7-11	5,5-9,0
Temp	15-30 ° C	35 ° C
SS _T	Ca 150 mg/l	300
Oljor och fetter	Ca 300 mg/l	150
BOD ₅	Ca 269 mg/l	300

**Kapaciteten förväntas räcka även efter utbyggnaden (Personal C, muntligen 2005)

3.3.4 Charkuterifabrik

Källa: Företag D, 2005

Företaget ligger i kommunen Quinta Normal i centrala delen av Santiago RM (Bilaga 4). Det har funnits i 60 år och har idag 15 anställda i produktionen. I fabriken tillverkas smörgåspålägg såsom olika korvar, torkat och rökt kött samt skinka. Produktionen sker i flera steg vilka illustreras i figur 3.4.



Figur 3.4 Flödesschema för charkuteriets tillverkningsprocess.

Kokningen kan gå till på två sätt, traditionell kokning och ångkokning i stora ugnar. Även torkning och rökning av kött är vanliga produktionssteg. Totalavloppet, vars innehåll av vissa parametrar redovisas i tabell 3.9, är kopplat till avloppsnätet som går till det största reningsverket i Santiago.

Tabell 3.9 Data om totalavloppet

Parameter	Medelvärde (mg/l)	Norm D.S. 609 (mg/l)
Flöde	0,54 (m ³ /h)	-
BOD ₅	473	300
Oljor och fetter	86,4	150
NH ⁴⁺	31,9	80
SS _T	90	300
P(T)	1,84	15
pH	6,9-7,7	5,5-9

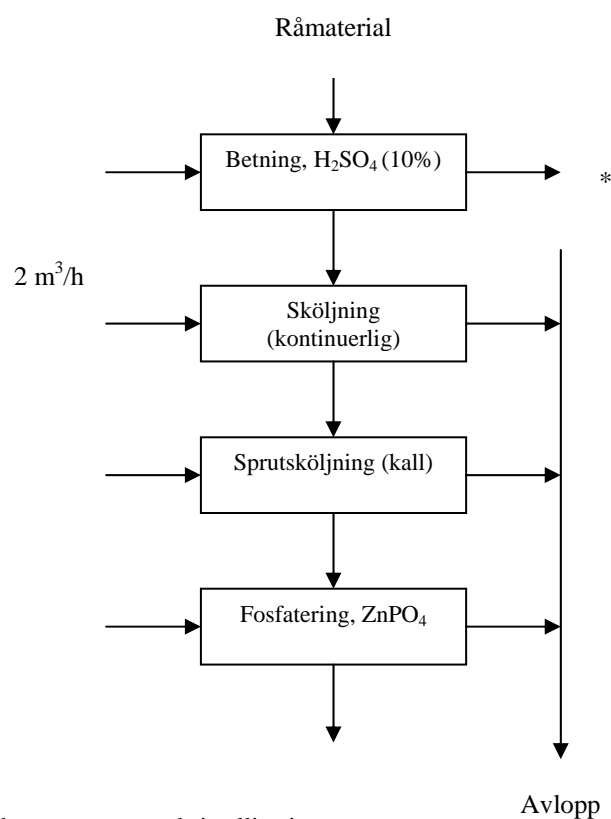
Vattenförbrukningen är 3,29 l/kg tillverkad produkt. När kokbadet, som har de BOD-rikaste delflödena till avloppet, töms efter varje arbetsdag släpps totalt 2 m³ vatten ut med en temperatur på 75 °C.

3.3.5 Metallbeläggning - galvanisering

Källa: Företag E, 2005.

Företaget är 50 år gammalt och av medelstor storlek. Det har 246 anställda och tillverkar samt ytbehandlar skruvar och muttrar i olika storlekar.

Råmaterialet är ringar av stål från bl a Kina. De behandlas på olika sätt tills de får rätt diameter. I det sista steget putsas de med tvålpulver. Efter att ringarna fått rätt diameter rengörs de och förbehandlas (figur 3.5):

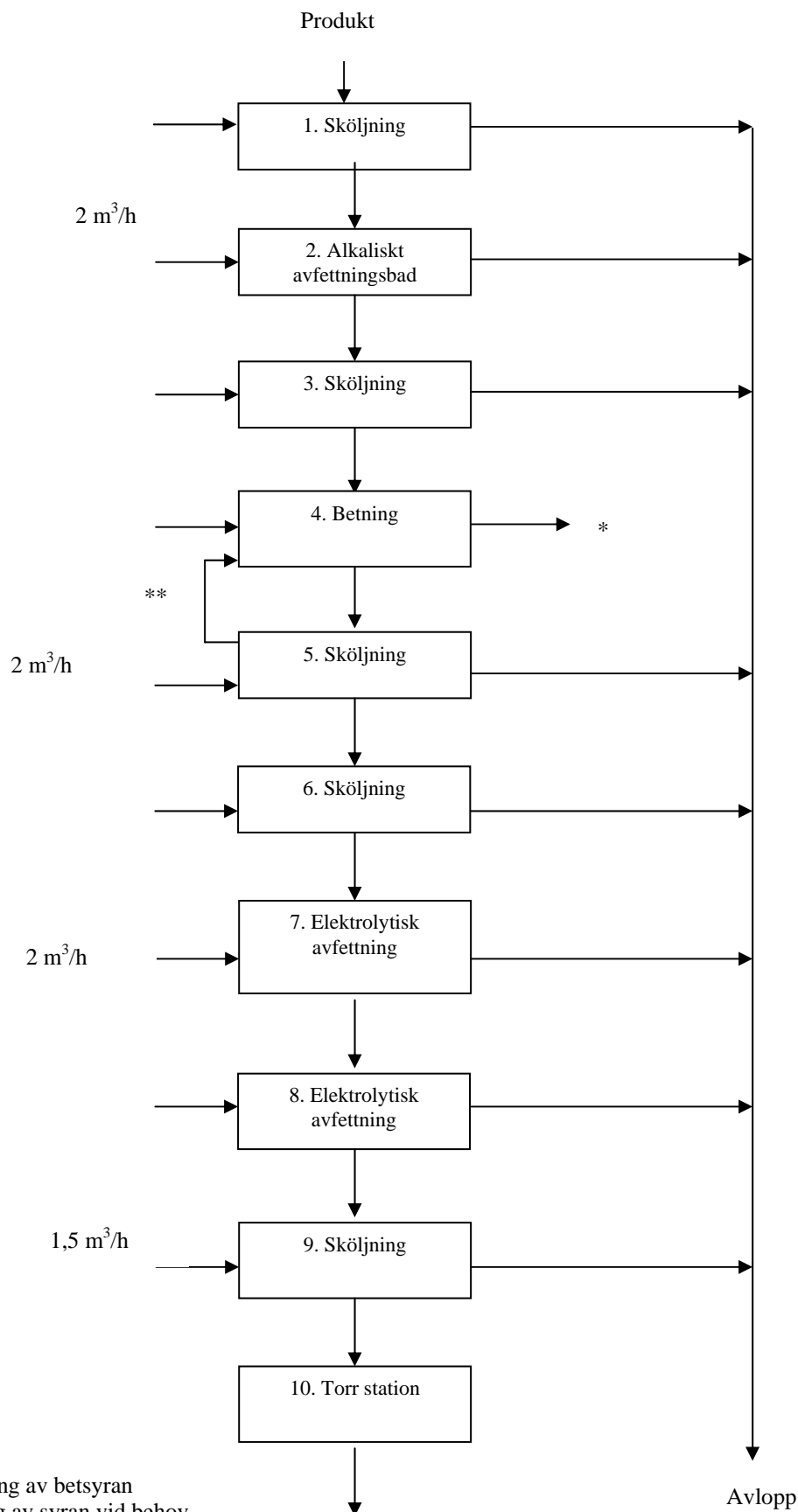


*Regenerering av betsyran genom kristallisation:

I ett separat hus sker tvättning av syran för att den ska kunna återanvändas. Restprodukten är FeSO₄•7H₂O i kristallform som efter avskiljning kan användas i jordbruk. Järnet är den enda föroreningen från stålet.

Figur 3.5 Flödesschema som illustrerar förbehandlingen av råmaterial.

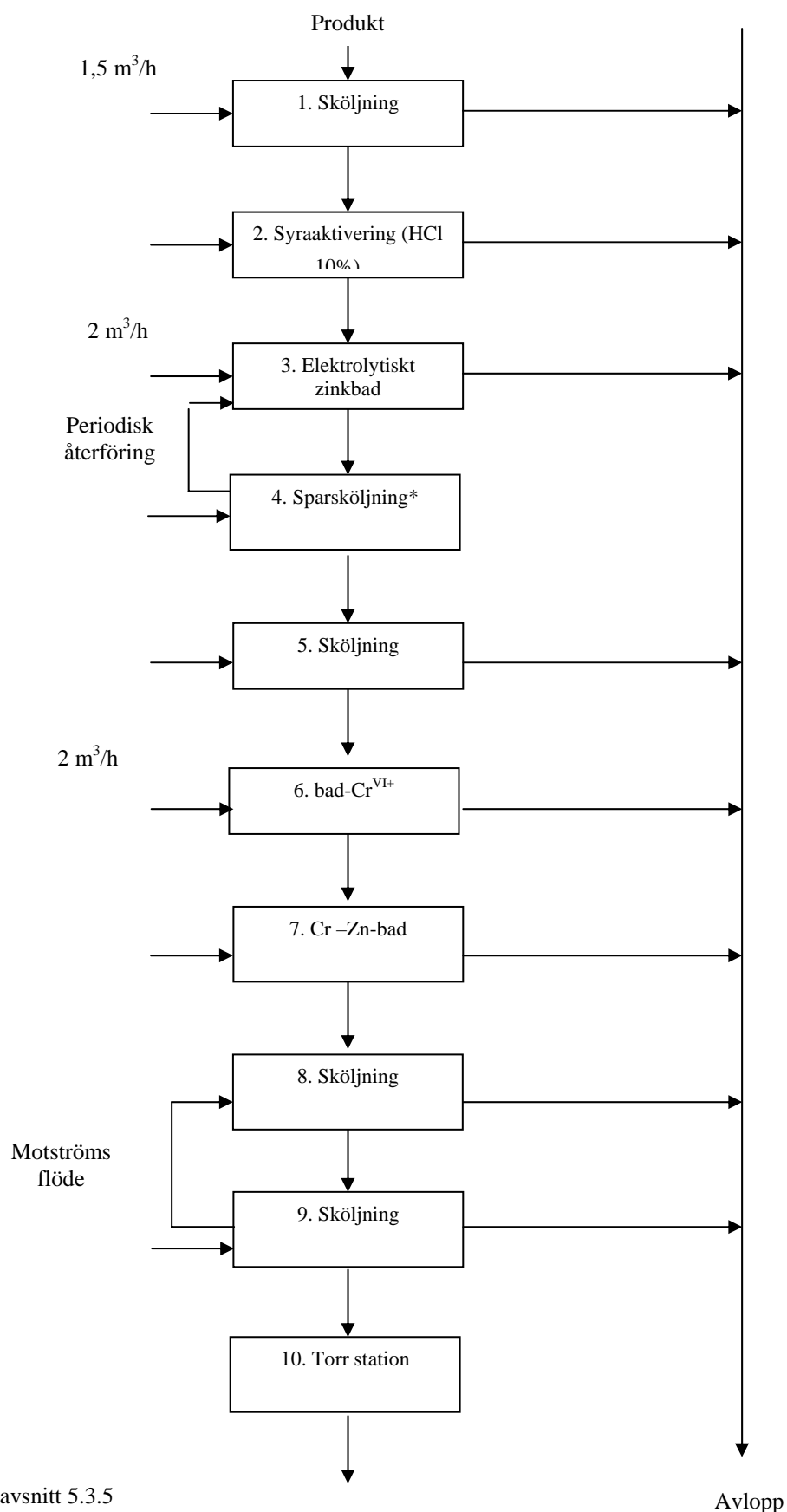
Efter förbehandlingen av råmaterialet sker tillverkning av olika storlekar och olika sorters skruvar som ska få olika ytbehandling. Sedan sker ytterligare steg av förbehandling till förzinkningsprocessen (figur 3.6):



*regenerering av betsyran
 **återföring av syran vid behov

Figur 3.6 Flödesschema för förbehandling av gods hos besökt metallbelägningsindustri.

De sista produktionsstegen, den elektrolytiska förzinkningen, visas i figur 3.7:



*förklaras i avsnitt 5.3.5

Figur 3.7 Flödesschema för den elektrolytiska behandlingen.

Utanför fabriken finns ett avdunstningskar dit vatten från två avfettningsbad samt krombadet kommer. Ett avfallsföretag tar hand om de förbrukade avfettnings- och processbaderna. För detta betalar ytbehandlingsföretaget ca 1 380 USD/år.

Totalflödet avloppsvatten är 11-12 m³/h och dess egenskaper visas i tabell 3.10. Vattenförbrukningen är 34,9 l/kg färdig produkt.

Tabell 3.10 Data om totalavloppet ut från galvaniseringsindustrin jämfört med gränsvärden för utsläpp till reningsverk

Parameter	Värde (mg/l)	Chilensk norm D.S. 609 (mg/l)
pH	6,52	5,5 – 9
Oljor och fetter	16	150
SS _T (105 ° C)	57	300
SD	< 0,2	20
Cyanid	< 0,05	1
Zink	18,28	5
Fe	7,75	Finns ej
Cr (total)	1,96	10
Cr ^{VI+}	1,72	0,5
NH ₄ ⁺	14,9	80
PE	< 2,0 (mm)	7 (mm)
SO ₄ ²⁻	346	1000

Företaget har börjat arbeta med sina två största utsläppsproblem, zink och sexvärt krom. De har lokaliserat de största källorna till efter processbaderna (och före respektive sköljning) och satt in åtgärder. Sparsköljning (se avsnitt 5.3.5) är en vattensnål metod som reducerar zink- och kromhalt i avloppsvattnet samt minskar behovet av metall eftersom denna kan återföras till processbadet. Mätning med konduktivitetmätare underlättar att se behov av att fylla på sköljvatten eller stänga av tillförseln. Sparsköljningsteknikerna har använts i två år men i olika utsträckning beroende på antalet tillgängliga kar.

Idag har företaget ingen end-of-pipe-rening utan har minskat metallhalter och mängden metaller i utgående avloppsvatten genom andra metoder såsom vattenbesparande åtgärder och recirkulering av zink från sparsköljningen. De har dock beslutat att skaffa ett reningssystem för totalavloppet för att nå ner till gränsvärdena för alla ämnen. Syftet är att vattnet som har behandlats ska kunna återföras till produktionen.

4. PROBLEMBESKRIVNING

Analysen av det insamlade materialet i kapitel 3 har resulterat i ett antal problembeskrivningar som redovisas i detta kapitel.

4.1 Skillnader mellan chilensk och svensk lagstiftning

Generellt sett är svenska normer för utsläpp till reningsverk hårdare avseende metaller (tabell 3.2, avsnitt 3.1.2). Några parametrar utmärker sig med betydligt högre chilenska gränsvärden, koppar, krom (total), nickel och zink.

Enligt Stockholm Vatten AB (2000) får varken kvicksilver eller kadmium förekomma i avloppsvattnet. Metallerna tillåts i Chile, om än i små mängder.

Gränsvärdet för sulfater är mer än dubbelt så högt i Chile jämfört med i Sverige.

4.2 Belastningen på Chiles floder

Som en del av kartläggningen av situationen gällande industriellt avloppsvatten redovisas här resultatet av analysen av informationen om föroreningsbelastningen i landets floder från SISS (1998).

4.2.1 Organisk förorening i floderna

Enligt SISS (1998) var centrala Chiles floder de floder som var värst drabbade av utsläpp av organiska föroreningar. 1998 fanns sammanlagt 110 industrier som klassades som starkt förorenande och som släppte ut sitt avlopp i floder i centrala Chile. Värst drabbad var 1998 Rio Maipo som tog emot avloppsvatten från 77 starkt förorenande industrier. Samma flod var recipient till totalt 312 av 411 industrier i hela zonen. Södra zonen (se Bilaga 3 för definition av zonerna) var hårdare belastad än den norra (tabell 4.1).

Tabell 4.1 Totalt antal förorenande industrier till floder i olika zoner av Chile

Zon	Antal industrier i resp föroreningsgrad		
	Hög	Medel	Låg
Norra	4	8	27
Centrala	110	50	251
Södra	20	35	70

Källa: SISS (1998)

SISS (1998) redovisar också vilka halter och totala mängder BOD och SS som varje flod hade. Enligt dessa uppgifter beror tillståndet inte på antalet industrier, utan snarare på vilka industrier som har respektive flod som recipient.

Floderna i den södra delen av landet hade störst totalmängder BOD₅ och SS beroende på deras relativt stora vattenflöden (SISS, 1998). Två floder utmärkte sig, Rio Itata och Rio Bio-Bio, vars totalmängder BOD var ca 1 160 ton/månad respektive nästan 2 000 ton/månad. Även mängden SS var mycket stor i dessa floder, nära 1 500 ton/månad för båda.

Rio Maipo, den största recipienten i centrala Chile, ligger i Region Metropolitana och tog 1998 månatligen emot 394 ton BOD₅, vilket motsvarar en halt på 1,40 mg/l med flodens medelflöde 282 m³/mån. Motsvarande halt SS var i Rio Maipo 0,30 mg/l. Den flod i centrala zonen som hade högst halt BOD var Rio La Ligua, 10,85 mg BOD₅/l. Detta beror på det mycket begränsade vattenflödet 3,45 m³/mån. Rio Maule, i region VII, tog däremot emot störst mängder BOD och suspenderade ämnen av floderna i centrala zonen, ca 500 ton BOD/månad respektive ca 1 370 ton SS/månad.

I norra zonen hade 1998 Rio Copiapo högst halt BOD₅, 20,83 mg/l. Vattenflödet var mycket begränsat, 5,91 m³/mån. Denna flod var också värst drabbad av floderna i norr då totalmängden BOD översteg 123 ton/månad. Generellt sett har floderna i norr betydligt mindre vattenföring än både de centrala delarnas vattendrag och de mycket vattenrika floderna i södra Chile.

4.2.2 Kemisk-toxisk förorening i floderna

SISS (1998) klassade halter av några toxiska parametrar i nivåerna hög och låg enligt tabell 4.2. Tabell 4.3 visar hur hårt drabbade de olika zonerna av Chile var 1998.

Tabell 4.2 Gränser för höga respektive låga halter av vissa föroreningar enligt SISS (1998) (mg/l)

Ämne/jon	Hög	Låg
Cu	>3	≤3
Cr	>3,5	≤3,5
Cr (VI+)	>0,5	≤0,5
CN	>1	≤
Zn	>5	≤
Fenoler	>0,5	≤

Källa: SISS (1998)

Tabell 4.3 Antal industrier med hög (h) respektive låg (l) nivå av olika förorenande ämnen med utflöde i floderna i olika zoner av Chile

Zon	Cr		Cr ^(VI+)		Cu		Zn		Cyanid		Fenoler	
	h	l	h	L	h	l	h	l	h	l	h	l
Norr	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19
Central	27	226	4	249	1	252	1	252	0	253	0	253
Söder	5	22	0	27	0	27	0	27	1	26	1	26
Totalt	32	267	4	295	1	298	1	298	1	298	1	298

Källa: SISS (1998)

Av dessa siffror ser det ut som om den centrala regionen är värst drabbad av toxiska utsläpp. Inga uppgifter om halter i floderna i respektive region finns dock tillgängliga. Det finns heller inga uppgifter om hur många industrier som totalt är lokaliserade i varje zon.

Det är vanligast att industrierna släpper ut sitt avloppsvatten på avloppsnätet. Tabell 4.4 visar hur många industrier SISS hade uppgifter om 1998 och hur många och hur stor andel av verksamheterna som släppte ut sitt avloppsvatten till respektive recipient.

Tabell 4.4 Antal respektive andel industrier i Chile med utsläpp till respektive recipient

Recipient	Antal industrier	Andel (%)
Flod	128	7
Sjö	5	0
Hav	129	7
Bevattningskanal	56	3
Mark (infiltration)	274	14
Avloppsnät	1 251	66
Övriga	60	3
Totalt	1 903	100

Källa: SISS (1998)

4.3 Problem bland industrierna i Region Metropolitana

Materialet från SISS (1998) och SISS-2005 (sammanfattas i tabell 4.5 och 4.6), tyder på att **livsmedelsindustrin samt jordbruk och boskapsuppfödning**, generellt sett, var och fortfarande är en stor källa till utsläpp av BOD, SS samt oljor och fetter. En konserveringsfabrik för livsmedel hade stort månatligt avloppsflöde, nära 300 000 m³/månad (SISS-2005), vilket ger mycket stora mängder organiskt material ut till recipienten. Ett bevattningsystem var recipient.

I Region Metropolitana var tillverkare av olika **köttkonserver** tillsammans bland de största förorenarna 1998 (SISS, 1998). Många företag hade mycket höga halter av både oljor och fetter, suspenderade ämnen, BOD₅ och kväve i sina utsläpp. Flertalet släppte dock ut små vattenmängder, vilket gör belastningen från varje enskild verksamhet liten. Sammantaget bör utsläppen ha utgjort ett stort problem.

Specifikt var oljor och fetter, BOD, SS och kväve de största beståndsdelarna i utsläppen från mejerierna som tillverkar **smör och ost** (SISS, 1998). I tre fall förekom BOD-halter över 4 800 mg/l. Flödena var dock relativt små för denna typ av mejerier, två under 1 000 m³/månad och två med 5 000 - 7 000 m³/månad. Även för **glassproducenterna** var BOD samt oljor och fetter det största problemet 1998.

Boskaps- och fjäderfäslakterierna hade höga halter oljor och fetter, SS, BOD och kväve i utsläppen. Särskilt ett av fjäderfäslakterierna hade ett mycket stort utflöde, 52 000 m³/månad. Detta innebär att mycket stora mängder fett och organiskt material lämnar detta slakteri och går ut i vattendragen. De slakterier i Santiago RM som hade rapporterat till SISS 2005 hade mycket för höga halter av BOD, SS, oljor och fetter, totalkväve samt fosfor.

Två **bryggerier** hade 1998 BOD-halter mellan 1 000-1 500 mg/l och mycket stora avloppsflöden. En ölproducent släppte ut nära 130 000 m³/månad (SISS, 1998), vilket gör även den totala mängden BOD från detta bryggeri mycket stor.

Två **vingårdar**, en stor med ett utflöde på nära 13 000 m³/månad, och en liten vars utflöde var mindre än 1 000 m³/månad, överskred 1998 (SISS, 1998) gränsvärdet för utsläpp av BOD. Uppgifterna från SISS-2005 redovisar flera vingårdar som överskrider gränsvärdena för parametrarna SS och pH och dessutom har mycket för höga värden för BOD. Samtliga vingårdar utom en hade flöden mindre än 1 000 m³/månad.

Garverierna hade generellt sett också stora utsläpp av oljor och fetter, SS, BOD₅, kväve och SO₄²⁻. Ett garveri hade ett stort månadsflöde, över 21 000 m³. De flesta hade annars utsläpp på mellan 3 000 och 8 000 m³/månad. Även de två garverier som redovisas i materialet SISS-2005, hade för höga halter av oljor och fetter och BOD₅, men dessutom Cr^{VI+} och klor. 1998 hade en del av garverierna problem med giltigt pH-intervall, samt för höga sulfidhalter. Ett av garverierna hade också höga halter totalkrom som gick ut till recipient.

Ytbehandlingsindustrin släppte 1998 ut avlopp med främst höga halter oljor och fetter, SS och SO₄²⁻. Sammanlagt två företag inom denna sektor hade enligt SISS även problem med utsläpp av ett antal metaller. Flödena från dessa verksamheter var i samtliga fall under 1 200 m³/månad.

Textilindustrierna hade för höga halter oljor och fetter i sina utsläpp och dessutom problem med något för höga pH-värden. Inom denna industrisektor fanns inga riktigt stora enheter (SISS, 1998).

Gränsvärdena för oljor- och fetter, BOD samt SS överskreds 1998 av **tvål- och schampotillverkarna** (SISS, 1998). Olje- och fetthalterna var i flera fall mer än tre gånger för höga. Flödena för denna industrisektor var i de flesta fall under 1 000 m³/månad.

Flera **kemifabriker** hade 1998 problem med BOD, SS och SO₄²⁻. En av dem hade även höga halter cyanid i sitt avlopp, ca 155 mg/l. Flera fabriker hade också för höga eller alldeles för låga pH-värden. Alla fabriker utom en hade flöden mindre än 5 000 m³/månad.

Tre **bensinstationer** hade för stora utsläpp av oljor och fetter och en av dem, med ett flöde på ca 2 200 m³/månad, hade även för höga halter av BOD och SS (SISS, 1998).

Tabell 4.5 Antal verksamheter, inom respektive industrisektor, i Region Metropolitana, som överskred normer för utsläpp till ytvattendrag 1998 respektive 2004-2005

	A y		SS		BOD ₅		N		P		SO ₄ ²⁻		Al		Cr ^{VI+}		Cl	
	-	04	-	04	-	04	-	04	-	04	-	04	-	04	-	04	-	04
Industrityp	98	05	98	05	98	05	98	05	98	05	98	05	98	05	98	05	98	05
Metall	4		1								1							
Läkemedel	3				2													
Tvål	5		3		5						1							
Tvätteri	5		2		4													
Keramik			2															
Smör, ost	4	1	3	1	4	1	3	1										
Parfym, kosmetika	2				2													
Kemi	1		4		6		1		1		2							
Glass	4		2		4													
Köttkonservering	14		11		14		12											
Bokbinderi	1				4													
Ytbehandling	3		3								3				1			
Färgtillverkare					2													
Plasttillverkare																		
Textil	6		1		3										1			
Jäst					1													
Livsmedel **		1	1	1	2	1	2		1									
Garveri	13	2	11	1	12	2	10			1	6					1		2
Kvarn	1		2		2													
Slakteri (boskap och fågel)	6	2	5	2	5	2	3	3		2				1		1		
Frysning av livsmedel	2		2		3		2											
Kartong och papper	3		3		2													
Vingård		1	1	6	2	6		2		1				1				
Olja	2				1													
Bryggeri			1		2													
Ugnar	2																	
Bensinstation	3		1		1													
Bilverkstad																		
Kons. livsm			1	1	1	1												
Läsk					1													
Schampo	1		2		1													
Uppfödning boskap		3		3		3		2		3								
Tvättmedel										1								
Fiskförädling														1				

Källor: SISS (1998) och SISS (2005)

* Oljor och fetter

** Övrig livsmedelsindustri som ej är nämnd i egen kategori

Tabell 4.6 Antal verksamheter, inom respektive industrisektor, i Region Metropolitana, som överskred normer för utsläpp till ytvattendrag 1998 respektive 2004-2005

Industrityp	pH		S ²⁻		Ni		Cr		Cu		Cd		Zn		Hg		Pb	
	- 98	04 05	- 98	04 05	- 98	04 05	- 98	04 05	- 98	04 05	- 98	04 05	- 98	04 05	- 98	04 05	- 98	04 05
Metall																		
Läkemedel	1		1		1									1				
Tvål																		
Tvätteri																		
Keramik																		
Smör, ost	1																	
Parfym, kosmetika																		
Kemi	4																	
Glass																		
Köttkonservering																		
Bokbinderi	1																	
Ytbehandling	1				1		1				1		1					
Färgtillverkare																		
Plasttillverkare					1													
Textil	4		1										1				1	
Jäst																		
Livsmedel *																		
Garveri	2		2	1			1											
Kvarn																		
Slakteri (boskap och fågel)																		
Frysning av livsmedel																		
Kartong och papper	1				1				1									
Vingård		5																
Olja																		
Bryggeri																		
Ugnar																		
Bensinstation			1															
Bilverkstad																		
Kons. livsm																		
Läsk																		
Schampo	1																	
Uppfödning boskap																		
Tvättmedel																		
Fiskförädling																		

Källor: SISS (1998) och SISS (2005)

* Övrig livsmedelsindustri som ej är nämnd i egen kategori

4.4 Problem i övriga regioner i landet

En sammanfattning av resultatet ges i tabell 4.7 och 4.8. Enligt SISS (1998) var **fiske** och olika **fiskindustrier** stora föroreningskällor i de övriga regionerna. Största föroreningsproblem var oljor och fetter samt BOD. Flertalet av dessa verksamheter släpper ut stora vattenmängder, vilket gör belastningen mycket stor.

Från **slakterierna** i VII:e regionen var utsläppen av oljor och fetter, SS och BOD stora 1998 och även de senaste uppgifterna från SISS (-2005) visar att flera slakterier i denna region har mycket höga halter av dessa parametrar, men även kväve. Även i flera andra regioner hade slakterierna 1998 en betydande roll för utsläppen av ovan nämnda ämnen.

I region VII finns idag många **jordbruk med boskapsuppfödning och övriga livsmedelsproducenter² samt vingårdar** som har floder och andra vattendrag som recipienter. Nästan alla vingårdar (18 respektive 21 av sammanlagt 22), som karakteriserat sitt avloppsvatten, hade i de senaste uppgifterna från SISS (-2005) höga halter suspenderade ämnen respektive BOD₅. Många livsmedelsproducenter hade mycket höga utsläpp av BOD₅ (>1 000 mg/l) och suspenderade ämnen. Många av dem hade även höga halter oljor och fetter i utgående avloppsvatten. Bland dessa båda typer av verksamheter fanns flera olika storlekar representerade, allt ifrån flöden under 1 000 m³/månad till upp emot 21 000 m³/månad. Den vanligaste kategorin var 1 000 – 10 000 m³/månad. Vingårdarna hade dessutom, enligt SISS-2005, nästan samtliga problem med stora pH-variationer liksom många av jordbruken. Fem vingårdar överskrider dessutom normen för krom.

Två mycket stora **sockerproducenter**, med månadsflöden av avloppsvatten på ca 700 000 m³ respektive 1 400 000 m³ hade i sin senaste rapportering till tillsynsmyndigheten 2005 för höga BOD-halter. De totala mängder syreförbrukande material som släpps ut från dessa företag är mycket stora. Dessa sockerproducenter har även icke-godkända pH-variationer.

Normerna för SS och BOD överskreds av flera **läsk- och mineralvattentillverkare** i region I, V, VIII och IX, 1998. Ett av företagen hade misstänkt hög cyanidhalt i sitt avloppsvatten, 700 mg/l. Det största utflödet, 32 200 m³/månad, rapporteras från region V, där även pH-värdet var för högt. Några nyare uppgifter om denna sektor finns ej i den region som studerats.

I region X hade en stor **pappers- och kartongtillverkare** 1998 en stor del av de totala BOD-utsläppen i regionen. Halten BOD var endast 456 mg/l, men flödet av avloppsvatten över 131 000 m³/månad.

Bland övriga verksamheter med för höga utsläpp fanns 1998 **kemifabrikerna**. Problemen gällde huvudsakligen SS, BOD₅, Cl och SO₄²⁻. Två stora pesticid-tillverkare överskred 2005 normer för sexvärt krom.

² Till övriga livsmedelsproducenter hör förädlare av frukt och grönsaker samt övriga som ej tagits upp som egna kategorier i denna text.

Tabell 4.7 Antal verksamheter, inom respektive industrisektor och region, som överskred normer för utsläpp till ytvattendrag 1998

Industrityp/ Region	A y G*	SS	BOD ₅	N	P	SO ₄ ²⁻	Al	Cr ^{VI+}	pH	Cu	Cl
Region I											
Fiskmjöl	1			1	1						1
Läsk		2									
Region II											
Fiskind		1									
Elektricitet											1
Region III											
Metall		1									1
Region V											
Läsk		1	1						1		
Kemi		1	1								1
Färgtillv		1									
Frukt o gröns	1										
Frys. Livsmedel	1	2	1								
Garveri		1	1	1		1					1
Köttkons	2	2	2	1						1	
Region VI											
Slakt (fågel)	2	1	1								
Region VIII											
Textil	1	1	1								
Kartong, papp		1	1								
Garveri	1	1	1						1		
Fiskmjöl	3		3								
Fiskolja	1										
Fiskind	1	1	2								
Läsk		1	1								
Kemi			1								
Reg IX											
Läsk		1	1								
Slakt		1	1	1							
Reg X											
Köttkons	1	1	2								
Kartong, papp			1								
Slakt	1		1								
Smör, ost	1	2	4		1				1		
Fiskind	1	1	1	1							
Region XI											
Frys. Livsmedel	2				1						
Region XII											
Kemi						1					1
Slakt	2										

Källa: SISS (1998)

* Oljor och fetter

Tabell 4.8 Antal verksamheter, inom respektive industrisektor, i Region VII, som överskred normer för utsläpp till ytvattendrag 1998 respektive 2004-2005

Industrityp	A y G*		SS		BOD ₅		N		P		SO ₄ ²⁻		Cr		pH	
	98	04 05	98	04 05	98	04 05	98	04 05	98	04 05	98	04 05	98	04 05	98	04 05
Region VII																
Slakt	5	2	3	1	5	2	1	1	1	1						1
Vingårdar		2		18		21		4	5		1		5			19
Pesticid		1		2		1							2**			1
Kons. livsm			1	1	1	1										
Garveri		1		1		1		1	1				1	1		1
Frukt o gröns		2		2		2					1					5
Pappersbruk													1			1
Sockerprod				1		2										2
Bageri		1		1		1		1	1							
Jordbruk***		2		2		3		1								2
Bryggeri		1		1		1										
Torkad frukt				1		2										1
Kryddor, vinäger, senap				1		1			1							1
Uppfödning av boskap		2		2		2		2	2				1			

* Oljor och fetter

** Cr^{VI+}

*** Jordbruk och övrig livsmedelsindustri som inte tillhör redan nämnda kategorier

Källor: SISS (1998) och SISS (2005)

4.5 Uppgifter från Aguas Andinas

De externa reningsverken är, enligt lag D.S. 609, skyldiga att kontrollera de verksamheter vars avloppsvatten de tar emot. På Aguas Andinas olika reningsverk fanns hösten 2004 flera verksamheter som inte var godkända, dvs de hade för höga halter av något ämne i avloppsvattnet. Inga generella slutsatser kunde dras av vilken industrisektor som var värst, men till de icke-godkända hörde flera restauranger, livsmedelsindustrier (bland dem flera charkuterier), textilindustrier, laboratorier, stormarknader, kemifabriker och två garverier.

4.6 Problem och behov av åtgärder hos de fem besökta företagen

4.6.1 Bryggeri – Företag A

Företaget vill bygga ett reningsverk med aerob och anaerob rening. Reningsgraden ska vara tillräcklig för att utsläppen ska kunna ske till vattendrag istället för till avloppsnätet. Företaget önskar ha ett reningsverk som har kapacitet för ett flöde på 500 m³/h. Det handlar om en investering i storleksordningen 12 miljoner USD medan ett "förbehandlingsverk" innan utsläpp till externt reningsverk skulle kosta ca 4 miljoner USD. Detta kan jämföras med att bryggeriet under 2004 betalade totalt ca

3 000 000 USD till Aguas Andinas för att få sitt avloppsvatten behandlat (Daza och Jeria, 2005). En iakttagelse är, att det i filtrationshallen är mycket blött på golvet, liksom i tvätthallen och i tapphallen. Målet för bryggeriet är att ha en vattenförbrukning på 5 l/l öl. För att nå detta krävs att vattenbesparande åtgärder vidtas.

4.6.2 Bageri – Företag B

Kapaciteten i reningsverket överskrids ibland. Övriga problem är skumning, då processvattnet innehåller för mycket organiskt material. Detta inträffar inte så ofta. De senaste fyra åren har endast två fall rapporterats. Trots aerob behandling av avloppsvattnet är BOD-halten bara strax under gränsvärdet. Resterna från pressfiltret är mycket fuktiga. Med de andra egenskaper resterna har borde alternativa lösningar finnas.

4.6.3 Mejeri – Företag C

Mejeriet har problem med sedimenteringsbassängen (bassäng nr 8 avsnitt 3.2.3). Bassängen rengörs varannan månad genom att vattenytan sänks så att slammet kan tas bort. Detta slam går idag till fyra förvaringstankar, som bl a är till för nödsituationer (t ex om slam i biosteget dör) och sedan vidare till centrifugen. Enligt Personal C (muntligen 2005) är den dåliga lukten, på grund av den långa uppehållstiden i bassängen, samt den primitiva hanteringen de största problemen. Ett annat stort problem i reningsverket är biodiskarna i den biologiska behandlingen. Diskarna roterar för mycket, på grund av omblandningen i bassängen, vilket gör att för få bakterier sitter kvar på diskarna. Problem med skumbildning kan eventuellt förväntas, eftersom rester syntes tydligt långt utanför bassängkanten.

4.6.4 Charkuteri – Företag D

Charkuteriets utsläpp innehåller för höga halter BOD₅. Kokavdelningen är den största BOD-källan och utgående avloppsvatten härifrån innehåller mycket proteiner och fetter. I fabriken finns sedimentationsbassänger, som inte fungerar alls.

4.6.5 Ytbehandling – Företag E

Trots de åtgärder som gjorts är halterna zink och sexvärt krom fortfarande för höga i avloppsvattnet. Att normerna inte överskrids mer än vad de gör beror främst på att stora kvantiteter kylvatten gör utspädningen stor och därmed tungmetallhalterna lägre. Däremot blir kostnaderna för anslutning till avloppsnätet ändå höga på grund av de stora mängderna vatten som totalt släpps ut. Företaget har beslutat att skaffa ett reningssystem för totalavloppet för att nå ner till gränsvärdena för alla ämnen. Syftet är att vattnet som har behandlats ska kunna återföras till produktionen.

5. DISKUSSION OCH ÖVERVÄGANDEN

5.1 Situationen idag

Eftersom de externa reningsverken i Santiago RM tar emot och behandlar större delen av industriavloppet, menar många att utsläppen inte utgör något problem. Det stora problemet i Santiago RM är istället de små och medelstora företagen, som inte behöver följa normer för utsläpp av sitt avloppsvatten. De kan ha avloppsreningsverk

eller vattendrag som recipient, men tillsammans utgör de en stor belastning på reningsverken och ett stort hot mot vattendragen i Santiagoregionen. Även om externa avloppsreningsverk ofta kan hantera stora mängder BOD från industrin kan problem uppstå, eftersom utsläppen ofta varierar starkt över dygnet.

I Chile, ute i landet, finns problem, eftersom den externa avloppsreningen inte är lika utbredd som i Region Metropolitana (bl a Homsí, muntligen 2005). Detta gör att floder, redan utsatta för hård belastning, dessutom får ta emot helt obehandlat industriellt avloppsvatten. Ett annat stort problem, som även finns i Santiago, är de många illegala utsläpp som sker till avloppsnät och floder på tider då övervakning är svår. Eftersom det är svårt att spåra källorna kan en förebyggande lösning vara att försöka förändra attityderna och öka miljömedvetandet i samhället.

Ett generellt intryck är att de stora företagen i Santiago följer gränsvärdena för utsläpp. I och med den tidsfrist som går ut i september 2006 för D.S. 90/2000, då alla äldre industrier (d v s de som fanns innan lagen kom till), som haft några år på sig att sänka halterna i avloppsvattnet, är tvungna att följa gränsvärdena för utsläpp till vattendrag, förväntas stora förändringar ske i Chile under detta år. De stora industrierna har antingen gjort förbättringar redan, eller är medvetna om att de enligt lagen är tvungna att vidta åtgärder. Att kontrollerna skärps 2006 och att alla företag är tvungna att redovisa en tidsplan för investeringar i och installation av ett reningssystem, innebär att chanserna att fler verksamheter följer lagen ökar och att mycket kommer att hända de närmaste åren.

Det är svårt att generellt jämföra de chilenska gränsvärdena för utsläpp till vattendrag med de svenska eftersom de svenska gränsvärdena huvudsakligen bestäms från fall till fall, både för utsläpp till reningsverk och direkt till vattendrag. Att chilenska normer generellt är högre än de svenska gränsvärdena, från Stockholm Vatten, för utsläpp av metaller till reningsverk är negativt så till vida att ämnen stannar kvar i det vatten, som efter behandling i reningsverk, går vidare ut till recipient eller stannar kvar i slammet och försämrar dess kvalitet. I recipienten kan vissa ämnen få starkt negativa konsekvenser för växt- och djurliv.

Ett problem med D.S. 90/2000 är att industrin själv ska kontrollera om de kan räkna med utspädning i recipienten. Carvallo (muntligen 2005) på SISS menade att Río Maipo var det enda vattendrag där industrin kan räkna med en utspädningsfaktor. Det blir således ett problem då SISS ska undersöka vilka verksamheter som efterföljer normerna. Trovärdigheten i de till SISS lämnade uppgifterna kan diskuteras. I de flesta fall har ett auktoriserat laboratorium skött mätningarna, vilket borde garantera verklighetstroga resultat, men även bland dessa finns misstänkt låga halter av ämnen som kunde förväntas förekomma i större mängder. I materialet från 1998 finns inga uppgifter om vem som gjort mätningarna. Dessutom är den övervägande delen redovisade parametrar organiskt förorenande ämnen. Från ett stort antal industrier, såsom ytbehandlare, kemifabriker och garverier, kan toxiska ämnen förväntas förekomma betydligt oftare. Besöket hos ytbehandlaren visade t ex att de hade för höga utsläpp av både krom och zink, trots att de vidtagit vissa åtgärder.

Incitamenten för företag att skaffa eget reningsverk eller förbehandling före det externa avloppsreningsverket har hittills varit små. Att normerna är flexibla för vissa parametrar sporrar inte industrierna att utveckla reningen och minska utsläppen. Så

länge kostnaderna för överskridande av normerna är relativt låga hindrar detta därför teknikutveckling. De verksamheter som väljer att inte göra något åt sina höga värden riskerar dock att få problem om de vill komma in på mer ”miljökänsliga” marknader eller om lagarna i framtiden blir strängare. En annan orsak till den långsamma utvecklingen är platsbrist. Många verksamheter, särskilt centralt belägna, har inte plats för ett eget reningsverk. Utrymmesproblemen kan lösas genom att processinterna åtgärder införs istället för traditionell end-of-pipe-rening. Några åtgärder, som i många fall kan ge direkta eller indirekta ekonomiska fördelar, är vattenbesparing eller återanvändning av råmaterial (ex ytbehandlingsindustrin). Vilka typer av förändringar som kan göras och vilken ny teknik som kan användas beror i hög grad på kostnaderna och avbetalningstiden för investeringarna, den s k pay-off-tiden. Det kan bli svårt att finna motiv för att göra förbättringar utöver de som krävs enligt lagen, i synnerhet om pay-off-tiden för ny utrustning och teknik är lång. Fördelarna för ett företag att jobba med renare produktion och att rena sitt avloppsvatten kan dock bli många. Till dessa hör minskade kostnader för vatten och energi, minskade kostnader för avfalls- och avloppsbehandling, minskade kostnader för transporter (till följd av minskad avfallsvolymer) samt bättre arbetsmiljö.

Debatten om slammet från de externa reningsverken är het bland politikerna i Santiago. Att slammets egenskaper försämras medför att användningsmöjligheterna begränsas. Regeringen brottas med placeringsproblem då mängden slam är så stor att deponierna snart inte kan ta emot de ökande mängderna. Detta faktum borde kunna utnyttjas av Aguas Andinas och andra reningsverk för att ställa högre krav på det industriella avloppsvatten som de tar emot. Om det innehåller höga halter metaller försvinner användningsområden som gödsling av jordbruksmark. Mängden slam måste minska och beståndsdelarna måste noggrant kontrolleras om t ex förbränning och gödsling ska kunna bli alternativ. Åtgärder för att minska slamproduktionen kan vara att i så stor utsträckning som möjligt återanvända material i produktionen.

I Chile skulle försöken att uppnå en globalt hållbar utveckling kräva en enorm insats för att förändra industrins rutiner. Samtidigt måste industrierna kunna täcka sina nuvarande och framtida behov utan att skada miljön ytterligare. Detta kräver en djup förändring i kulturella och kommersiella vanor, ibland kallad den andra industriella revolutionen. Enligt detta synsätt ses de industriella processerna som en del av ett större industriellt ekosystem, som bör forma ett nästan slutet system av materialflöden där råmaterialen inte nödvändigtvis är nya, utan snarare återanvända eller återvunna (CONAMA RM, 2005).

Undersökningens resultaten från de fem besökta industrierna visar att externa reningsverk i många fall får ta emot industriavlopp med alltför höga halter av ämnen som kan skada processerna i reningsverket. Det vore därför intressant att i fortsatta undersökningar fokusera mer på industrier vars avloppsvatten tas omhand av externa reningsverk, vilket är den vanligaste metoden i Chile.

Skillnaden i organisk förorening av vattendragen mellan norra och södra Chile är stor. Troligtvis beror den högre belastningen av organisk förorening i södra Chile på fisket och den fiskindustri som finns. I norra delen av Chile dominerar andra industrier vilket ger en annan typ av föroreningar.

5.2 Generella åtgärder för olika industrisektorer

Utsläppen till floderna från industrin inom de studerade regionerna kännetecknas främst av höga halter BOD och suspenderat material. Relativt vanligt är också stora utsläpp av oljor och fetter, kväve, fosfor samt för höga eller låga pH-värden.

End-of-pipe-lösningar har i första hand diskuterats eftersom ingen detaljkunskap om processerna funnits att tillgå. Generellt gäller att då anaerob behandling övervägs bör koncentrationen av ämnen som kan vara toxiska i dessa system mätas. Detta gäller bl a följande ämnen: Ammoniak, sulfid, natrium, kalium, kalcium, tungmetaller och cyanid (Ek, muntligen 2006).

Jordbruk och övriga livsmedelsproducenter

Fettfällor i form av enkla bassänger där avskiljning kan ske då fett flyter upp till ytan bör installeras för att undvika höga olje- och fetthalter i avloppsvattnet. De höga halterna av kväve och fosfor bör behandlas. För att kunna ge specifika förslag krävs en bättre beskrivning av verksamheten än vad som kunnat frambringas. I många fall är BOD-halterna högre än 1 000 mg/l vilket möjliggör ett bra gasutbyte vid anaerob behandling (Ek, muntligen 2006). För lönsamheten är det bra om det finns avsättning för värmen också, eftersom el-utbytet aldrig kan bli 100 %. De flesta av jordbruken släpper ut för höga totalhalter av fosfor och kväve. En kombination av aerob och anaerob behandling med biologisk fosforavskiljning kan vara ett alternativ för att minska NH_4^+ , NO_3^- och P i utgående vatten. Om detta är för dyrt kan kemisk fosforavskiljning vara ett alternativ.

Flockning kan vara lämpligt för att minska även SS-halten, vilken är ett problem för de flesta jordbruken.

Slakterier

Rötning av slakteriavfall skulle vara en lämplig metod som dock kräver relativt stora investeringar. Ett sätt för chilenska slakterier att minska återbetalningstiden kan vara att ta emot fett från fettavskiljare i andra verksamheter, t ex charkuterier och ta betalt för det.

Sockerproducenter

De stora BOD-mängder som dessa företag släpper ut kan lämpligt reduceras med en biologisk metod. För det ena företaget, med en BOD-halt på 2 400 mg/l kan anaerob behandling vara ett mycket bra och lönsamt alternativ, medan aerob rening med aktivt slam passar bättre för det andra företaget som har en BOD-halt lägre än 500 mg/l.

Vingårdar

En generell rekommendation är installering av utjämningsbassänger för att minska pH-variationer, eventuellt kompletterad med biologisk behandling. På de gårdar som har något lägre BOD-halter passar aktivslamanläggning, medan de med halter över 1 000 mg/l kan installera ett anaerozt reningssteg eventuellt tillsammans med ett aerobt. Vid aerob behandling krävs oftast en förbehandling av avloppsvattnet, eftersom det finns en viss känslighet mot t ex snabba pH-förändringar och för hög eller låg temperatur (optimalt är 30-35 °C för en typ av organismer). Dessutom bör någon typ av avskiljning för suspenderade ämnen ske, t ex sedimentering eller filtrering, eftersom för höga halter SS kan orsaka driftsstörningar.

Tvål-, schampo- och parfymtillverkare

Dessa verksamheter hade alltför höga halter BOD, SS samt oljor och fetter. Någon typ av biologisk behandling som eventuellt föregås av en avskiljning av suspenderad substans kan vara lämpligt.

Kemifabriker inklusive pesticidtillverkare

Även här kan någon typ av biologisk behandling fungera bra på de problem som redovisats med BOD, SS, Cl och SO₄²⁻. För att få bort salter kan jonbytare eller omvänd osmos fungera bra. Eventuellt kan separerat flöde recirkuleras till processen igen. För höga kadmiumhalter hos pesticidtillverkarna kan reduceras t ex med selektiva jonbytare, alternativt omvänd osmos med jonbytare som förbehandling.

Textilindustri

Någon typ av rening eller förbehandling krävs av avloppsvattnet från de många textilindustrierna. Generellt för textilindustrin kan behandlingen av avloppsvattnet ske enligt tre alternativ och vara Bästa Tillgängliga Teknik om de tillämpas på rätt sätt (European Commission, 2003b):

1. Biologisk behandling
2. Behandling på externt reningsverk
3. Behandling av separata delflöden

Färgning och ”slutförande” av kläder är den vanligaste typen av textilindustri i Chile. Det finns många sätt att förbättra processer inom denna sektor, men t ex typen av färgningsprocess kan variera mycket och åtgärderna med den. Det är därför mycket svårt att rekommendera var specifika ingrepp bör göras. Några allmänna råd att vidta vattenbesparande åtgärder där det är möjligt, återanvända färgbud i största möjliga utsträckning samt att minska antalet färgningar.

Garverier

Ett garveri har hög svavelhalt i utgående vatten. Detta kan behandlas på två sätt (European Commission, 2003a):

- Flödet innehållande svavel separeras från övriga flöden, pH hålls högt tills svavlet avskiljts och sedan kan utflödet blandas med övriga delflöden.
- Mixad behandling av svavel- och krominnehållande avlopp.

Höga kromhalter i utgående vatten kan reduceras genom att delföden med totalhalter över 100 mg/l behandlas separat och sänds till återvinning, medan flöden med halter under 100 mg/l behandlas tillsammans med andra flöden (European Commission, 2003a). Det råder delade meningar om denna BAT. En åsikt är att den separata behandlingen av kromrika flöden inte är ekonomiskt möjlig för många europeiska garverier. Istället bör följande betraktas som BAT:

- Kromgarvningen effektiviseras genom kontroll av bland annat pH och temperatur.
- Att återanvända krom genom fällning³, vilket kan minska behovet av ny krom med 20-35 % (undantag då inget återvinningsverk finns i närheten).
- Användning av starkt kromutnyttjande garvningsmetoder⁴ (kräver dock förändring av processen).

³ Metoden bör ej användas vid tillverkning av läder med hög kvalitet

⁴ Metoden bör ej användas vid tillverkning av läder med hög kvalitet

Enligt Liu och Lipták (2000) är det mer ekonomiskt att separera flöden med olika föroreningar än att behandla dem tillsammans.

Garverier bör enligt European Commission (2003a) ha end-of pipe rening enligt följande:

1. Mekanisk behandling
2. Biologisk behandling
3. Eftersedimentering och slambehandling

5.3 Åtgärder för de fem besökta företagen

Kostnader för investering och drift av de anläggningar som föreslås samt kostnader för övriga åtgärder, måste vägas mot aktuella kostnader för behandling av avlopp och restprodukter (tabell 5.1). Dessutom måste kostnader för alternativa behandlingar studeras.

Tabell 5.1 Kostnader för chilenska industrier

Produkt	Kostnad
Dricksvatten/rent vatten	0,451 USD*/m ³ **
Behandling av avloppsvatten	Förhandlas individuellt mellan industri och avr ***
Mottagning av slam, deponi	15,5 USD/ton
Mottagning av fast avfall, deponi	12,5 USD/ton

Källa: Uriza (muntligen 2006)

*1 USD motsvarade 2006-03-08 7,96 SEK (Dagens Nyheter, 2006).

** Detta skall jämföras med att svenska industrier betalar 7,25 kr/m³ levererat vatten samt rening av motsvarande mängd avloppsvatten (Stockholm Vatten AB, 2006).

*** Hushållsspillvatten kostar 0,28 USD/m³ för mottagning + 0,17 USD/m³ för behandling.

5.3.1 Bryggeri

I bryggeriet bör dels enkla vatten- och utsläppsbesparande åtgärder och dels biologisk behandling av delavloppsströmmar rika på organiskt material införas. Eftersom den biologiska anläggningen dimensioneras efter storleken på de flöden som ska behandlas blir investeringskostnaderna betydligt lägre om minimering av avloppsvattnet görs som första steg. Bryggeriet har relativt låg vattenförbrukning då den minskats till 6,5 l/l öl. Vattenbesparande åtgärder krävs för att målet, 5 l vatten/l öl ska nås.

Enligt tabell 3.5 härrör de största mängderna COD från tappningen, fermentationen och filtreringen. De största flödena till avloppet kommer i fallande ordning från tappningen, mottagningen av råvaror och bryggningen. Den övervägande delen, nästan 68 % av den totala volymen, kommer dock från tappningen inklusive flasktvättning. I ovan nämnda steg bör åtgärder prioriteras. Följande punkter innehåller några förslag på processinterna förbättringsåtgärder, främst för vattenbesparing:

- Motströmssköljning (se avsnitt om ytbehandling) kan användas i sköljningen av flaskor, fat och backar.

- Behandling av förbrukat luttvättvatten från flasktvätten kan göras i sedimentationsanläggning (Nordisk Industrifond, 1998). Detta innebär en större investering.
- Kontinuerlig rening av sköljvatten från flasktvätten har i försök (Nordisk Industrifond, 1998) visat sig fungera bra med RO-filtrering. Koncentratet från filtreringen innehåller hög luthalt och kan återföras till tvätten. Eventuellt behövs ingen ytterligare koncentring av luten innan återanvändning. Annan membranteknik kan också vara lämplig och det kan vara värt att undersöka närmare eftersom det behövs relativt högt tryck för RO-filtrering, vilket är energikrävande.
- Rent vatten från olika processteg samlas upp och återanvänds.
- Uppsamlingsrännor införs för att separera COD-rika strömmar där det behövs.
- Vatten från ett processteg leds till annan operation med lägre renhetskrav (ex kylvatten kan utnyttjas)
- Vid byte av produkt används CO₂ utträngning istället för vatten

Andra viktiga åtgärder är att styra sköljvattentillförseln, t ex med fotoceller, samt att optimera spoltider vid CIP⁵-systemen genom att reglera temperatur, flödes hastighet och tid vid rengöringen optimalt.

Temperaturkraven för det anaeroba behandlingssteg som kan användas i bryggeriet blir troligtvis inget problem i Santiago eftersom den kallaste tiden på året (juni – september) ofta präglas av dagstemperaturer runt 14 °C. Endast ett fåtal dagar per år går temperaturen ner under 0 °C (Santiago, 2006).

Vid behov av högre effektivitet kan anläggningen kompletteras med ett aerobsteg. Rapporten för Nordisk Industrifond (1998) beskriver en metod att med ultrafiltrering koncentrera upp utgående vatten från anaerobin, för att dels återanvända koncentratet för att öka bakteriehalten i reaktorn, dels att skapa ett renare utgående vatten, lämpligt för aerob behandling.

Användningen av kiselgur i filtreringen kan diskuteras. I framtiden kan det bli aktuellt att byta ut kiselguren mot membranfiltrering eftersom den klassas som farligt avfall (Filledeau m fl, 2005). Dessutom genereras den största kostnaden i filtreringsprocessen av kiselguren p g a det höga inköspriset och kostnaden för omhändertagande av slam. Filledeau et al menar att trenderna i bryggeribranschen går mot minskad användning och ersättning av kiselguren med regenererbara filter och membranteknik.

5.3.2 Bageri

Bageriet har en relativt väl fungerande end-of-pipe rening. Möjligtvis skulle kapaciteten behöva utökas eller den biologiska behandlingen effektiviseras, särskilt om en produktionsökning är aktuell. BOD-halten i det orenade avloppsvattnet är högre än 1 000 mg/l, vilket är en lämplig halt för anaerob behandling (LTH, 2006). Vid byggnationen av det nya bageriet kan det vara en bra tidpunkt att passa på att undersöka möjligheterna att etablera en anaerob anläggning där biogasen utnyttjas. Det fasta avfallet från fettfällan skulle då även kunna utnyttjas för att fylla på biogasanläggningen (se avsnitt 5.2 om slakterier). Om den biologiska behandlingen

⁵ cleaning in place

förbättras kan det vara möjligt att släppa ut det behandlade avloppet direkt till vattendrag vilket ger en snabbare lönsamhet. För att göra ett bra val av biologisk metod är det lämpligt att bestämma halter av närsalter i avloppsvattnet.

Vid skumbildning som beror på för stor belastning av organiskt material kan slamhalten ökas något. Skumdämpningsmedel bör endast användas i nödfall (Ö Eriksson, 1996).

Vattenbesparande åtgärder bör införas, dels för att minska mängden avloppsvatten och med det kapacitetsproblemen i reningsverket, dels för att minska kostnaderna för den externa reningen. Diskning av utrustning är det enda vattenförbrukande steget och där kan flera åtgärder, som beskrivs i andra kapitel, (t ex 5.3.1 och 5.3.3) sättas in.

Det fasta avfallet från pressfiltret i bageriets reningsverk borde kunna utnyttjas bättre än att läggas på deponi. Framförallt bör metoder att minska fuktigheten studeras närmare eftersom det idag är mycket vatten som transportas till deponin, vilket inte är ekonomiskt hållbart.

5.3.3 Mejeri

Eftersom inga uppgifter om produktionen finns ges generella förslag till förbättringar/förändringar.

Enligt Korsström och Lampi (2003) finns oftast ett direkt samband mellan mängden avloppsvatten och mängden förbrukat vatten. Den största vattenförbrukningen i ett mejeri står diskningen för och därför bör åtgärder fokuseras där.

Förslag på vattenbesparande åtgärder:

- Återanvändning av sekundärt vatten, t ex produktkondensat från indunstningsprocesser, i disklösningar eller till rengöring av ytor.
- Varmt kylvatten, >50 °C, återanvänds i diskning.
- Lågtryckstvätt ersätter traditionell tvätt med slang och borste vid manuell rengöring, vilket både ger bättre resultat och minskar vattenanvändningen med upp till 40 % (Korsström och Lampi, 2003).

Vidare sägs (Korsström och Lampi, 2003), att eftersom processavloppsvattnet kännetecknas av en hög organisk belastning finns skäl att vidta åtgärder vid källan. Exempel på dessa är:

- Uppsamling av gränsmjölk (mjölk/vattenblandning som bildas vid start och stopp i produktionen) och minskande eller förebyggande av produktspill.
- Noggrann dränering av tankar och rör före diskning minimerar mängden produktrester som följer med disklösningen till avloppet
- Rengöring av kylvatten från osttillverkning med hjälp av omvänd osmos, filtrering eller separering.
- Fast produktspill från golven samlas upp istället för att spolras ned i avloppet.

I end-of-pipe-reningen är det enligt Korsström och Lampi (2001) nödvändigt att ha fettavlägsning. Detta finns inte i mejeriets reningsanläggning, men kan antingen införas genom ett enkelt fettfång eller en flotationsanläggning, vilket är en större investering.

Istället för neutralisering av pH med kemikalier, vilket används idag, skulle självneutralisering kunna användas (Korsström och Lampi, 2001)

För att undvika okontrollerade utsläpp bör en kontinuerlig övervakning av processavloppsvattnet och ett automatiskt alarm införas.

För att lösa problemet i sedimenteringsbassängen kan en slamskrapa installeras. Detta kräver dock en sedimenteringshastighet på minst $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ (Ek, muntligen 2006). Slammet kan pumpas tillbaka till aerobsteget och garantera funktionen där. Problemet kan bero på att slammet blir tjockare vid användning av bärarmaterial, såsom biodiskarna. Inuti slamflagorna kan det då bildas anaeroba förhållanden och därmed gas som gör att partikeln stiger istället för att sedimentera (Ek, muntligen 2006).

De biodiskar som används bör bytas ut mot mindre för att få aerobin att fungera optimalt. Att de är stora medför att den aktiva ytan⁶ blir mindre och därför påverkas resultatet i behandlingssteget i större utsträckning vid störningar i bassängen, t ex ökad "turbulens" på grund av luftningen.

Korsström och Lampi (2001) tar upp membranteknik som en metod på frammarsch för mejerier. Omvänd osmos och nanofiltrering har stor potential att rena sekundärt vatten (t ex kondensat från produkter) och tvättvatten samt att koncentrera produktpill och disklösningar. Tyvärr är investerings- och driftskostnader fortfarande för höga, vilket begränsar användandet i Norden (Korsström och Lampi, 2001). Membranteknik kan därför inte ännu ses som ett alternativ i Chile.

5.3.4 Charkuteri

Charkuterifabriken betalar varje månad 1 000 USD för de sammanlagda mängder BOD som överskrider gränsvärdet. De kan således spara mycket pengar på att reducera sina halter organiskt material. Samtidigt finns enkla vattenbesparande åtgärder som kan spara pengar för den volym avloppsvatten som det externa reningsverket behandlar. Följande punkter ger några förslag till företaget:

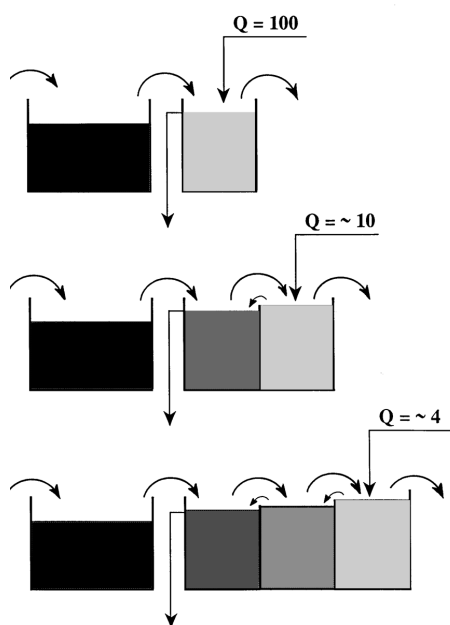
- Vattenbesparande åtgärder, t ex användning av lågtryckstvättar istället för vanlig vattenslang vid rengöring
- Reducering av organiskt material kan göras genom förebyggande åtgärder såsom sopning av golv innan våtrengöring, för att förhindra att större köttrester följer med till avlopp.
- Biologisk behandling - aktivt slam passar för spillvatten som har BOD-halter lägre än 500 mg/l (LTH, 2006). Det bör undersökas om de mycket BOD-rika flödena från kokningen kan separeras och föras direkt till anläggningen, medan övriga flöden släpps ut på avloppsnätet.

⁶ Den aktiva ytan är all yta bakterierna kan fästa till och arbeta på

5.3.5 Metallbeläggning - galvanisering

Vattenbesparande åtgärder

Den siffra som företaget uppgett beträffande vattenförbrukningen går inte att jämföra med någon referens eftersom enheten är l vatten/ton produkt istället för enheten i t ex Klingspors bok (1998), som är l vatten/m² behandlad yta. Av flödesschemat kan dock konstateras att ytterligare vattenbesparingar kan göras. Företaget har redan infört motströmssköljning i det sista steget av förzinkningsprocessen och sparsköljning på två ställen, vilket spar stora mängder vatten. Dessa två sköljningsmetoder skulle kunna införas i fler processteg. Sparsköljning kan förklaras som en försköljning direkt efter processbadet, där kemikaliekoncentrationen blir relativt hög. Badkemikalierna kan sedan återvinnas genom att processbadet fylls på med sköljvattnet. Metoden är lämplig då badtemperaturen är hög och avdunstningsförlusten stor (Klingspor, 1997) och minskar metallkoncentrationen i avloppsvattnet. Principen för motströmssköljning beskrivs i figur 5.1 Vattnet utnyttjas mycket effektivt och sköljmetoden bör ersätta alla kontinuerliga sköljningar som finns i både förbehandlingen av råmaterialet och förzinkningsprocessen.



Figur 5.1 Motströmssköljning med två eller tre sköljningar minskar sköljvattenvolymen avsevärt, då färskvatten endast tillsätts i den sista sköljningen (European Commission, 2005).

Sprutsköljning används efter ett kontinuerligt sköljbad då råvaran förbehandlas. Metoden är effektiv för den typ av råvara som används och rekommenderas av Klingspor (1997) som ett alternativ till doppning. Sköljbadet bör kunna tas bort helt i förbehandlingen av ringarna.

Metoden att styra sköljvattentillsatsen med konduktivitetmätare är enligt Klingspor (1997) ”enkel, men i praktiken osäker”, detta eftersom elektroderna är känsliga för förorening i form av beläggning av smuts, vilket gör att de registrerar fel ledningsförmåga.

Tidsstyrning är en enklare och mer driftssäker metod som innebär att för varje gods-enhet, som skall sköljas, tillsätts en viss mängd sköljvatten. Fotoceller kan vara ett bra sätt att kontrollera tidsstyrningen, så att inte onödigt mycket vatten tillförs. Klingspor (1997) menar att denna metod fungerar bra om *utdraget* är lika för de produkter som tillverkas, vilket stämmer för det studerade företaget.

Övriga processinterna åtgärder

Det bör undersökas om temperaturen i den typ av sur förzinkning som används kan ökas ytterligare. Temperaturer över 50 °C medför en högre avdunstning och möjlighet att återföra mer av den zink som följer med vid upptaget ur elektrolytbadet, den s k *utdragsförlusten* (Klingspor, 1997).

Kristallisation, som används för att regenerera svavelsyran är en bra metod som inte behöver åtgärdas.

Konventionell reningsteknik och förbättrad end-of-pipe rening

Klingspor (1997) rekommenderar att kromhaltiga samt sura och alkaliska metallhaltiga vatten leds separat till reningsanläggningen såväl som oljehaltigt vatten som innehåller metaller. Olje- och fetthaltigt vatten bör renas med olja innan det renas från metaller, eftersom hydroxidfällningen (fällning beskrivs mer i Bilaga 2) störs av olja.

Elektrodialys kan användas för att återvinna metallen från processbaden. Metoden kräver hög elektrisk ledningsförmåga vilket gör den lämplig i system med sparsköljar (vilka ju finns på företaget). Fördelen med denna teknik är att mycket höga koncentrationer av ämnet kan uppnås för att återföras till processbadet. Elektrodialys är en förhållandevis dyr metod och har därför inte fått något genombrott för denna tillämpning. Det bör dock påpekas att för högre metallkoncentrationer är elektrodialys betydligt billigare än jonbyte (Fortkamp, 2001). Däremot är omvänd osmos fortfarande den billigaste tekniken av dessa tre.

6. SLUTSATSER

Sammanfattningsvis konstateras att Chile kan vara en intressant framtida marknad för svenska miljökonsult- och miljöteknikföretag. Hos miljökonsulterna i Santiago finns ett stort intresse för samarbete med svenska konsult- och teknikföretag på området.

6.1 Lagstiftningen

- Den chilenska lagstiftningen bör skärpas vad gäller utsläpp av metaller till ytvatten, men även till externa reningsverk.
- Resultatet av att ha flexibla normer bör undersökas. Det kan vara lämpligt att höja avgifterna för utsläpp till externa avloppsreningsverk, om utsläppen är högre än gränsvärdet.
- Klarare regler för hur utspädningsfaktorn ska användas behövs. Tillsynsmyndigheten måste känna till i vilka floder industrin får räkna med denna.

6.2 Generellt

- Större **slakterier** bör införa anaerob behandling av slakteriavfallet och späda med avloppsvattnet. Detta kan snabbt bli lönsamt, om biogasen kan utnyttjas. Lönsamhet kan ökas ytterligare, om möjlighet finns att utnyttja andra verksamheters avfall.
- **Jordbruk med boskapsuppfödning och övriga livsmedelsproducenter** bör installera fettfällor. Det kan även i flera fall vara lämpligt med anaerob behandling av avloppsvattnet.
- För de allra största jordbruken kan det vara lämpligt med en kombination av anaerob och aerob rening med fosforavskiljning. Detta skulle vara intressant att undersöka närmare.
- För att minska SS-halten kan flockning vara en bra metod för jordbruken.
- **Vingårdarna** bör installera utjämningsbassänger för att undvika stora pH-variationer.
- Många av **garverierna** behöver installera hela förbehandlingsanläggningar med mekanisk och biologisk behandling samt sedimentering och slambehandling. För ett antal företag kan det räcka med separat behandling av svavel- eller kromrika flöden.
- **Pesticidtillverkare**- Selektiva jonbytare kan installeras i processen för att reducera metallhalter i utgående vatten.

6.3 Specifikt för de fem besökta företagen

- **Bryggeriet** bör, för att nå ner till målet för vattenförbrukning, 5 l/l öl, införa flera av de vattenbesparande åtgärder som rekommenderas i avsnitt 5.3.1.
- Ytterligare utredningar bör göras, för att undersöka lönsamheten i att behandla förbrukat luttvättvatten från flasktvätten, eftersom detta innebär en större investering.
- Bryggeriet bör göra en större investering i form av en anläggning för anaerob behandling, där biogasen utnyttjas till att t ex värma upp flöden i processen. Den

biologiska behandlingen kan kompletteras med ett aerobt steg. Utförandet av kombinationen av anaerobi och aerobi bör studeras närmare.

- Om flera stora investeringar skall göras kan det vara en god idé att även undersöka möjligheterna att byta ut kiselguren mot membranfiltrering.
- **Bageriet** bör undersöka alternativa biologiska behandlingar när den nya fabriken byggs.
- Idag behöver bageriet införa vattenbesparande åtgärder i rengöringen av kärl. Motströmssköljning eller att på andra sätt återanvända vatten till sköljningar med lägre renhetskrav är bra alternativ.
- **Mejeriet** måste införa ett fettavskiljningssteg. En metod är att låta gravitationen sköta separeringen i ett enkelt fettfång.
- Biodiskarna, som används i den aeroba behandlingen, bör bytas ut mot mindre biodiskar för att uppnå optimal effekt.
- Sedimentationshastigheten bör mätas för att undersöka möjligheterna att installera en slamskrapa i sedimenteringsbassängen.
- Processinterna åtgärder bör fokusera på vattenförbrukning och produktspill och följande åtgärder bör göras:
 - Tankar och rör dräneras före diskning.
 - Fast produktspill samlas upp från golven istället för att spolras ned i avloppet.
 - Återanvändning av sekundärt vatten till diskning eller rengöring av ytor, t ex kan varmt kylvatten återanvänds till diskning.
 - Lågtryckstvätt ersätter traditionell tvätt med slang och borste.
- **Charkuteriet** måste reducera sin BOD-halt och det görs genom en aerob reningsanläggning med aktivt slam.
- Mängden organiskt material till biologisk behandling reduceras genom torr städning av golv innan våtrengöring.
- Vattenbesparande åtgärder bör införas t ex ersätts traditionell städning av golv och övriga ytor med lågtryckstvättar.
- **Ytbehandlingsindustrin** bör ersätta alla kontinuerliga sköljningar med motströmssköljning i flera steg. Det är mycket bra att sparsköljning införts efter processbaden, men efterföljande sköljning bör ersättas med motströmssköljning.
- Konduktivitetens funktion i kontrollen av sköljvattenvolymen bör ses över.
- Det viktigaste att åtgärda är de för höga krom- och zinkhalterna.
- Den end-of-pipe reningsanläggning som företaget vill bygga måste klara fällning av metallhydroxid, eventuellt kompletterad med någon membranmetod för avskiljning av metaller i jonform, samt avskiljning av metaller i partikelform. Ytterligare undersökning av behov bör göras.
- Reningsanläggningen måste också innefatta någon typ av behandling för oljehaltigt vatten.
- En ordentlig cost-benefit-analys av en avloppsfri anläggning skulle kunna visa om detta är ett möjligt alternativ.

7. REFERENSER

Aguirre, H., I., 2005. *Caracterización y propuestas de Tratamientos para el RIL de Cervecera (Företag A) Chile, Planta Santiago*, Universidad de Santiago de Chile Facultad de Ingeniería.

Audibert, N., 2005. *Chile- ekonomisk och handelspolitisk rapport 2005*, Promemoria, Sveriges Ambassad, Santiago, Chile.

Bark, U., Filipsson, S. och Röttorp, J., 2001. *Resurseffektiv optimering av fosfateringsprocessen*, IVL-rapport B1401, Stockholm.

Barros, A., 2005. ESSA-reningsverk för industriellt avloppsvatten, besök och intervju 2005-10-14.

Bjurhem, J-E. och Ekengren, Ö., 1987. *Borttagande av klorerad organisk substans med membran teknik – några inledande försök*. IVL-rapport B873, Stockholm

Carvalho, L., 2005. Unidad Ambiental Superintendencia de Servicios Sanitarios, intervju 2005-11-29.

Chile (2006) www.visitingchile.com/mapas-chile.php, (2006-03-07)

CONAMA RM, 2002. *AGUA – Calidad y conatminación Region Metropolitana*, Publicación del Área Ordenamiento Territorial y Recursos Naturales, Impresiones Nórdicas, Santiago.

CONAMA RM (2005) www.conamarm.cl, (2005-10-14)

Dagens Nyheter, 2006. Ekonomidelen, 2006-03-08.

Daza, M. och Jeria, N., 2005. *Diseño de planta de tratamiento conjunto de residuos sólidos y líquidos con generación de biogás para cervecera (Företag A) Santiago*, Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

Ek, M., 2006. IVL, intervju 2006-02-20.

Ekengren, Ö. och Filipsson, S., 1998. *Kretsloppsanpassad återvinning ur industriella avloppsvatten*, IVL-rapport B1311, Stockholm.

Ekengren, Ö., Ekeroth, M. och Fortkamp, U., 2001. *Återvinning av färghaltiga vatten från färgtillverkning*, IVL-rapport B1422, Stockholm.

Eriksson, G., 2006. Styrelseordförande IckholmenBioGasEl AB, telefonintervju 2006-02-22.

Eriksson, Ö., 1996. *Introduktion till avloppsreningsteknik*, 1:a uppl., Svenska Kommunförbundet Tryckeri Balder AB, Stockholm.

Escobar, G., 2005. Ing. Asquim Ltda, intervju 2005-12-02

Escuela Ingenieria, (2006)

www.ing.puc.cl/esp/laescuela/visitantes/mapas/santiago.html, (2006-03-07)

European Commission, 2003a. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins.*

European Commission, 2003b. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry.*

European Commission., 2005. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics.*

Filipsson, S., 2001. *Jonbytesteknik*, Utdrag ur Industriella avloppsvatten, STF Kompetensinfo nr 705/2001, Stockholm.

Fillaudeau, L., Blanpain-Avet, P. och Daufin, G., 2006. *Water, wastewater and waste management in brewing industries*, Journal of Cleaner Production, nr 4, p 463–471.

Fortkamp, U., 2001. *Elektrodialys och elektrolys*, Utdrag ur Industriella avloppsvatten, STF Kompetensinfo nr 705/2001, Stockholm.

Hellström, T., Book, K., Rennerfelt, J. och Willers, H., 2001. *Underlag för gränsvärdeslista*, VA-Forsk rapport 2001-03, VAV AB.

Homsj, J., 2005. Gerente General Kristal, intervju 2005-10-19.

Idelovitch, E. och Ringskog, K., 1997. *Wastewater Treatment in Latin America – Old and New Options*, The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank, Washington D.C.

Klingspor, M., 1997. *Oorganisk ytbehandling*, Allmänna råd 97:5, Naturvårdsverket, uppl. 2000, Lidingö Tryckeri AB, Lidingö.

Korsström, E. och Lampi, M., 2001. *Best available techniques (BAT) for the Nordic dairy industry*, TemaNord 2001:586.

Korsström, E. och Lampi, M., 2003. *Bästa tillgängliga teknik (BAT) för mejerier – kortversion av huvudrapporten*, Nordiska Ministerrådet.

KTH, Institutionen för kemiteknik, (2005)

www.ket.kth.se/courses/3c1524/fl/nyasepmetoder05.pdf (2005-10-20)

Lantmäteriet, (2006) www.lantmateriet.se, (2006-03-07)

Lind, A. 2006. Svenskt Vatten, telefonintervju 2006-03-01

Liu, D.H. F. och Lipták, B.G., 2000. *Wastewater Treatment*, Lewis Publishers, United States of America.

Lopez, C., 2005. Gerente División Riles Schwager energy och Gerente General Asquim Ltda, intervju 2005-11-08.

LTH, Lunds tekniska högskola, Department of water and environmental engineering, (2006) www.vateknik.lth.se (2006-01-30)

Maturana Acevedo, J., 2005. Jefe área operaciones Planta El Trebal, Aguas Andinas, besök och intervju 2005-11-25.

Mercatus (2005) www.mercatus.se, (2005-10-20)

Nordisk Industrifond, 1998. *Miljöanpassad öltillverkning*, Rapport för Nordisk Industrifond P93180, Stockholm.

Nordiska ministerrådet, 2001. *DEA- an aid for identification of BAT in the inorganic surface treatment industri*, Industriforskning och utveckling AB, Mölndal.

Parawira, W., Kudita, I., Nyandoroh, M.G. och Zvauya, R., 2005. *A study of industrial anaerobic treatment of opaque beer brewery wastewater in a tropical climate using a full-scale UASB reactor seeded with activated sludge*, Process biochemistry, nr 40, p 593–599.

Profinor (2005) www.profinor.no (2005-10-20)

Rosén-Nilsson, K., 2006. Enhet för miljöfarlig verksamhet, Naturvårdsverket. Telefonintervju 2006-02-13.

Santiago, (2006) www.santiago.cl (2006-02-28)

Siljans Chark, (2006) www.siljanschark.se, (2006-02-20)

SISS, 1998. *Actualización Catastro RILes (selección)*, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago, Chile.

SISS, (2005) www.siss.cl, (2005-10-15)

Solaris, J., 2005. Gerente General SGA Ltda, intervju 2005-10-19.

Stockholm Vatten AB, 2000. *Utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet*-råd och regler maj 2000, Käppalaförbundet och Sydvästra stockholmsregionens va-verksaktiebolag, SYVAB.

Sveriges ambassad, 2005. *Chile – landöversikt*, UD-AME Dnr3, Sveriges Ambassad, Santiago, Chile.

Uriza, A., 2006. Gerente General Ingepro, e-mailkontakt 2006-02-22

Zenteno, P., 2005. Area de Ordenamiento Territorial y RRNN, CONAMA REGION METROPOLITANA, intervju 2005-12-01.

Företag

Företag A, 2005. Besök 2005-11-29

Personal A, 2005 Subgerente de Desarrollo de Materiales y Gestión Ambiental, Företag A, intervju 2005-11-29.

Företag B, 2005. Besök 2005-11-30

Personal B, 2005. Representante de la Direccion - Calidad Total, Företag B, intervju 2005-11-30

Företag C, 2005. Besök 2005-12-05

Personal C, 2005. Jefe Plantas de Servicios, Företag C, intervju 2005-12-05.

Företag D, 2005. Besök 2005-11-10

Företag E, 2005. Besök 2005-12-02

Bilaga 1 - Frågeformulär

Frågor till industrier

1. Beskriv förenklat verksamheten och dess flöden i ett processchema.
2. Specificera eventuella delflödens storlek (m^3/s) och sammansättning, specificera halter av ingående ämnen, t ex salter, metaller.
3. Vilket totalt utflöde av avloppsvatten finns (m^3/s)?
4. Vilken sammansättning har totalavloppet?
-specificera halter av ingående ämnen, t ex salter, metaller.
5. Vilken COD-halt finns i utgående avloppsvatten (kg/m^3)?
6. Vilka kvantiteter COD släpps ut årligen ($\text{kg}/\text{m}^3\text{år}$)?
7. Ange vattenförbrukning per kg/l produkt.

Reningsteknik

1. Vilken typ av teknik används för att behandla avloppsvattnet idag? Hur länge har denna metod tillämpats?
2. Finns det kort- eller långsiktiga planer på att förändra produktionen eller ser ni behov att göra det?
-ex: utöka, återvinna mer vatten eller kemikalier, förändra hanteringen
3. Finns det avsikter att förändra avloppsreningen? Vilka behov ser ni?
4. Vad kostar den aktuella reningen årligen? / Vad betalar ni till avloppsreningsverket?

Energiutvinningsmöjligheter

1. Finns varma avloppsvattenströmmar? Hur stora är dessa flöden (m^3/s) och vilken temperatur har de?

Bilaga 2 - Reningstekniker

1. Ultrafiltrering

Ultrafiltrering skiljer partiklarna åt med avseende på storlek. Syftet med tekniken är att bringa ned avfallet till liten volym eller att separera processfrämmande ämnen för att kunna återvinna processvätskor (Mercatus, 2005). Processen drivs av tryck och det förorenade vattnet pumpas parallellt med membranytan med hög hastighet. Membranet håller tillbaka föroreningarna och de kan koncentreras i en tank. Tanken kan tömmas vid hög koncentration. Membranet kan behöva tvättas men kan återanvändas för en ny filtreringscykel.

Tekniken fungerar genom att transport sker genom porer i membranet. Flödet (fluxen) bestäms av vilken porstorlek och tjocklek membranet har. Ett sätt att beskriva membranet är genom MWCO, molecular weight *cut-off*. Vid ultrafiltrering ökar koncentrationen nära membranet vilket kallas *koncentrationspolarisering* (KTH, 2005).

Klingspor (1997) beskriver ultrafiltrering på följande sätt för den speciella tillämpningen emulsioner:

Det förorenande vattnet cirkuleras över membranet flera gånger och för varje passage avskiljs vatten och motsvarande mängd emulsion tillförs. Detta gör att halten förorening långsamt ökar. Tillförseln av ny emulsion stoppas vid en viss halt och oljehalten koncentreras. Slutprodukterna är ett *permeat* med låg mineraloljehalt (ca 1 mg/l) och ett högoljehaltigt koncentrat. En hög investeringskostnad kompenseras av låga driftskostnader och mindre tillsyn än för t ex kemisk spaltning.

Ultrafilterteknologi används för att avskilja emulsioner, kolloider och suspenderade ämnen som är svåra att avskilja med gravimetriska metoder. Några exempel på användningsområden är rening av oljehaltigt vatten, rening och recirkulering av avfettningsbad och rening av färgvatten.

Fördelen med ultrafilter som består av keramiska membran är att tekniken har god beständighet mot kemikalier, pH, lösningsmedel och höga temperaturer.

Några viktiga termer inom membranteknik (Bjurhem och Ekengren, 1987):

Cut-off molekylvikt- Molvikten av den minsta globulära molekyl som hålls tillbaka i lösningen.

Permeat- Den vätska som passerar genom membranet.

Retentat- Den vätska som inte passerar igenom membranet

2. Jonbytare

Tekniken används för att byta ut oönskade joner ur ett vattenflöde mot väte- och hydroxidjoner som tillsammans bildar vatten. Jonbytare används t ex vid avsättning av intagsvatten, recirkulering av sköljvatten och avskiljning av föroreningar i processbad (Mercatus, 2005). Metoden kan vara lämplig i ytbehandlingsindustrin för återvinning av sköljvatten och processkemikalier (Klingspor, 1997).

Funktion:

Vattnet som ska behandlas leds genom en filterkolonn med katjonbytarmassa. Katjonerna avskiljs och byts ut mot positivt laddade vätejoner. I nästa steg avskiljs på samma sätt negativt laddade joner i en filterkolonn med anjonbytarmassa och ersätts av hydroxidjoner (OH^-). Katjonbytarmassan regenereras vid mättnad genom syrabehandling medan anjonbytarmassan återbildas/förnyas med hjälp av natriumhydroxid.

En specialisering av jonbytare är **selektiv jonbytare** som används för att avskilja tungmetaller. Den fungerar på samma sätt som vanliga jonbytarkolonner men den selektiva jonbytarmassan binder tungmetaller starkare än joner som kalcium och natrium. Av denna anledning kan tungmetaller i vattnet ersättas av natriumjoner. Denna applikation kan användas för att t ex polera metallhaltigt avloppsvatten eller polering efter ultrafilter eller kemisk fällning.

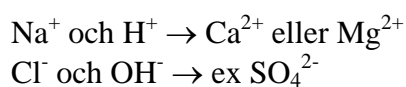
Kommersiella jonbytare består av ett polymermaterial som har jonaktiva grupper vilka på grund av elektrostatik bildar jonbindningar med de joner som avskiljs ur vattenfasen. De jonaktiva grupperna kan väljas så att de uppvisa olika syra- eller baskaraktär. Katjonbytare delas in i starkt respektive svagt sura medan anjonbytare delas in i starkt respektive svagt basiska. Ett jämviktssamband styr jonbytet och det beror av koncentrationen i jonbytare och den omgivande vätskan samt jonbytarens selektivitet (Ekengren och Filipsson, 1998).

Selektivitet

Med selektivitet menas jonbytarens förmåga att lättare ta upp och hårdare binda vissa joner jämfört med andra. De vanligaste jonbytare har generellt större selektivitet för tvåvärda joner än för envärda. Om joner har samma laddning gäller vanligtvis att selektiviteten är större för stora joner än för mindre. Selektiviteten hos en specifik jonbytare är ofta bestämt i ett enkomponentsystem. Förändringar i selektivitet kan dock ske om systemet består av fler komponenter vilket gör tester av processen nödvändiga innan permanent installation. Detta eftersom det är mycket svårt att på förhand veta vilken restkoncentration vissa joner kommer att ha.

Genom att utrusta jonbytarens matris med aktiva grupper som kan bilda komplex med tungmetaller kan selektiviteten styras. Andra salter kan då passera filtret som kallas *kelatjonbytare*. Dessa har förmåga att arbeta under sura förhållanden (i alla fall med iminodiacetat-grupper).

Att jonbytare oftast har större selektivitet för tvåvärda joner kan utnyttjas genom att katjonbytare laddas med envärda joner såsom Na^+ eller H^+ medan anjonbytare utrustas med Cl^- eller OH^- . Detta medför att följande utbyte sker vid t ex avsättning av vatten:



I jonbytarens matris (bädden) utvecklas en jämviktsszon och en sorptionszon som förflyttar sig nedåt i kolonnen vid genomströmning. Bädden blir till slut mättad och jämvikt råder med ingående koncentration. För att bestämma en bäddens kapacitet kan

en genombrottskurva skapas genom att plotta den utgående koncentrationen mot den volym lösning som passerat genom bädden. Kapaciteten bestäms genom att integrera ytan över genombrottskurvan.

De jonbytare som är kommersiella består ofta av en plastmatris (polymermaterial) med kopplade elektrostatiske aktiva grupper. Det finns även naturligt jonbytande material som vanligtvis är organiska, såsom torv och bark, där svaga syror (t ex karboxylsyragrupper i humusämnen)/och eller svaga baser är aktiva grupper. Mineral fungerar också som naturliga jonbytare genom att de ämnen som passerar med vattenfasen passar bättre in i mineralets kristaller än det ämne som sitter löst bundet från början. Det finns även organiska matriser som förekommer naturligt och kan modifieras till att bli jonbytare. Stärkelse och cellulosa är exempel på sådana material.

De naturliga materialen är billigare men fungerar betydligt sämre än de konventionella. En fördel med de organiska jonbytare är att de kan förbrännas och på så sätt utnyttjas t ex vid recirkulering av metaller (Ekengren och Filipsson, 1998).

Filipsson (2001) räknar upp ett antal användningsområden för jonbytesteknik:

- Avhärdning av vatten och avskiljning av karbonater
- Total avsaltning
- Recirkulering av sköljvatten

Några nackdelar med jonbytesteknik är följande enligt Filipsson (2001):

- Svårt recirkulera kemikalier
- Avskiljer ej neutrala ämnen
- Låg masskapacitet

Två andra nackdelar beskrivs i en IVL-rapport (Ekengren och Filipsson, 1998):

- Begränsad kapacitet, vilket gör att t ex endast utspädda sköljvatten eller processvatten med låg metallkoncentration kan behandlas
- Användningsområdet är begränsat. Starkt sura katjonbytande material kan endast användas då $\text{pH} > 2$ medan svagt sura kräver $\text{pH} > 5$

3. Omvänd osmos

Processen, som kallas RO (Reversed Osmosis), avskiljer molekyler och partiklar med avseende på deras diffusivitet och löslighet. (KTH, 2005). RO-filtrering används främst för att avskilja salter ur vatten men även organiska föreningar. Spirallindade moduler är vanligast eftersom de kräver mindre plats än andra versioner (Mercatus, 2005)

Separationsprincipen är samma för RO, ultra- och nanofiltrering. Förorenat vatten pumpas med hög hastighet och relativt högt tryck parallellt med en membranyta. Membranet håller tillbaka föroreningarna som koncentreras upp i en processtank eller leds direkt till avlopp. Membranen kan avskilja upp till 99 % lösta salter och upp till 90 % COD (Mercatus, 2005). I RO-anläggningar används tätare membran som kan hålla tillbaka salter till skillnad från ultra- och nanofiltrering där mer öppna membran används. Trycket är 15-20 bar genom ett RO-membran medan 6-10 bar är tillräckligt för ultrafiltrering (Profinor, 2005). För omvänd osmos är det osmotiska trycket dominerande. Flödet av det lösta ämnet är oberoende av tryckskillnaden.

Omvänd osmos ställer höga krav på förbehandling av vattnet. Vanligtvis kräver tekniken ett helt partikelfritt vatten med låga halter av olösliga salter för att fungera utan problem. Nackdelarna med RO är att membranmaterialet, som ofta är av polyamid, är mycket känsligt mot pH-variationer, det tål inga starka tvättar eller höga temperaturer. I många fall krävs ultrafiltrering som förfiltrering. Jonbytare kan också vara ett alternativ till förbehandling.

I en omvänd osmos-process är det svårare att minska volymen än med t ex ultrafiltrering.

4. Nanofiltrering

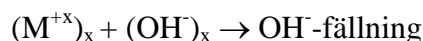
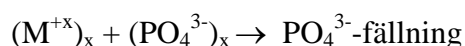
Metoden skiljer partiklarna åt med avseende på storlek och laddning. Både nanofilter och jonbytare har problem att avskilja små partiklar, t ex bor.

Kalcium är exempel på ett ämne som kan störa fluxet genom ett nanofilter. Ett sätt att lösa detta problem är att tillsätta komplexbildare, som EDTA eller NTA, som binder upp Ca (Bark m fl, 2001).

5. Kemisk fällning

Kan användas t ex i färgtillverkningsindustri för att behandla färghaltiga vatten. Funktionen är att färgen bildar aggregat, som är tyngre än vattnet, tillsammans med fällningskemikalien. Dessa aggregat sedimenterar och bildar slam som kan avskiljas. Slammet innehåller organiska ämnen och vattnet har en betydligt lägre halt av organiska ämnen och metaller (Ekengren m fl, 2001).

Metalljoner och fosfat ger fosfatfällning medan metalljoner och hydroxid ger hydroxidfällning enligt följande (Eriksson, 1996):



$PO_4^{3-}\text{-fällning} + OH^-\text{-fällning} \rightarrow$ avskiljbar flock

Fällningen och flockbildningen är pH-beroende. Fällningskemikalien baseras på Fe, Al eller kalk och doseringen beror på vattnets sammansättning, hur fällningsprocessen går till samt vilken typ av kemikalie som används (Eriksson, 1996). Vilken fällningskemikalie som används bör baseras på följande punkter:

- Avloppsvattnets sammansättning
- Typ av fällningsförfarande
- Flockens avskiljningsegenskaper
- Hur mycket slam som bildas
- Behov av pH-justering
- Kemikalien innehåll av tungmetaller
- Avloppsvattenflöde och flödesvariationer

Bilaga 3 – Förklaring av de zoner Chile indelas i av SISS, i kapitel 4.2

Norra zonen: Från Río San José de Azapa t o m Río Choapa (floder norr om Río La Ligua)

Centrala zonen: Från Río La Ligua t o m Río Maule.

Södra zonen: Från Río Itata t o m längst söderut (floder söder om Río Maule)



Figur III. Region V, VI, VII och Region Metropolitana (Santiago, 2006).

Bilaga 4 – Kartor över Region Metropolitana



Figur IV a Region Metropolitana med floder (Chile, 2006).



Figur IV b. Region Metropolitana med kommuner (Escuela Ingenieria, 2006).

