

Aerob rening med lägre elförbrukning – Sammanställning av enkätsvar från svenska skogsindustrier med biologisk rening

Åsa Sivard, Olle Simon

Aerob rening med lägre elförbrukning
Sammanställning av enkätsvar från svenska skogs-
industrier med biologisk rening

Aerobic effluent treatment with lower electric power consumption

Survey of results from questionnaire sent out to Swedish pulp and paper mills with biological effluent treatment plants

Åsa Sivard och Olle Simon

S09-211

Abstract

A survey of the energy situation at 23 Swedish pulp and paper mills with aerobic effluent treatment plants has been performed. The electricity consumption for aeration equipment is about 80 % of the total electricity consumption. Proposed measures to increase energy efficiency are regular measurements of energy consumption, better control of the oxygen level in some mills and evaluation of measures to use the heat in process effluent before and after biological treatment.

Sammanfattning

De flesta skogsindustrier i Sverige har aeroba biologiska reningsverk, som använder stora mängder elektrisk energi. På uppdrag av Värmeforsk har IVL och ÅF genomfört en del av projektet "Aerob rening med lägre elförbrukning" med syfte att finna metoder att minimera elenergianvändningen. Projektet samfinansieras av staten via IVL. I denna delrapport presenteras en kartläggning grundat på litteraturstudier och insamling av data från bruk och leverantörer. Målgruppen är i första hand alla som arbetar med renings-teknik, miljöfrågor och energifrågor vid de svenska bruken.

En enkät skickades ut till 37 svenska massa- och pappersindustrier med biologisk rening och svar inkom från 23 bruk, som har delats upp i fyra grupper efter typ av reningsanläggning. Resultaten har sammanställts i diagram, tabeller och textkommentarer. En del kompletterande information om utrustning i reningsanläggningar har hämtats från leverantörer. Information och erfarenheter från tidigare studier om energianvändning i industriella och kommunala reningsanläggningar har inhämtats via litteraturstudier och kontakter samt ÅF:s erfarenhetsdatabas.

Energianvändningen i anläggningarna skiljer sig väldigt mycket beroende på stora skillnader i produktion, utformning av rening, storlek på bruken, belastning på anläggningarna och reningskrav. Ett antal av reningsanläggningarna är relativt nya och har hittills huvudsakligen trimmats för att ge så goda reningseffekter som möjligt. Det kan vara svårt att förena med att ha en mycket låg energiförbrukning.

Luftning av anläggningarna svarar för i genomsnitt 80 % av elförbrukningen. Generellt bedöms det inte finnas någon väldigt stor potential till energibesparing genom byte av exempelvis luftare eller kompressorer. Bruken har allmänt stort fokus på energifrågorna och huvuddelen deltar i PFE, Energimyndighetens program för energieffektivisering i elintensiv industri. Många har inte kunnat lämna uppgifter om förbrukning av elenergi i olika positioner och bättre mätning av detta rekommenderas. Bättre styrning av luftningsutrustning mot lämpliga syrehalter i olika reningssteg kan också övervägas på en del bruk. Detta kan kräva investeringar i exempelvis mätutrustning. Projektuppgiften är i första hand inriktad på elenergiförbrukning. Det förtjänar dock ändå att nämnas att det finns en stor potential för värmeåtervinning ur avloppsströmmar, både vid kylning före biologisk rening och från avloppsvatten efter biologisk rening.

En liknande studie av energianvändning genomfördes för drygt tio år sedan. Sedan dess har många reningsanläggningar tillkommit och energipriserna har ändrats, så en bedömning är att det finns ett stort nyhetsvärde i resultaten, som också kan användas vid design av nya anläggningar. Tack vare hög svarsfrekvens och mycket god kvalitet på det material som kommit från bruken är det god målpuppfyllelse i denna fas av projektet.

Executive Summary

Most of the Swedish pulp and paper industries have aerobic biological treatment of the effluent before it is discharged to the receiving water. IVL Swedish Environment Research Institute and ÅF have carried out Phase 1 in the project “Aerobic effluent treatment with less electrical power consumption” on the commission of Värmeforsk (Thermal Engineering Research Institute) and with co-financial support by the Swedish government via IVL. Phase 1 is a survey based on literature studies and collection of data from the mills and suppliers. Monitoring of oxygen transfer characteristics and construction of mathematical models with focus on total environmental impact and electrical power consumption were planned for Phase 2. Phase 2 will not be fulfilled according to the original plans. The result of Phase 1 is presented in this report.

A similar project was undertaken on the commission of ÅForsk (Ångpanneföreningen’s Foundation for Research and Development) at the end of the 90’s. That study covered also other process industries within the Nordic countries. A large energy conservation study for municipal sewage treatment plants in Sweden is going on. This study is financed by the Swedish Water and Wastewater Association (SWWA), the Swedish Energy Agency and some municipal water and effluent treatment plants. Reports and handbooks from these and similar projects have been used as a source of information and to get good ideas for this project.

A questionnaire was distributed in September 2009 to 37 Swedish mills with biological effluent treatment plants. Information was requested in the questionnaire regarding production type and rate, effluent discharge permit limits, effluent data to/from different treatment stages, basin volumes, dimensions and equipments for primarily the biological stages, energy consumptions both totally and specified separately for positions with large consumption and finally good examples of undertaken energy conservation measures.

23 of the mills have responded to the questionnaire. These mills represent a very wide range of production processes and products and also different production capacities. The following products are covered; kraft pulp (ECF, TCF and unbleached), sulphite pulp, CTMP, TMP, groundwood pulp, recycled fiber and paper/paperboard. Data is given as yearly average value for annum 2008 or in some cases another recent period with normal operating conditions.

The mills were categorized in four groups depending on type of biological treatment plant; activated sludge, low loaded activated sludge, biofilm reactor (when used as the only biological stage) and aerated lagoon. It should be noted that there are large differences between the plants within the category activated sludge depending on number of stages and the main function of the different stages but the category is nevertheless considered to be relevant from an energy consumption point of view.

The aeration stage is very important both for the function of the biological treatment process and also from an energy consumption point of view. The aeration process is responsible for approx 80 % of the total energy consumption. The amount of air that

must be supplied is dependent on several factors such as amount of organic matter that is removed from the effluent, amount of excess sludge that is produced, oxygenation characteristics for the effluent, water temperature, air pressure, oxygen level in the aeration basin, efficiency of the aeration equipment, carrier material and the design of the aeration basin.

The mills in the survey have all discharge limits for organic matter expressed as COD or TOC. Most mills have also limits for suspended solids and nitrogen and phosphorus. In addition some mills have limits for AOX, chlorate and chelating agents. Approx 50 % of the mills have provisional limits. If the final limits for e.g. nutrients will be decreased compared to the provisional limits it may have consequences for the energy consumption of the plants.

The load on the plants varies within a wide range, see Figure 1 (hydraulic load in m^3/day) and Figure 2 (COD load in ton/day). The amount of COD that is removed is presented in Figure 3. The total amount of COD is 770 ton/day and the average is 34 ton/day . The content of organic matter is sometimes measured as TOC. The COD/TOC ratio is normally approximately 2.7 and all mills in the study have reported a ratio within the range 2.0 – 3.0.

The specific COD load is shown in Figure 4. As mentioned the mills are presented in the four categories activated sludge (COD load 1 – 2.9 $\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$), low loaded activated sludge (COD load 0.3 – 0.9 $\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$), biofilm reactor (COD load varies within a very wide range) and aerated lagoon (COD load approx. 0.1 $\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$). The mills are listed within each category in the order of the COD load (Figure 2). The purpose is to make it easy to make comparisons between plants of similar size.

The total energy consumption for pumping stages to/from the biological treatment plant and between different stages inclusive sludge recycling is estimated to be approximately 15 % of the total energy consumption. Most mills have speed controlled pumps and we thus estimate that there are no large potential to decrease the energy consumption for these pumps.

The process effluent is normally too hot for conventional aerobic biological treatment. It is normally cooled in heat exchangers or in cooling towers prior to the biological treatment. At some plants, such as aerated lagoons, it may be treated without cooling. 5 mills recover at present heat from the effluent. At the other mills approx. 1 TWh/year is estimated to be theoretically possible to recover as heat by cooling the influent to the biological treatment. In addition 1 TWh/year is estimated to be theoretically possible to recover from the treated outgoing effluent.

The volumes and depths of the biological stages are shown in Figure 6 and Figure 7. Most of the activated sludge plants have a water depth of 8 – 10 m, while most of the low loaded activated sludge plants and aerated lagoons have a depth of 4 – 5 m. The deep activated sludge basins are equipped with bottom aerators of turbine type or membrane type. Biofilm reactors are equipped with coarse bubble bottom aerators and the other plants are equipped with surface aerators.

The amount of primary sludge and excess biological sludge to sludge dewatering is shown in Figure 8.

The totally installed power amounts together to 48 MW, see Figure 9. Of this is 34 MW utilized for aeration. The installed power for aeration is almost a linear function of the amount of COD removed, see Figure 10. It can be noted that the three largest plants have somewhat lower installed effect for aeration per amount of COD removed compared to the other plants.

The electrical power consumption for the plant and for aeration only is shown in Figure 11. The total power consumption for 19 plants is 290 GWh/year (290 000 MWh/year). Only a few mills have specified the power consumption for aeration. As an average 80 % of the total energy consumption in these plants are consumed for aeration.

A calculated maximal energy consumption (continuous operation of all equipment at nominal effect) and reported energy consumption are shown in Figure 12. The actual energy consumption amounts to average 79 % of the calculated maximal consumption.

The specific energy consumption for the aeration stages expressed per kg COD removed is shown in Figure 13. Since many mills have not reported the actual aeration figure a theoretical figure (yellow staples in the figure) has been calculated as an average based on 80 % of the total energy consumption and 80 % of maximal energy consumption for aeration. One plant has very high specific energy consumption depending on a special operation to achieve low discharge of nutrients.

It is more energy efficient to treat a concentrated effluent than a diluted effluent, see graph in Figure 14. The total specific energy consumption is shown as a function of inlet COD concentration. At COD concentrations above 1 g/l the total energy consumption is independent of the COD concentration with an average of 1 kWh/kg COD removed. When treating low concentrated effluents (inlet COD approx. 0.5 g/l) the energy consumption is essentially higher.

A similar graph is presented in Figure 15 showing the specific energy consumption for aeration as a function of the concentration of organic matter that is removed from the effluent (COD removed expressed in g/l). For plants with COD removal within the range 0.7 – 2.8 g/l the energy consumption in the aeration stages is as an average 0.8 kWh/kg COD removed. At low concentrations of COD removed (<0.5 g/l) it is essentially higher. It should be noted that there are statistical deviations at a given concentration depending on factors such as plant size (see also Figure 16), water depth (see also Figure 19), control strategy for oxygen (see also Figure 20 and Figure 21) etc.

The average specific energy consumption in the aeration stages for large plants (COD removal of 25 – 115 ton/day) is 0.8 kWh/kg COD removed. At lower amounts of COD removed (<20 ton/day) the specific energy consumption is essentially higher, see Figure 16.

The total specific energy consumption expressed per m³ of treated effluent is shown in Figure 17. Most plants have a specific energy consumption of less than 1.3 kWh/m³ of effluent.

The installed power in the aeration stages is shown in Figure 18 where green staple = compressor, blue staple = aerator and red staple = mixer. All activated sludge plants and biofilm reactors are equipped with bottom aerators and compressors. Most low loaded activated sludge plants and all aerated lagoons are equipped with surface aerators.

The specific energy consumption for aeration as a function of the water depth is illustrated in Figure 19. The graph illustrates that the specific energy consumption is relatively high for basins with water depth <6 m.

The energy consumption of the aeration stage is also dependant on the oxygen level in the water phase. The registered average oxygen level at the first monitoring position in each biological stage is shown in Figure 20. There are large variations between the plants and also between different stages in the plant. Biofilm reactors are often operated at relatively high levels, 4 – 6 mg/l. In this kind of reactor a certain aeration energy input is required for agitation of the suspended carrier material.

The number of continuous oxygen meters is shown in Figure 21. It is very important to have a reliable control of the oxygen level in order to be able to operate the plant in an energy efficient manner.

The excess biological sludge is often dewatered together with primary sludge in a twin wire press or a screw press. When biological sludge is dewatered separately centrifuges are most commonly used. The specific amount of biological sludge that is produced is shown in Figure 22. The specific sludge production varies within the range of 0.05 – 0.35 kg dry solids per kg COD removed. The sludge production in new or recently upgraded plants has often been minimized in order to facilitate the final disposal (often incineration). However, this strategy may not be optimal from an energy conservation point of view since a low sludge production means that a larger amount of organic matter must be oxidized in the aeration stage. It is theoretically calculated that the energy consumption for aeration is 25 – 30 % lower in a plant with high sludge production compared to one with low sludge production. However, this theoretical relation cannot be statistically verified by data from the mills. The effect of the sludge production is probably overshadowed by the effects that have been discussed earlier (inlet concentration, plant size, water depth and control strategies for oxygen).

In the mills approximately 450 t TS/d primary sludge and approximately 200 t TS/d secondary sludge are produced. More than 75 % of the sludge is incinerated in bark boilers or recovery boilers.

Different chemicals are needed in the effluent treatment plants in order to get optimized operation. The use of chemicals results directly or indirectly in a consumption of energy. Total amounts of chemicals consumed in the different mills are presented in Table 6.

Swedish pulp and paper industries have a long tradition of focusing on internal measures within the production process in order to minimize the overall environmental impact. This is often also more energy efficient as the effluent flow and the amounts of organic material discharged to wastewater treatment are reduced. We believe there could be more measures in this field such as separate treatment of concentrated effluents, separation of non contaminated effluents and reuse of some effluents that could further optimize the energy consumption in some mills. If the effluent flow and the COD discharge from the mills to the treatment plants can be decreased by 10 % it will theoretically give energy savings of approx. 30 GWh/year (30 000 MWh/year) for the mills in the study.

Another possible measure to decrease the energy consumption may be to replace some surface aerators by mixers in zones with low oxygen consumption.

It is important to measure the energy consumption in different positions. It has been difficult to get the actual electricity consumption figures from the mills, so it seems that monitoring (and follow up) of these figures would be an important tool to actually find out where saving measures could be performed.

Improved control of the aeration by installation of new oxygen meters or better use of already installed oxygen meters combined with improved possibilities to regulate air distribution to different parts of the aeration basins are measures that probably could improve the energy use at many mills.

This study is mainly focused on electric power consumption, but it deserves to be mentioned that heat recovery from the effluent before and after effluent treatment has a great energy savings potential.

The sewage treatment plants are focused on several measures to improve digestion of sludge, gas production and saving of energy for ventilation and lightening of sewage treatment plants built underground within rock. These types of measures have not the same potential in the pulp and paper industries. However, the work to improve the energy utilization in aeration basins is similar for pulp and paper treatment plants and for municipal sewage treatment plants.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	BESKRIVNING AV FORSKNINGSSOMRÅDET	1
1.3	FORSKNINGSUPPGIFTEN OCH DESS ROLL INOM FORSKNINGSSOMRÅDET	1
1.4	PROJEKTGENOMFÖRANDE	2
1.5	MÅL OCH MÅLGRUPP	2
2	ERFARENHETER FRÅN ANDRA ENERGIEFFEKTIVISERINGSPROJEKT	3
2.1	ÅFORSK-STUDIER	3
2.2	SVENSKT VATTENS ENERGIEFFEKTIVISERINGSPROJEKT	4
2.3	PFE PROGRAMMET FÖR ENERGIEFFEKTIVISERING I ELINTENSIV INDUSTRI	5
3	TEORI OM LUFTNING	6
3.1	ALLMÄNT	6
3.2	OLIKA TYPER AV LUFTARUTRUSTNING	6
3.3	KOMPRESSORER	8
3.4	LUFTNINGSBASSÅNGENS GEOMETRI	8
3.5	BIOFILMREAKTOR MED SUSPENDERAT BÄRARMATERIAL	9
3.6	SLAMPRODUKTION	9
4	ENKÄT OM ENERGIANVÄNDNING I RENINGSANLÄGGNINGAR	10
4.1	ENKÄT, ENERGIBESPARINGSPOTENTIAL	10
4.2	DELTAGANDE ANLÄGGNINGAR	10
5	SAMMANSTÄLLNING AV ENKÄTSVAR	11
5.1	VILLKOR FÖR UTSLÄPP TILL VATTEN	11
5.2	BELASTNING PÅ BIOLOGISK RENING	12
5.3	INLOPPSPUMPNING	16
5.4	PRIMÄR RENING	17
5.5	KYLNING	17
5.6	BIOLOGISKA RENINGSSTEG	19
5.7	LUFTARE	20
5.8	KOMPRESSORER	21
5.9	OMRÖRARE	21
5.10	ERFARENHETER AV LUFTARE, KOMPRESSORER OCH OMRÖRARE	21
5.11	KEMISK RENING	22
5.12	ÖVRIGA RENINGSSTEG	22
5.13	SLAMAVVATTNING	23
5.14	ENERGIANVÄNDNING I ANLÄGGNINGARNA	24
5.15	SLAMPRODUKTION OCH SLAMHANTERING	36
5.16	KEMIKALIEANVÄNDNING	40
6	SLUTSATSER	41
7	JÄMFÖRELSE MED DE KOMMUNALA VERKENS SITUATION	42
8	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGARBETE	43
9	LITTERATURREFERENSER	44

Bilagor

A ENKÄT TILL BRUK

1 Inledning

1.1 Bakgrund

IVL Svenska Miljöinstitutet AB och ÅF har tillsammans genomfört Fas 1 i projektet Aerob rening med lägre elförbrukning. Fas 1 är huvudsakligen en kartläggning grundad på litteraturstudier och insamling av data från bruk och leverantörer. I Fas 2 var planerat mätning av syreöverföringsegenskaper och modellering av samband mellan olika tillsatser, driftsätt och vattenparametrar samt den totala miljöpåverkan där elförbrukningen är av central betydelse. Fas 2 kommer inte att genomföras enligt ursprunglig planering. Några förslag till vidare studier presenteras i avsnitt 8.

Inom projektet ska dagens energianvändning vid svenska skogsindustrier kartläggas och olika tekniker för att elenergieffektivisera befintliga anläggningar sammanställas och värderas med avseende på elenergibesparingspotential.

En enkät har skickats ut till 37 svenska bruk med biologisk rening och svar har inkommit från 23 bruk. Denna rapport behandlar huvudsakligen dessa svar och analyser av insamlat material.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

I slutet av 1990-talet genomfördes i ett ÅForsk-uppdrag en liknande undersökning av energibesparingspotential i industriella reningsanläggningar (skogsindustrier och andra typer av processindustrier) i Norden med syfte att ta fram lämpliga åtgärder för industrierna [1]. I Sverige pågår ett stort energieffektiviseringsprojekt för kommunal avloppsvattenrening [2]. Studier och handböcker för energieffektivisering har också tidigare tagits fram med fokus på kommunala anläggningar av bland annat VA-Forsk [3]. Trots stora likheter mellan kommunal och industriell vattenrening är de inte helt jämförbara, men rapportering från dessa projekt har studerats för att kunna göra jämförelser och hitta idéer och goda exempel.

1.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

Aeroba reningsanläggningar vid skogsindustrier använder idag mycket el för framför allt luftning, pumpning och kylning. Inom projektet ska dagens energianvändning vid svenska skogsindustrier kartläggas och olika tekniker för att elenergieffektivisera befintliga anläggningar sammanställas och värderas med avseende på elenergibesparingspotential.

I denna delrapport behandlas framför allt enkäten till svenska skogsindustrier, vilken genomförts för att kunna kartlägga befintlig elanvändning och kunna göra jämförelser mellan olika befintliga tekniker och utrustningar. Kompletterande uppgifter har inhämtats med hjälp av litteraturstudier och kontakter med leverantörer.

En kartläggning av energisituationen i reningsverk vid svenska skogsindustrier har vad projektgruppen känner till inte gjorts sedan 1998.

1.4 Projektgenomförande

Projektet har genomförts i samarbete mellan IVL Svenska Miljöinstitutet och ÅF med Mats Ek från IVL som projektledare och sammanhållande. Åsa Sivard har varit ansvarig för ÅF:s insatser. Enkätundersökningen, litteraturstudier och kontakter med leverantörer har i huvudsak genomförts av ÅF.

För stöd och medverkan i projektet har Skogsindustriella gruppen på Värmeforsk tillsatt en referensgrupp. Medlemmar i referensgruppen är Christian Lyckehed, Södra (sammanhållande), Hanna Björkman, Södra Cell Mörrum, Ann-Kristin Magnusson, Stora Enso Skoghall, Erik Mattsson, Stora Enso, Catrin Gustavsson, Billerud Gruvön, Eva-Lena Strömberg Billerud Skärblacka, Anders Kyösti, SCA Munksund, Bengt Westin, SCA Ortvikén, Hans Eriksson, Holmen Iggesund och Bo Jansson, Naturvårdsverket.

Ett varmt tack framförs till referensgruppen för stöd i arbetet och till alla bruk som svarat på den omfattande enkäten.

1.5 Mål och målgrupp

Målen för projektet är att

- Kartlägga elenergiåtgång i befintliga anläggningar
- Jämföra olika befintliga tekniker och utrustningar
- Göra beräkningar av möjliga elenergibesparande åtgärder

Målgruppen för projektet är framför allt skogsindustrier med egna reningsanläggningar. Jämförelser och erfarenheter kan även vara intressanta för andra typer av industrier och i viss utsträckning också för kommunala reningsverk.

2 Erfarenheter från andra energieffektiviseringsprojekt

I detta avsnitt sammanfattas kortfattat erfarenheter från några tidigare och pågående energieffektiviseringsprojekt med fokus på både industriell och kommunal avloppsvattenrening. Några tidigare genomförda och pågående svenska studier presenteras lite närmare nedan. Energifrågan och energieffektivisering av reningsverk är också i hög grad en prioriterad fråga i andra länder. En internationell konferens med tema Water & Energy ordnades av IWA (International Water Association) i Köpenhamn i oktober 2009.

För kommunala reningsverk har mycket idéer och inspiration hämtats från Tyskland, som har lägre specifika tal för energiförbrukning, vilket bland annat kan förklaras med att Sverige har haft lägre elpris och genomsnittligt har äldre och mindre reningsverk [4].

2.1 ÅForsk-studier

År 1996 startade med finansiering från ÅForsk ett uppdrag för att undersöka energibesparingspotential i industriella reningsanläggningar i Norden, både skogsindustrier och andra typer av processindustrier [1]. En enkät användes även i detta projekt för att kartlägga då aktuell situation. I rapporten konstaterades bland annat att huvudsyftet med industrins reningsanläggningar var att reducera så stor mängd COD som möjligt och att trenden under åren innan studien varit att investera i lågbelastade aktivslamanläggningar. Denna typ av rening är inte främst fokuserad på att vara energisnål. Lämplig luftningsutrustning och bassänglayout framhölls som viktiga parametrar för att minimera energiförbrukning. Ett antal prioriterade åtgärder för att minimera energiförbrukning framhålls i rapporten:

- Åtgärder i produktionsprocessen för att minimera avloppsmängder och koncentrera avlopp, en genomsnittlig COD-reduktion av 10 % antogs kunna åstadkommas
- Förbättrad avskiljning av suspenderat material i primär rening
- Varvtalsreglering istället för strypreglering av stora pumpar
- Optimering av slamålder i luftningsbassänger
- Förbättrad syrereglering
- Förbättrade syreöverföringsegenskaper genom val av utrustning eller förbehandling av avloppsvatten
- Optimering av reningsanläggning med hjälp av expertsystem (ett externt datorprogram som kan användas som hjälpmedel för att optimera driftförhållandena)
- Optimering av slamavvattning och torrhalt i slammet

Som uppföljande studier till detta projekt föreslogs:

- Studie av optimering vid införande av ett expertsystem
- Undersökning av möjligheter att öka syretransporten
- Undersökning av energibesparing genom att införa effektivare luftningssystem

En uppföljande studie om optimering med hjälp av expertsystem genomfördes vid två finska bruk. Jämförelser gjordes vid olika slamåldrar, som vid i övrigt lika betingelser har en stor inverkan på energiförbrukningen [5]. Andra viktiga faktorer för minimerad energiförbrukning och optimal drift, som påpekas i rapporten är god avskiljning av suspenderat material, bra COD-absorption och att söka minimera processtörningar.

2.2 Svenskt Vattens energieffektiviseringsprojekt

För energieffektivisering inom den kommunala vattenreningen drivs sedan 2006 ett projekt ”VA-verkens bidrag till Sveriges energieffektivisering”. Projektet finansieras av Svenskt Vatten Utveckling (f.d. VA-forsk), Statens Energimyndighet, Svenskt Vatten och enskilda vattenverk.

Ettapp 1 är avrapporterad och omfattar en nulägesbeskrivning av VA-verkens energianvändning [2]. VA-branschen använder ca 1,3 TWh el och ca 0,5 TWh annan energi (exkl. tillförda kemikalier). I avloppsreningsverken produceras energi i form av 0,6 TWh biogas och ca 2,5 TWh spillvärme. I rapporten redovisas även bedömd energibesparingspotential som underlag för ettapp 2.

Ettapp 2 startade 2008 och beräknas pågå flera år. Projektet bygger på att intresserade verk blir föredömen och uppnådda resultat redovisas kontinuerligt till alla VA-verk. Följande resultat förväntas uppnås till 2011/2012:

- Förbrukningen av elenergi ska ha minskat med 75 GWh/år och då beslutade åtgärder ska medföra en ytterligare minskning med 50 GWh/år.
- Produktionen av biogas ska uppgå till minst 1,0 TWh/år och på sikt minst 1,5 TWh/år.
- Minst 60 % av biogasen ska levereras externt (i huvudsak fordonsgas, leverans till gasnät)
- Utnyttjad spillvärme bör öka med 0,5 TWh/år.
- Branschens energimedvetande ska ha ökat påtagligt.
- Ska bidra till att ny teknik utvecklas, som kan bidra till att Sveriges miljöteknik-export ökar.

Svenskt Vattens projekt omfattar vattenverk, vattennät, avloppsledningsnät och reningsverk. I studien har jämförelser gjorts med erfarenheter från reningsverken. Statistik har samlats in från 245 avloppsreningsverk i 42 kommuner, varav flera från de största kommunerna. För de kommunala verken används ca 25 % av elenergin för luftning, 44 % för övriga processer och 32 % för övrigt.

Utgående från anläggningarna i enkäten har bedömningen gjorts att ungefär 80 % av producerat råslam i Sverige rötas för produktion av biogas. Ett flertal verk använder den producerade gasen för fordonsdrift eller elproduktion. Kemikalieanvändningen i verken har uppmärksamats och har visat sig ha en stor omfattning ur energisynpunkt, exakt hur stor har inte fastställts. Försök att kartlägga spillvärmeutvinningen har också gjorts,

uppgifterna är motstridiga, men en bedömning är att ca 2-3 TWh spillvärme per år utvinns från avloppssektorn i Sverige.

Potential för energieffektivisering bedöms finnas bland annat genom att påverka personalens attityder genom förbättrat ledarskap, styrsystem och belöningssystem.

Bland tekniska åtgärder bedöms potentialer för energieffektivisering främst finnas genom:

- Reduktion av elanvändning
- Utvinning av energi ur inkommande organiskt material
- Effektivare användning av utvunnen biogas
- Effektivare användning av kemikalier
- Utnyttjande av spillvärme i avloppsvatten
- Belysning och ventilation (framförallt anläggningar i bergum)

I en rapport av Gustaf Olsson [5] tas ungefär samma punkter upp som förslag till energibesparande åtgärder. Denna rapport fokuserar dessutom på följande områden:

- Varvtalsreglering och styrning av pumpar
- Undvika friktionsförluster i rörledningar
- Lämplig syrehalt i luftningsbassänger och flexibel reglering av syrehalten
- Fördelning av luftflöde längs luftningsbassänger
- Mätning av syrehalt i flera positioner
- Rätt dosering av fällningskemikalier
- Kunskap hos personal

2.3 PFE Programmet för energieffektivisering i elintensiv industri

Energimyndighetens program för energieffektivisering i elintensiv industri vänder sig till svenska företag, bland annat inom skogsindustrin. Programmet löper under 5 år och syftar till att deltagarna ska genomföra åtgärder som medför minskad elförbrukning. De deltagande företagen erhåller reducerad skatt på el.

Nästan alla skogsindustrier har deltagit i den första programperioden som startade 2004 och även gjort en första delredovisning (tvåårsredovisning) till energimyndigheten. Slutrapportering av den första programperioden har skett under hösten 2009. Nu finns även möjlighet för företagen att ansöka om deltagande i en andra programperiod.

I denna studie för Värmeforsk har inte framkommit uppgifter om att specifika åtgärder i reningsanläggningar har initierats av PFE-programmet, men vid de deltagande företagen har en genomgång gjorts av energiförbrukning i alla enhetsprocesser och det är tydligt att för stora pumpar och kompressorer är det mycket vanligt att varvtalsstyrning med hjälp av frekvensomformare används.

3 Teori om luftning

3.1 Allmänt

I en aerob biologisk reningsprocess är syretillförseln av grundläggande betydelse för att rätt typ av mikroorganismer ska kunna bildas och ta upp organiskt material och närsalter från avloppsvattnet. Luftningen är energikrävande och svarar normalt för en mycket stor andel av reningsanläggningens totala energiförbrukning. Hur optimalt luftningen utförs är således viktigt att analysera vid utvärdering av energibesparande åtgärder i denna typ av anläggning.

Syretillförseln i de aeroba biologiska reningsanläggningar som idag finns i bruk vid svenska skogsindustrier sker i ett luftningssteg där avloppsvatten och bioslam blandas med luft på ett sätt som ger stor överföringsyta mellan luft och vatten. Den mängd luft som åtgår är beroende av många faktorer såsom upptagen mängd organiskt material från avloppsvattnet, producerad mängd biologiskt överskottsslam, vattnets syreöverföringsegenskaper, vattentemperatur, lufttryck, syrehalt i vattenmassan, luftarutrustningens effektivitet, eventuellt bärmaterial och luftningsbassängens utformning.

3.2 Olika typer av luftarutrustning

Luftare kan delas in i de två huvudtyperna bottenluftare och ytluftare.

Bottenluftare är det idag vanligaste luftarsystemet. Luft distribueras från kompressorer via rörsystem till bottenplacerade luftarenheter. En övergång har skett från system som genererar stora bubblor (grovblåsiga luftare) till system med mindre bubblor eftersom syreöverföringen blir effektivare med mindre bubblor. För att minimera arealbehovet och för att spara energi används bottenluftare idag oftast i relativt djupa bassänger. Syreöverföringen i djupa bassänger sker effektivare p.g.a. längre uppehållstid för luftbubblorna. De vanligaste bottenluftartyperna är följande:

- Membranluftare
- Turbinluftare
- Grovblåsiga luftarrör i exempelvis biofilmbassänger
- Ejektorluftare

Membranen i membranluftarsystem kan antingen sitta på runda ”tallrikar” utplacerade på jämnt avstånd över botten (vanliga på kommunala reningsverk) eller vara rörformade och grenförmigt fördelade ut från luftstammarna. Traditionellt har membranen ofta varit av gummi, men på senare år har det kommit nya material. Membran av gummi (speciellt vid tallriksluftare) har ofta på skogsindustrier visat sig medföra höga underhållskostnader, eftersom gummit snabbt blir hårt och sprött av vissa ämnen och den höga temperaturen i avloppsvattnet och luften (speciellt vid djupa bassänger). På senare tid har membranluftarsystem, där luftargrenarna är uppdelade i mindre partier som kan lyftas upp separat tagits fram. Detta är en stor fördel ur underhållssynpunkt. Många anläggningar

med membranluftarsystem måste tömmas om underhåll och byte av luftarna ska kunna ske.

Turbinluftare står på botten av bassängen (eller på specialgjutna betongfundament). I turbinluftarsystem matas varje luftare med en separat luftledning och varje luftare är utrustad med en motor, som driver den rotor, som sönderdelar luften i små bubblor och fördelar en vatten- och luftblandning ut i omgivande vatten. Vissa turbinluftare kan fungera som omrörare vid avstängd lufttillförsel, vilket är ett energieffektivt sätt att möjliggöra optimal syretillförsel kombinerat med bibehållen god omrörningseffekt. Turbinluftare kan lyftas upp en i taget ur en luftningsbassäng, vilket är en fördel ur underhållssynpunkt.

Grovblåsiga luftarrör är grenade luftstammar med perforerade hål. Ju mindre hål, desto mindre luftbubblor och effektivare syreöverföring, men samtidigt större risk för igen-sättningar. I biofilmsystem fungerar det bra med relativt grovblåsiga rör, eftersom bärrarmaterialet i reaktorn skapar turbulens och god syreöverföring från luft till vatten.

I *ejektorluftare* pumpas luft och vatten (en delström av avloppsvattenflödet) i varsin rörledning till ett antal ejektorer, där de två flödena blandas i ett ejektormunstycke med följande blandningszon och sedan fördelas ut i luftningsbassängen via en diffusor. I ejektorn är rördiametern mindre och hastighet och tryck ökar, vilket ger en god turbulens och bra fördelning av luft- och vattenblandningen ut i bassängen. Ejektorluftare finns inte installerade på något av de bruk som svarat på enkäten.

Ytluftare används företrädesvis i grundare bassänger (vattendjup <6 m) samt i dammar med varierande vattendjup och där omrörning/syresättning i djupare delar inte är kritisk (gäller luftade dammar utan slamåterföring). Ytluftare är ofta monterade på flytkroppar, som är förankrade med ett linsystem till kanterna av bassänger/dammar. Syretillförseln sker genom mekanisk finfördelning av vattendroppar alternativt injektering av luftblåsor vid vattenytan. De vanligaste typerna av ytluftare är följande:

- Direktdriven mekanisk ytluftare med vertikal axel
- Långsamtgående mekanisk ytluftare
- Aspiratorer

Direktdrivna mekaniska ytluftare har en helt eller delvis nedsänkt propeller eller skruv, som går med samma varvtal som motorn.

Långsamtgående mekaniska ytluftare har en växellåda och körs med lägre varvtal än motorn.

Aspiratorer har ett ihåligt rör som är vinklat snett genom vattenytan. Luft sugas med självtryck (eller i vissa applikationer trycks med kompressor) genom röret. I nedre änden av röret sitter en propeller, som ger turbulens och god spridning av luften i vattenmassan.

Det finns också ett antal varianter och mindre typer av ytluftare, som brukar användas bland annat i naturliga dammar och sjöar för syresättning. Utveckling av nya luftartyper pågår också hos olika leverantörer.

Viktiga faktorer för bedömning av en luftningsutrustning är:

- effektförbrukning
- omrörning
- underhåll
- risk för igensättning

3.3 Kompressorer

Hela eller nästan hela energibehovet för bottenluftning åtgår vid komprimering av luft till systemet. Vid mindre reningsverk är vidkolvmaskiner och skruvkompressorer vanliga. Det är förträngningsmaskiner med 65 – 75 % verkningsgrad vid nominell belastning. Luftflödet är direkt proportionellt mot varvtalet och kan via frekvensomriktare regleras ner så lågt som till 20 – 30 % av nominell kapacitet med måttlig försämring av verkningsgraden hos kompressor och motor. Den slutliga verkningsgraden uppgår därigenom till 50 – 65 %. De är relativt okänsliga för ändringar av mottrycket i systemet.

Vid större luftbehov används vanligen turbokompressorer. Dessa har ca 80 % verkningsgrad vid nominell belastning. Luftflödet kan regleras ner till minimum ca 45 % av nominell kapacitet genom omställning av diffusor och ledskenor vid inloppet. På grund av strömningstekniska egenskaper fungerar det inte att varvtalsreglera vissa typer av turbokompressorer via frekvensomriktare och det medför också att maskinen är känslig för tryckändringar, vilket måste beaktas vid dimensionering av luftare och rörledningar.

Det finns turbokompressorer, som är utrustade med magnetlagring. Dessa kompressorer kan köras med högre varvtal och den magnetiska lagringen gör att det blir lägre energiförluster och inget mekaniskt slitage. Dessa kompressorer har varvtalsreglering med frekvensomriktare och kompressorns hastighet styrs av luftflödet.

3.4 Luftningsbassängens geometri

Moderna anläggningar har ofta ett vattendjup av 8 – 10 m. Vid detta vattendjup erhålls energieffektiv syresättning med många av de bottenluftare som idag är dominerande på marknaden.

En del äldre anläggningar, framförallt luftade dammar, har ofta ett mindre vattendjup, normalt inom intervallet 3 – 6 m. Vid sådana anläggningar är det vanligt med pontonburna ytluftare. Dessa har normalt lägre syresättningseffektivitet jämfört med ett optimalt utformat bottenluftarsystem.

Ibland eftersträvas pluggflöde genom anläggningen, vilket innebär att det blir en koncentrationsgradient i anläggningen och att syreförbrukningen blir högst i början av an-

läggningen. Även vid användning av aeroba selektorer erhålls hög syreförbrukning räknat per m³ luftningsvolym.

I lågbelastade anläggningar kan omrörningsbehovet bli dimensionerande för luftarutrustningen, speciellt i slutet av luftningsbassängen. I sådana anläggningar kan det vara mer energioptimalt att installera omrörare för att säkerställa omrörningsfunktionen.

3.5 Biofilmreaktor med suspenderat bärmaterial

Biofilmreaktorer med suspenderat bärmaterial används både som enda biosteg eller i kombination med andra luftningssteg. Biomassa tillväxer på bärmaterialets yta och för att få optimal syresättning av biofilmen brukar syrehalten i vattenfasen ofta hållas relativt hög, minst ca 4 mg/l. Å andra sidan underlättas syresättningen av att bärmaterialet medför att luftbubblorna sönderdelas och får längre uppehållstid i systemet. En viss lägsta lufttillförsel krävs för att klara omblandningen i systemet.

3.6 Slamproduktion

Slamproduktionen i en anläggning kan påverkas på olika sätt; genom införande av s.k. LSP-teknik (Low Sludge Production som innebär att biokulturen styrs så att det ger låg slamproduktion), genom hög slamålder (ger låg slamproduktion) och även genom att drift med hög syrehalt ger lägre slamproduktion.

Vid många anläggningar har minskad slamproduktion eftersträvat för att minska kostnader och miljöpåverkan för hantering av överskottslam. Denna strategi kan ifrågasättas med hänsyn till att en låg biologisk slamproduktion medför att en större andel organiskt material måste oxideras och att syreförbrukningen därigenom ökar vid i övrigt oförändrade betingelser. Den del av det organiska materialet som tas upp från vattnet och används för att bygga upp ny biomassa kräver ingen eller obetydlig mängd syre. Ur energisynpunkt kan det därför vara en fördel att driva anläggningen så att den biologiska slamproduktionen inte blir alltför låg.

4 Enkät om energianvändning i reningsanläggningar

En enkät för att kartlägga energisituation och energibesparingspotential skickades i september 2009 ut till 37 svenska bruk med biologisk rening. En sammanställning och värdering av resultaten har gjorts som kommer att ligga till grund för fortsatta arbeten i projektet. Samtliga bruk som svarat på enkäten kommer att få delrapporten kompletterat med en kod för den egna anläggningen så att de egna resultaten kan jämföras med övriga bruk.

4.1 Enkät, energibesparingspotential

I enkäten efterfrågades uppgifter om produktion, villkor för utsläpp till vatten, reningsanläggning med olika delsteg, in- och utgående processavlopp i olika delsteg, volymer, dimensioner och utrustning i framför allt biologiska reningssteg, energiförbrukning totalt och uppdelat på positioner med störst elförbrukning samt goda exempel på energibesparande åtgärder. Enkäten i sin helhet återfinns i Bilaga A.

4.2 Deltagande anläggningar

Från de 37 bruken, som efter telefonkontakt fick enkäten har 23 svar inkommit. De svarande bruken representerar ett mycket brett urval av olika produktionsprocesser och produkter samt olika storlek på årsproduktion. Vid bruken tillverkas en eller flera av följande produkter: sulfat- (ECF, TCF och oblekt), sulfit-, CTMP-, TMP-, slip- och returfibermassa samt papper och kartong.

I våra sammanställningar har bruken delats in i fyra grupper efter typ av reningsanläggning, aktivslamanläggningar, lågbelastade aktivslamanläggningar, biofilmanläggningar (ej biofilmsteg kombinerade med aktivslamanläggningar) och luftade dammar. Det förtjänar att påpekas att skillnaderna mellan reningsanläggningar inom framför allt gruppen aktivslamanläggningar är relativt stor beroende på antal delsteg samt typ av försteg/selektorsteg, men bedömningen gjordes att det är en relevant uppdelning för att jämföra energiförbrukning i de olika anläggningarna.

I enkäten efterfrågades data för år 2008. I några fall där 2008 inte kunde anses som ett representativt år (exempelvis på grund av problem i reningsanläggningen) har bruken istället lämnat data för en annan period.

5 Sammanställning av enkätsvar

Enkätsvaren har sammanställts i ett antal diagram och tabeller. Analys av resultaten görs i anslutning till respektive diagram eller tabell.

5.1 Villkor för utsläpp till vatten

Bland frågorna i enkäten fanns det ett avsnitt som handlar om gällande villkor för de olika anläggningarna. I Tabell 1 redovisas hur många bruk som har provisoriska (under provotid) respektive slutliga villkor för utsläpp till vatten samt för vilka parametrar villkor finns. Det är värt att notera att en stor del av anläggningarna är relativt nybyggda och har provisoriska villkor. Dessa bruk håller på att trimma sina anläggningar och utreda lämpliga slutliga villkor. Det är inte säkert att det samtidigt går att driva sin anläggning på mest energieffektivt sätt och ha riktigt låga utsläpp till vatten.

Tabell 1. Sammanställning av deltagande bruks villkor för utsläpp till vatten

Table 1. Permit parameters for discharge to water at 23 Swedish Pulp and Paper mills

Parameter	Slutliga villkor (antal bruk)	Provisoriska villkor (antal bruk)
COD	9	9
TOC	3	2
SÄ _{GF/A}	9	7
SÄ ₇₀	3	4
Totalkväve	9	7
Totalfosfor	11	8
AOX	5	4
Klorat	2	3
Komplexbildare	2	3

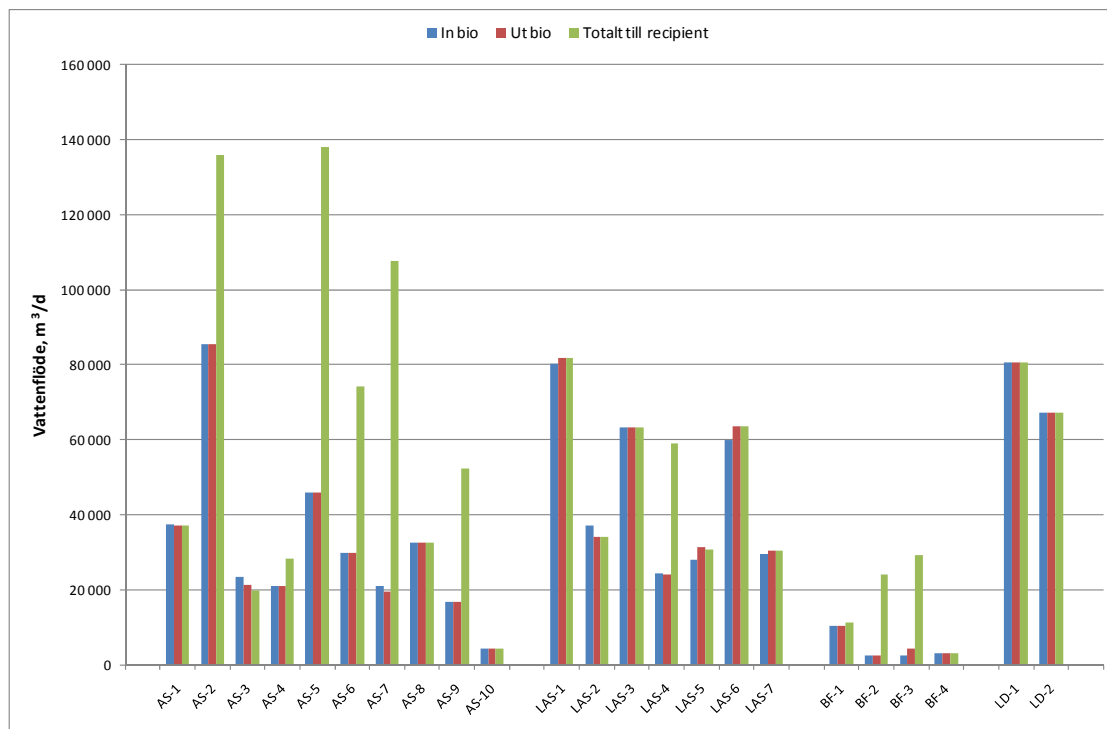
Alla deltagande bruk har villkor för organiskt material (COD eller TOC) och alla bruk utom ett har villkor för suspenderat material. Ett bruk har villkor för både SÄ_{GF/A} och SÄ₇₀ medan övriga bruk med SÄ-villkor har villkor för en av dessa parametrar.

Vid bruk som nyligen har fått slutliga villkor är det något vanligare att ha villkor på såväl organiskt material och suspenderat material som kväve och fosfor. Om några av de skogsindustrier som ännu inte har slutliga villkor enligt miljöbalken skulle få skärpta villkor avseende t.ex. närsaltutsläpp kan det även få konsekvenser för anläggningarnas energiförbrukning.

Villkor för AOX och klorat förekommer bara vid industrier som bleker med klordioxid och villkor för komplexbildare vid industrier som använder EDTA eller DTPA i sina processer.

5.2 Belastning på biologisk rening

I Figur 1 visas vattenflöden in till och ut från biologisk rening samt totalt ut till recipient för de studerade anläggningarna.

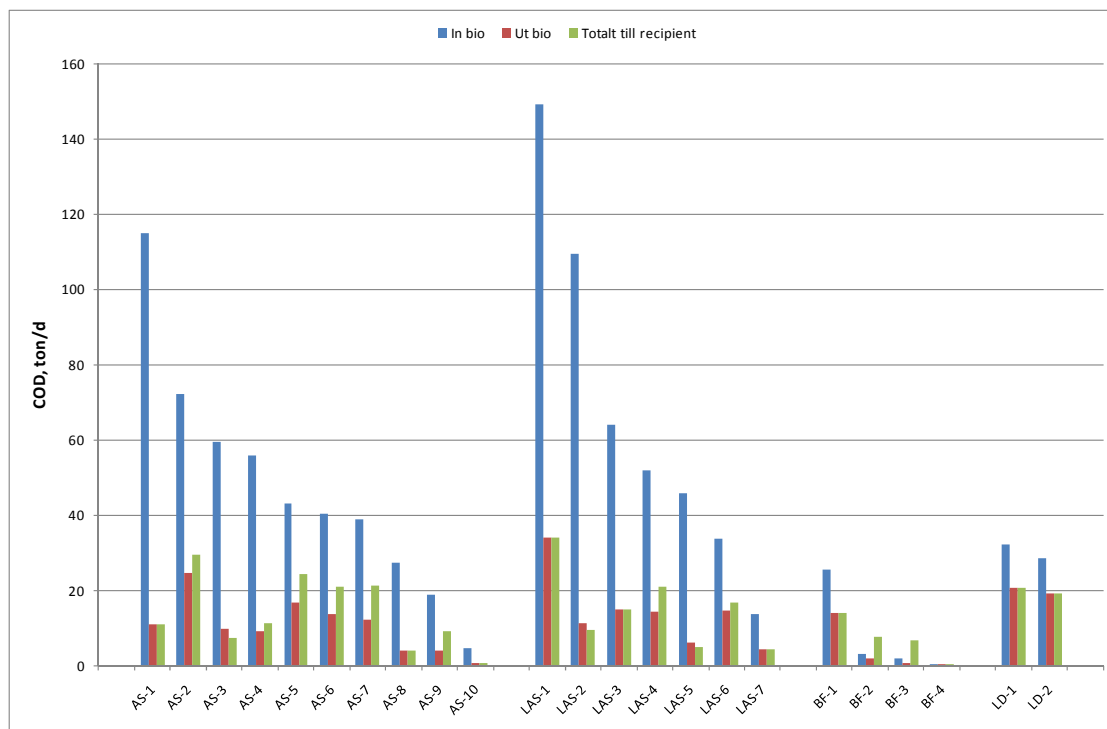


Figur 1. Vattenflöde in och ut från biologisk rening samt totalt ut till recipient

Figure 1. Process flow before and after the biological treatment and totally to the recipient

Som framgår av figuren är det 8 anläggningar, där totalt flöde till recipient är avsevärt större än det flöde, som går till biologisk rening. I vissa fall behandlas detta vatten enbart med försedimentering, i några fall med kemisk fällning och i några fall leds vatten med låg föroreningsgrad direkt till recipient. Detta kan vara ett sätt till energieffektivisering om det finns bra möjligheter att separera processvatten i anläggningen.

I Figur 2 redovisas COD in och ut från biorening samt totalt ut till recipient för de 23 anläggningarna. För anläggningar som använder TOC istället för COD har TOC-värdena räknats om till COD med hjälp av från bruken erhållna omvandlingsfaktorer.



Figur 2. COD in till och ut från biologisk rening samt totalt ut till recipient

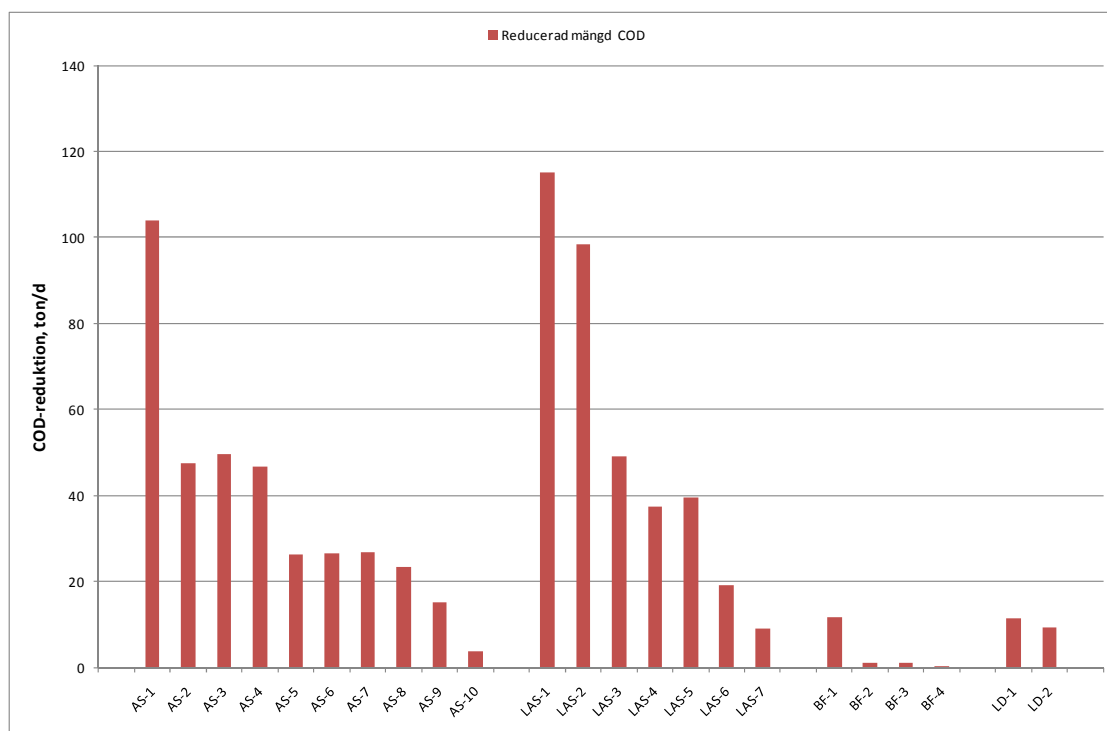
Figure 2. COD into and out from the biological treatment and out to the recipient

Det bör betonas att det är mycket stora skillnader i COD-belastning mellan bruken. För att underlätta jämförelse mellan anläggningar av ungefär samma storlek har de sorterats i en fallande skala inom respektive anläggningskategori.

COD-reduktionen är genomgående hög vid bruken med aktivslamanläggning eller låg-belastad aktivslamanläggning, över 70 % i genomsnitt. Teoretiskt möjlig reduktionsgrad med biologisk rening varierar mycket beroende på vattnets sammansättning.

TOC-belastningen kan approximativt beräknas genom division av COD-värdet med faktorn 2,7. Flertalet av de bruk som mäter båda parametrarna rapporterar en faktor som ligger mycket nära detta medelvärde, medan några rapporterar värden som ligger i utkanten av intervallet 2,0 - 3,0.

I Figur 3 visas den mängd COD, som reduceras vid de 23 bruken. Det kan ses som ett mått på energibehovet för varje anläggning.

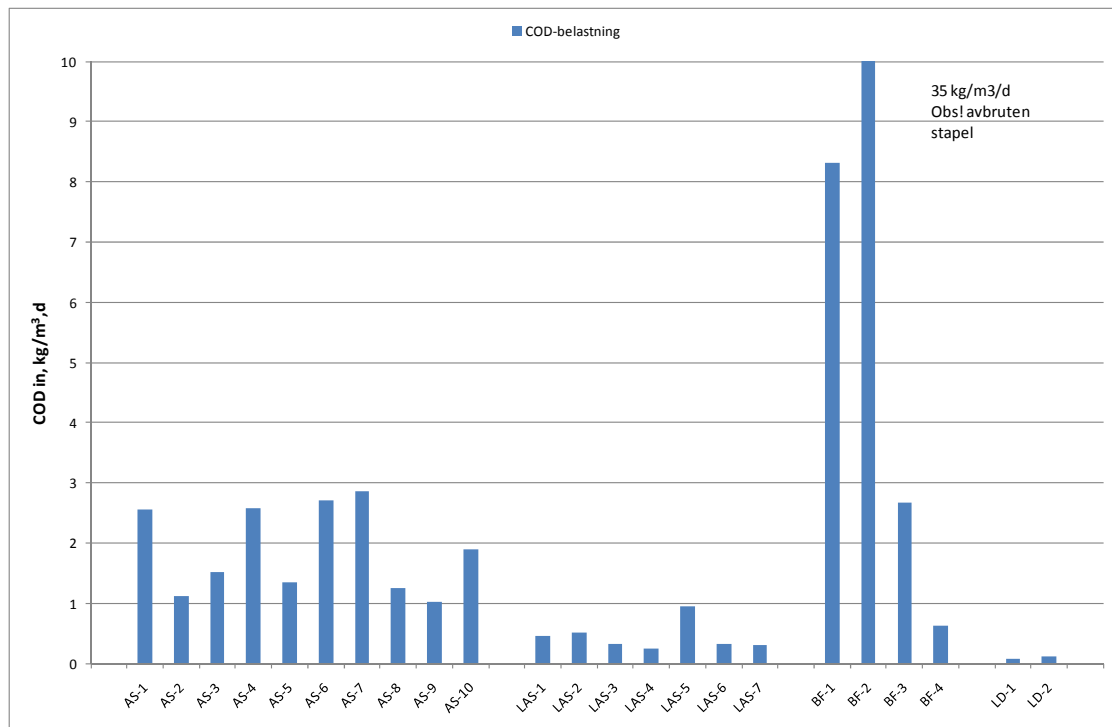


Figur 3. Reducerad COD-mängd i de olika anläggningarna

Figure 3. Amount of COD reduced in the different mills

Den totala mängden COD som reduceras i dessa anläggningar uppgår till 770 ton/dygn. I genomsnitt reduceras 34 ton/dygn, men det är stora skillnader mellan de enskilda anläggningarna, intervall 0,2 – 115 ton/dygn.

I Figur 4 visas specifik COD-belastning på anläggningarna uttryckt som kg COD per m³ och dygn. Av figuren framgår också det kriterium som valts för lågbelastade aktivslamanläggningar, en organisk belastning av mindre än 1 kg COD/m³, d.



Figur 4. Specifik COD-belastning på biologisk reningsanläggning

Figure 4. Specific COD load on the biological effluent treatment plants

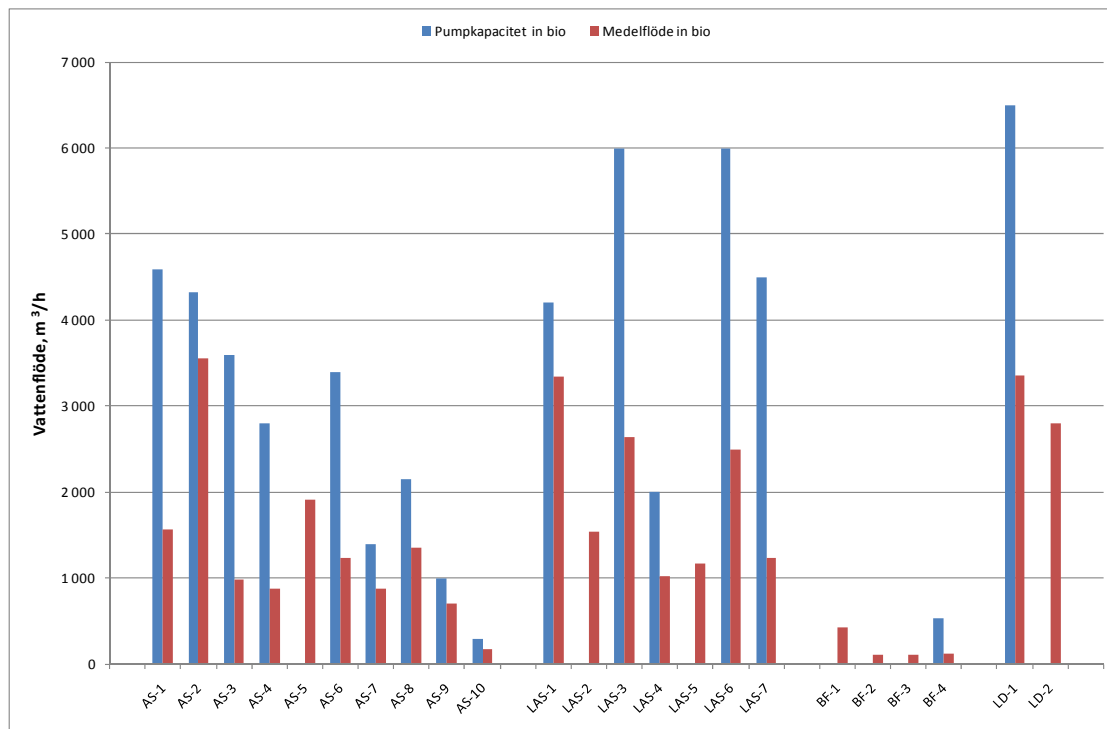
Den organiska belastningen för aktivslamanläggningarna varierar inom intervallet 1-2,9 kg COD/m³,d. För de lågbelastade aktivslamanläggningarna varierar den organiska belastningen inom intervallet 0,3-0,9 kg/m³/d.

Biofilmanläggningar klarar mycket högre belastningar än aktivslamanläggningar, eftersom en hög koncentration av mikroorganismer hålls kvar på och i det suspenderade bärrarmaterialet (fyllkroppar av plast). Skalan har brutits så att belastningen för en av biofilmanläggningarna inte syns, eftersom det annars skulle vara svårt att läsa ut skillnader mellan de övriga bruken.

För de luftade dammarna med lång uppehållstid ligger COD-belastningen på ca 0,1 kg COD/m³,d.

5.3 Inloppspumpning

Inloppspumpning och returslampumpning är bland de större enskilda förbrukningspositionerna av elenergi. I Figur 5 visas total pumpkapacitet för inloppspumpar till biologisk rening jämfört med medelflödet.



Figur 5. Pumpkapacitet och medelflöde in till biologisk rening

Figure 5. Pump capacity and mean effluent flow to biological treatment plant

I många fall finns en extra pump med lika stor kapacitet som övriga pumpar installerad som reserv, eftersom pumpningen är en hjärtfunktion för anläggningen. Flödesvariationerna kan också vara stora jämfört med medelflödet, vilket kan förklara att maxkapaciteten måste vara hög jämfört med medelflödet.

Huvuddelen av bruken har varvtalsreglering på inloppspumpning och i förekommande fall på returslampumpar.

Den sammanlagda energiförbrukningen för pumpning till/från biorening samt mellan olika biosteg inklusive returslampumpning svarar för storleksordningen 15 % av anläggningarnas totala energiförbrukning. Eftersom flertalet anläggningar har varvtalsreglering bedöms det inte finnas någon stor energibesparingspotential för dessa.

5.4 Primär rening

Nästan alla bruk har primär rening av hela avloppet eller delar av det avlopp som leds till biorening. Primärreningen utgörs av försedimentering utom vid en anläggning, som har ett flotationssteg.

Polymerer och/eller bentonit tillsätts primär rening i tre av anläggningarna.

Ingen av biofilmanläggningarna har någon primär rening eftersom den processen är mindre känslig för suspenderat material.

5.5 Kylning

I Tabell 2 redovisas de metoder för kylning av avloppsvatten, som används vid de deltagande bruken samt om spillvärmen från kylningen utnyttjas.

Tabell 2. Sammanställning av metoder för kylning och utnyttjande av spillvärme

Table 2. Cooling methods at the mills and use of heat from the cooling stage

	Antal bruk
Värmeväxlare	9
Kyltorn	6
Ingen kylning ¹⁾	8
Utnyttjande av spillvärme från kylning	5

1) Inom denna grupp utnyttjas för ett par bruk avkylning med ytluftare i stor damm respektive förledning av en delström varmt avloppsvatten sommartid

Några av de lågbelastade aktivslamanläggningarna värmeväxlar varmt avlopp från processen med utgående renat vatten från reningsanläggningen. Anledningen har primärt oftast varit brist på lämpligt kylvatten i lämplig position. Genom detta förfarande utnyttjas också kyldamm för kylning, eftersom en avkylning sker i dammar, som använder ytluftare. Eftersom tillgänglig temperaturskillnad mellan varmt processvatten och kylt, renat avloppsvatten är relativt liten krävs stor sammanlagd värmeväxlaryta vid dessa anläggningar.

Av de fem bruk som tillvaratar spillvärme använder tre av dem denna värmemängd internt för uppvärmning i massabruk, pappersbruk eller för uppvärmning av råvatten. Vid två bruk används spillvärmen i fjärrvärmenät.

Det finns fler bruk i Sverige, där spillvärme som tillvaratas från avloppsvatten med hjälp av värmeväxlare eller värmepumpar utnyttjas för fjärrvärmeproduktion. Teknik finns också i drift vid svenska bruk att ur spillvärmeströmmar med temperaturer kring 50-70 °C utvinna el [6].

Med kännedom om kylda avloppsvattenflöden, temperaturdifferenser och värmekapaciteten på vatten har en beräkning gjorts att storleksordningen 1 TWh/år värmeenergi

teoretiskt skulle kunna utvinnas sammanlagt för de bruk i undersökningen som inte idag utnyttjar spillvärmen från kylning (med antagande om en verkningsgrad av 50 %).

För de bruk som inte uppgivit att spillvärme från kylning utnyttjas har processvattenflöde till kylning och temperaturskillnad över kylsteget använts för att räkna ut värmeenergin per år med hjälp av formeln:

$$P = Q * (t_v - t_k) * C * 0,278 * d$$

P = Värmeenergi, GWh/år

Q = Kylt flöde, m³/d

t_v = Temperatur före kylning, °C

t_k = Temperatur efter kylning, °C

C = Värmekapacitet för vatten, kJ/kg * °C (använt 4,18)

0,278 = Omvandlingsfaktor mellan kWh och MJ

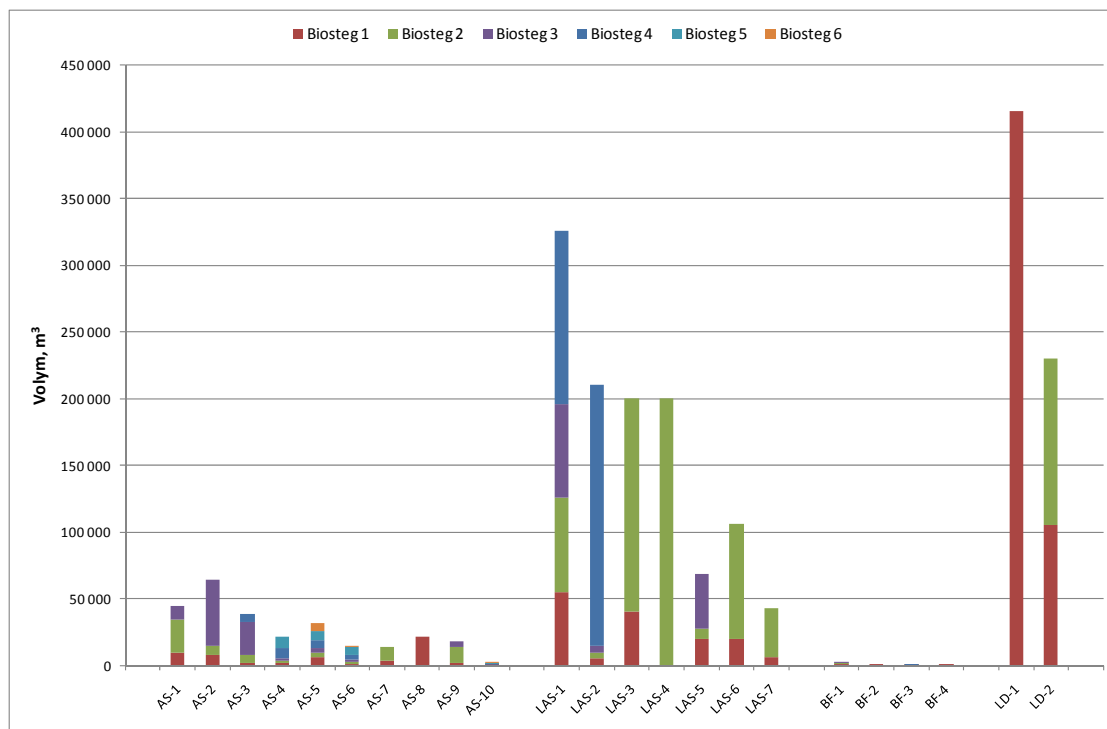
d = driftdygn (använt 350)

Beräknad värmeenergi för varje anläggning har summerats och summan dividerats med 2 för att ta hänsyn till verkningsgraden.

Därutöver finns det en potential att utvinna ytterligare 1 TWh/år värmeenergi ur utgående avloppsvatten efter biorening. Utgående flöde från biorening i samtliga bruk i undersökningen och en temperaturskillnad på 10°C har satts in i formeln ovan. Värmeenergierna för alla anläggningarna har summerats och summan dividerats med 3. Att en lägre ”verkningsgrad” har valts i detta fall beror på antagandet att det kanske är tekniskt/praktiskt något svårare att verkligen ta vara på denna värme på ett kostnadseffektivt sätt i flera anläggningar. Å andra sidan är temperaturen på utgående vatten betydligt högre från de skogsindustriella reningsanläggningarna än från kommunala verk, där värmeutvinning ofta används, så temperaturskillnaden 10°C kan anses lågt räknad.

5.6 Biologiska reningssteg

I Figur 6 visas volymen hos luftade biosteg och för några anläggningar biosteg med enbart omrörning. Med olika färger på staplarna visas volymerna av olika delsteg. Några av anläggningarna har upp till sex olika biologiska steg.

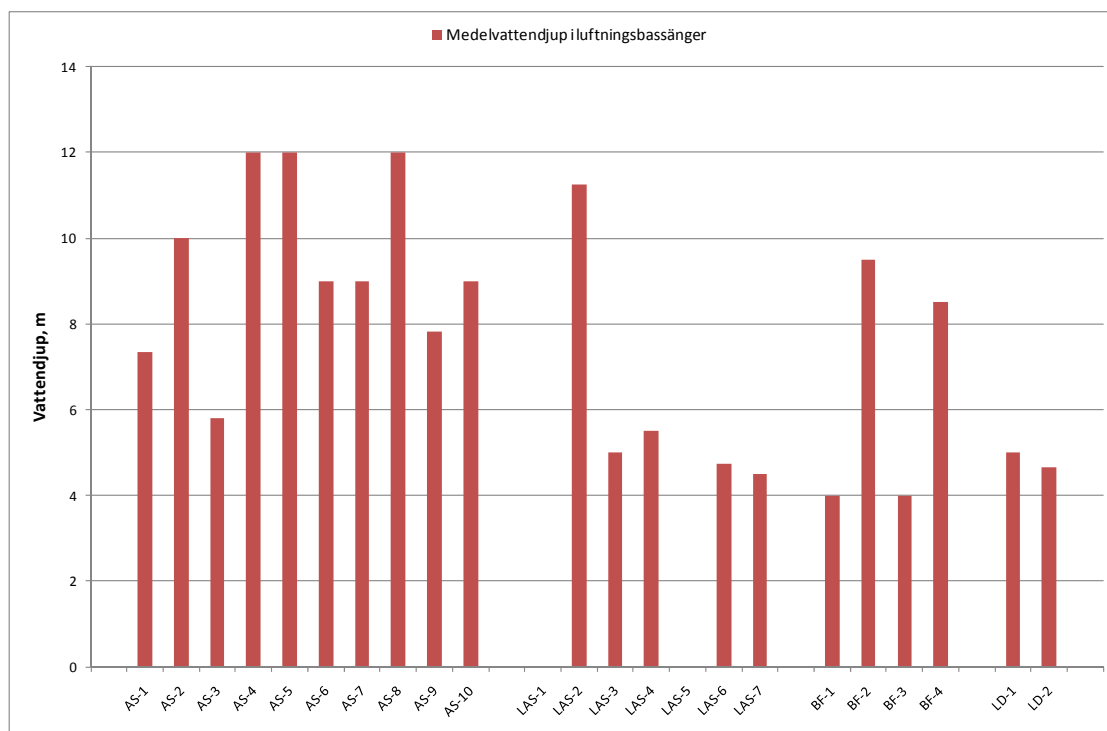


Figur 6. Volym av biosteg i de olika anläggningarna

Figure 6. Volume of biological treatment stages

Volymerna är störst i de luftade dammarna, följt av lågbelastade aktivslamanläggningar och mer traditionellt belastade aktivslamanläggningar. Volymerna i anläggningarna med bara biofilmsteg är för tre av bruken så små att de inte syns i diagrammet.

I Figur 7 visas medelvattendjupet i de olika anläggningarnas biologiska bassänger.



Figur 7. Medelvattendjup i luftningsbassänger vid de olika anläggningarna

Figure 7. Mean water depth in aeration basins

Medeldjupet är större i aktivslamanläggningarna än i de lågbelastade aktivslamanläggningarna, som i många fall är ombyggda luftade dammar, och i de luftade dammarna. För biofilmanläggningarna varierar djupen från 4 m till 9,5 m.

5.7 Luftare

I Tabell 3 redovisas de typer av luftare som används i anläggningarna. Många av anläggningarna har flera olika typer av luftare, ibland beroende på att olika luftarter har passat bäst i olika reningssteg, ibland beroende på att en anläggning har byggts ut i flera omgångar.

Tabell 3. Luftningsutrustning i anläggningarna

Table 3. Aeration equipment in the effluent treatment plants

	Antal bruk
Ytluftare	9
Bottenturbinluftare	11
Bottenmembranluftare/finblåsiga rörsystem	5
Grovblåsiga rörluftare i biofilmsteg	7

5.8 Kompressorer

Av de 23 anläggningarna i studien har 16 kompressorer. Anläggningar med enbart ytluftare behöver inga kompressorer. Sex av anläggningarna har turbokompressorer med höga effekter per installerad enhet. Övriga anläggningar har skruv- eller vridkolvs-kompressorer.

Nästan alla bruk, som har kompressorer har uppgivit att de har möjlighet att reglera en eller flera av kompressorerna. Varvtalsreglering av en eller flera enheter finns på 10 av de 16 anläggningarna med kompressorer. Övriga angivna reglermetoder är ledskenor, ställbara turbinshovlar och strypventil. Eftersom kompressorerna har stora motorer och syresättningen svarar för en mycket stor andel av energiförbrukningen i biologiska reningsverk ligger det en stor energibesparingspotential i att kunna reglera kompressorerna utgående från syrebehov i anläggningen. Detta kräver också god uppföljning av syrenivån i lämpliga positioner.

5.9 Omrörare

I en del av anläggningarna finns biologiska reningssteg, som drivs med låg syrehalt för att få anoxiska förhållanden, ofta med syfte att reducera klorat vid fabriker som bleker med kloridoxid. För att kunna behålla bioflocken i suspension måste dessa steg ha omrörning.

Omrörare installeras också ofta, som komplement till luftare i anläggningar med stora luftningsvolymmer. Luftare ger omrörning i bassänger, men om syresättningsbehovet redan är tillgodosett är det mycket mer energieffektivt att utnyttja omrörare än luftare för omrörning.

Omrörare finns installerade vid 8 av de 23 anläggningarna i studien.

5.10 Erfarenheter av luftare, kompressorer och omrörare

Det är inte så många av bruken som i enkätsvaret har angivit några negativa erfarenheter av sina luftare, kompressorer eller omrörare.

Några bruk har bytt ut botten-turbinluftare mot grovblåst luftarsystem i biofilmsteg för att minska slitage på bärmaterialet. Byte från membranluftare till grovblåst har också skett vid ett bruk i samband med ombyggnad till biofilmsteg.

Ett bruk har bytt luftarmembran av EPDM-gummi till membran av textiltyp, eftersom gummit blev sprött och gick sönder vilket medförde dålig luftfördelning i bassängen.

Några av bruken med ytluftare och botten-turbinluftare uppger att de har mycket stora underhållskostnader, medan andra anger att livslängderna är mycket långa. Något bruk uppger att de haft stora problem med lager och korrosion på botten-turbinluftare. Som

fördel med bottenturbinluftare anger något bruk att enskilda luftare kan stoppas och lyftas upp utan att bassängerna måste tömmas.

Ett bruk har bytt ut en del bottenturbinluftare mot membranluftare och är hittills mycket nöjt. Underhållskostnaderna är hittills mycket lägre för att inga membran har behövt bytas.

5.11 Kemisk rening

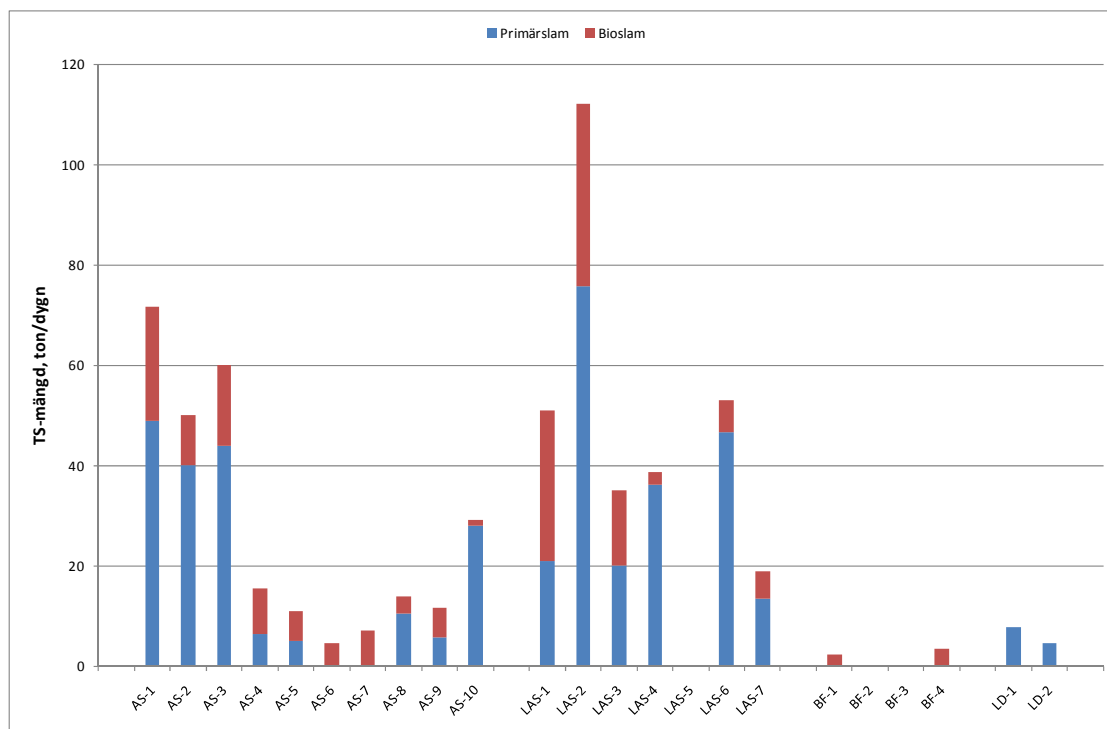
Vid 8 av de 23 anläggningarna finns möjlighet att dosera fällningskemikalier och i ungefär hälften av dessa anläggningar har under senare år kemikalier doserats i sådana mängder att det kan klassas som kemisk fällning. En av anläggningarna har precis kompletterats med kemisk fällning. Två av de åtta anläggningarna har simultanfällning och övriga har efterfällning.

5.12 Övriga reningssteg

Det finns en anläggning, som har ultrafiltrering på ett delavlopp före biologisk rening.

5.13 Slamavvattning

I Figur 8 visas lämnade uppgifter om primär- och bioslammängder. Ofta blandas flera typer av slam före avvattning och det är inte alltid helt lätt att ta fram uppgifter om olika slammängder separat.



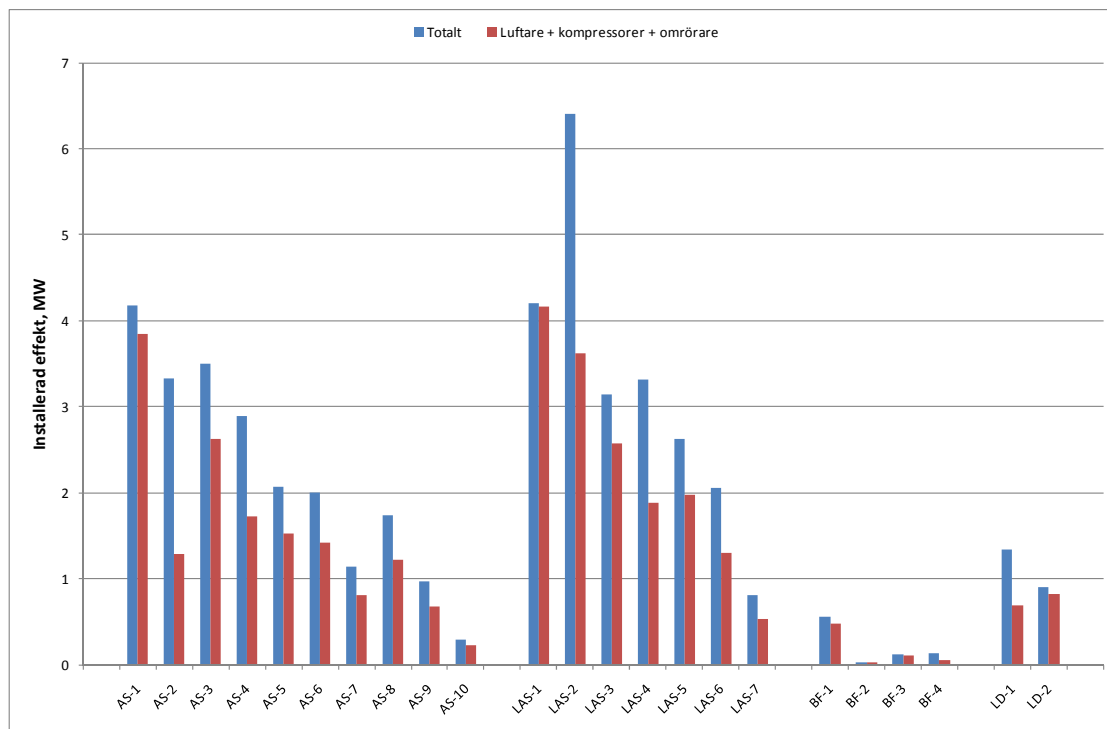
Figur 8. Primär- och bioslammängder

Figure 8. Amounts of primary and secondary sludge

Mängderna producerat slam varierar mycket mellan anläggningarna och också andelen bioslam i förhållande till mängden primärslam. Det är rimligt att anläggningarna till vänster i varje grupp producerar mer slam än anläggningarna till höger, eftersom anläggningarna är ordnade med högst COD-belastning till vänster inom respektive grupp. För tre av bruken finns ingen uppgift om slamproduktion.

5.14 Energianvändning i anläggningarna

I Figur 9 visas totalt installerad effekt respektive installerad effekt för luftning och kompressorer vid de 23 bruken.

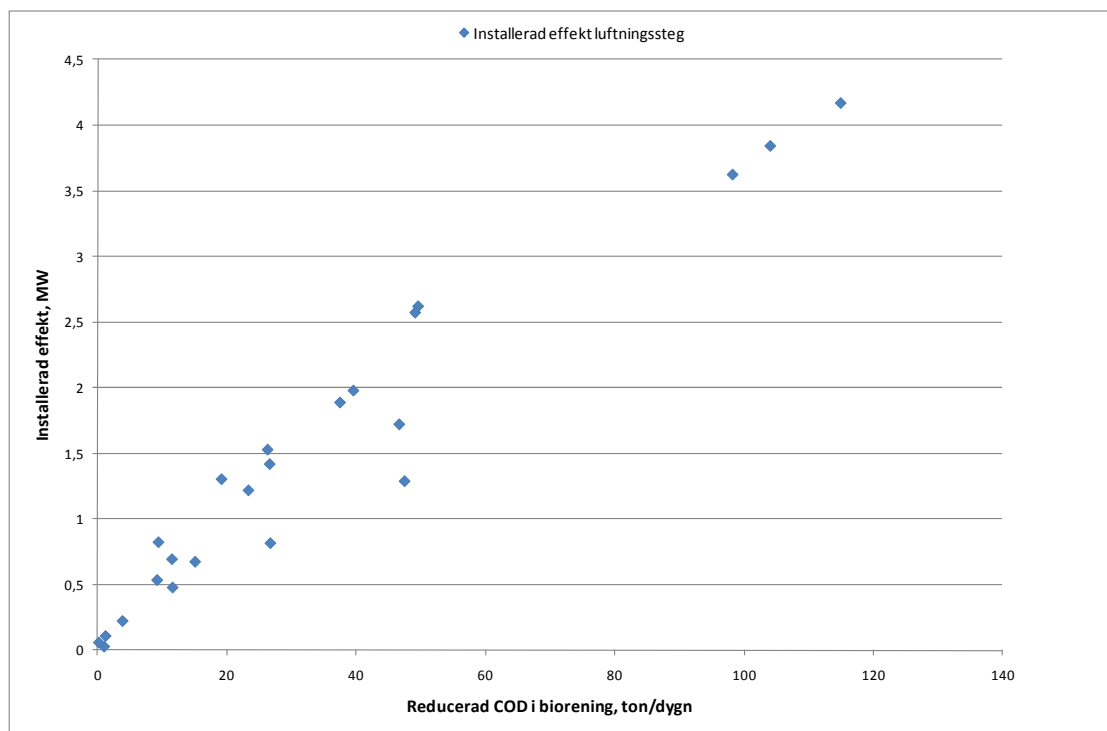


Figur 9. Installerad effekt totalt och installerad effekt i luftning och kompressorer

Figure 9. Total installed power and power installed in aerators and compressors

Sammanlagt uppgick den totalt installerade effekten i dessa anläggningar till 48 MW varav 34 MW utgjordes av apparatur för luftning av avloppsvattnet.

I Figur 10 visas installerad effekt i luftningsstegen i relation till reducerad mängd COD.

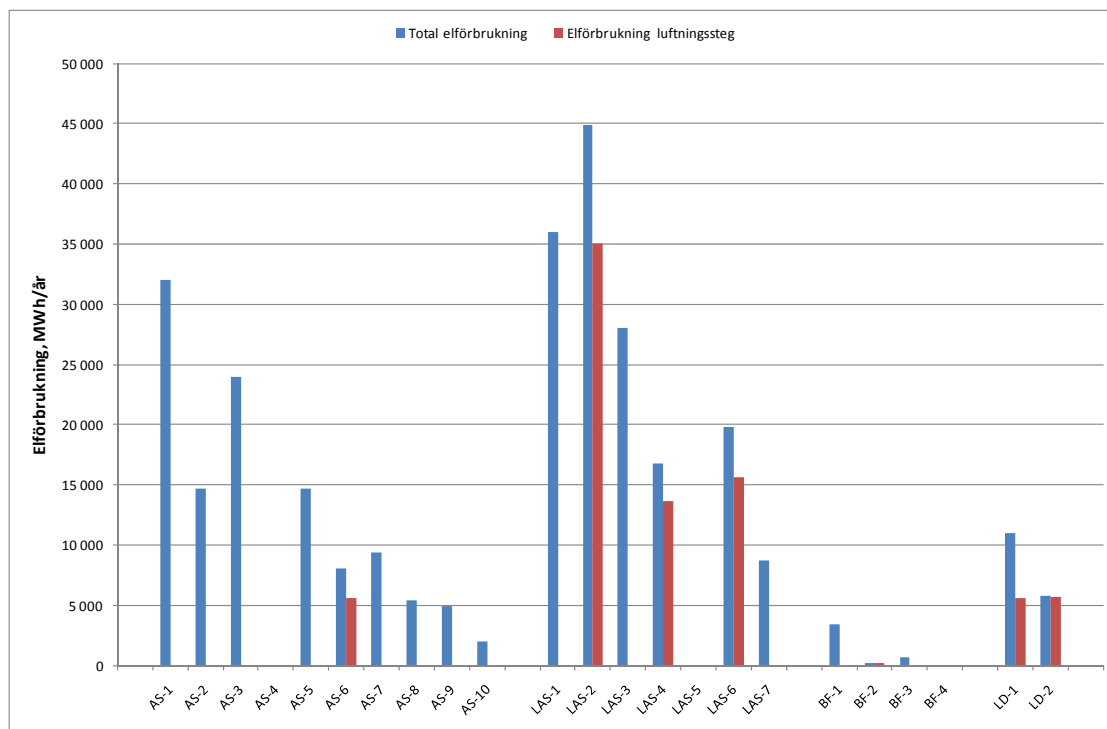


Figur 10. Installerad effekt för luftning som funktion av reducerad COD

Figure 10. Installed power in aerators and compressors as a function of COD reduced

Av figuren framgår att det är ett nära linjärt samband installerad effekt i luftningsstegen och reducerad COD-mängd, men att de största anläggningarna har något lägre effekt per reducerad mängd COD, vilket diskuteras vidare längre fram.

I Figur 11 visas total elförbrukning och elförbrukning för luftning och kompressorer för de fall där uppgifter har lämnats.



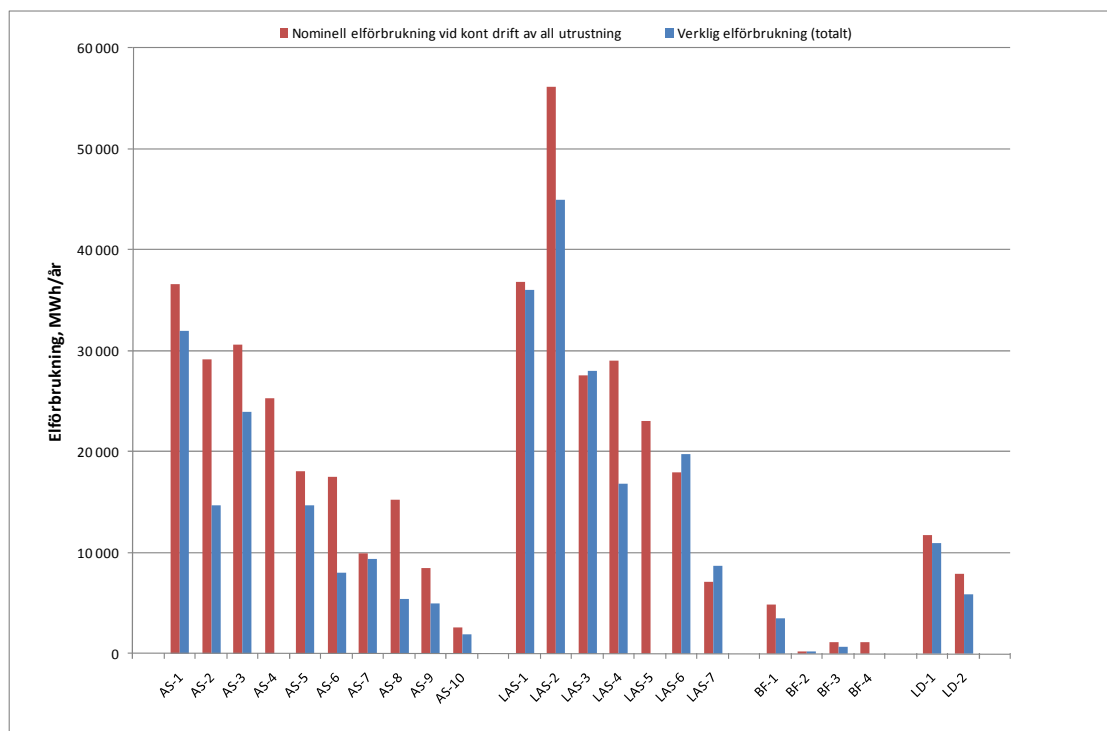
Figur 11. Total elförbrukning och elförbrukning för luftning och kompressorer

Figure 11. Total electricity consumption and electricity consumption for aerators and compressors

Den totala elförbrukningen vid de 19 fabriker som lämnat uppgifter på detta uppgår till 291 GWh/år (291 000 MWh/år).

Det är inte många anläggningar som har lämnat uppgifter på elförbrukning för luftning. Från de anläggningar där båda uppgifterna har lämnats kan konstateras att elförbrukning för luftning och kompressorer svarar för 80 % av den totala elförbrukningen. Detta överensstämmer relativt väl med förhållandet i diagrammet för installerade effekter, Figur 9.

I Figur 12 visas beräknad maximal elförbrukning vid kontinuerlig drift av all utrustning vid nominell effekt och verklig total elförbrukning för de deltagande bruken.



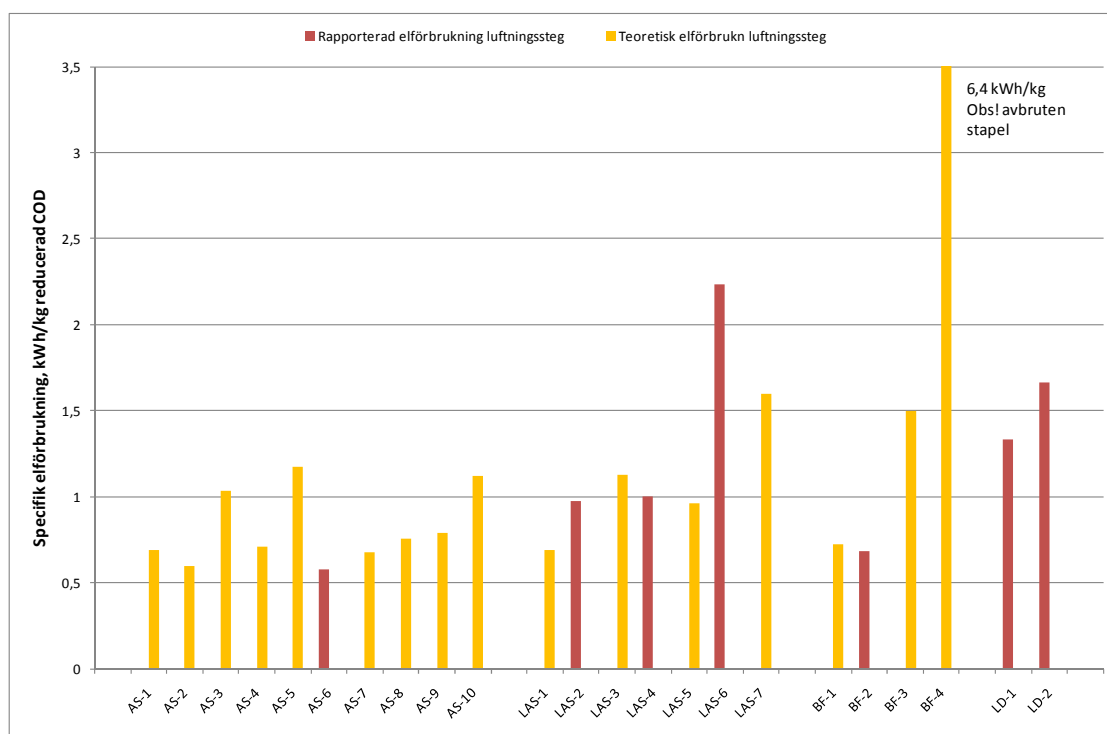
Figur 12. Maximal nominell elförbrukning och verklig elförbrukning

Figure 12. Maximum nominal electricity consumption and actual electricity consumption

I genomsnitt uppgår den verkliga elförbrukningen till 79 % av det maximalt nominella värdet.

Vid några bruk överstiger den uppmätta verkliga elförbrukningen den maximalt nominella. Samtliga dessa bruk har ytluftare och för denna typ av luftare har det visat sig att totala elförbrukningen i kablar och motorer ibland överskrider märkeffekten för motorerna.

I Figur 13 visas specifik elförbrukning för luftare och kompressorer per kg reducerat COD i de olika anläggningarna. Eftersom inte uppmätta värden angivits från så många anläggningar har elförbrukning för resterande bruk beräknats som medelvärdet av 80 % av total elförbrukning i anläggningen och 80 % av elförbrukning vid kontinuerlig drift av alla luftare och kompressorer. De röda staplarna är uppmätta elförbrukningar och de orangefärgade staplarna är beräknade förbrukningar.

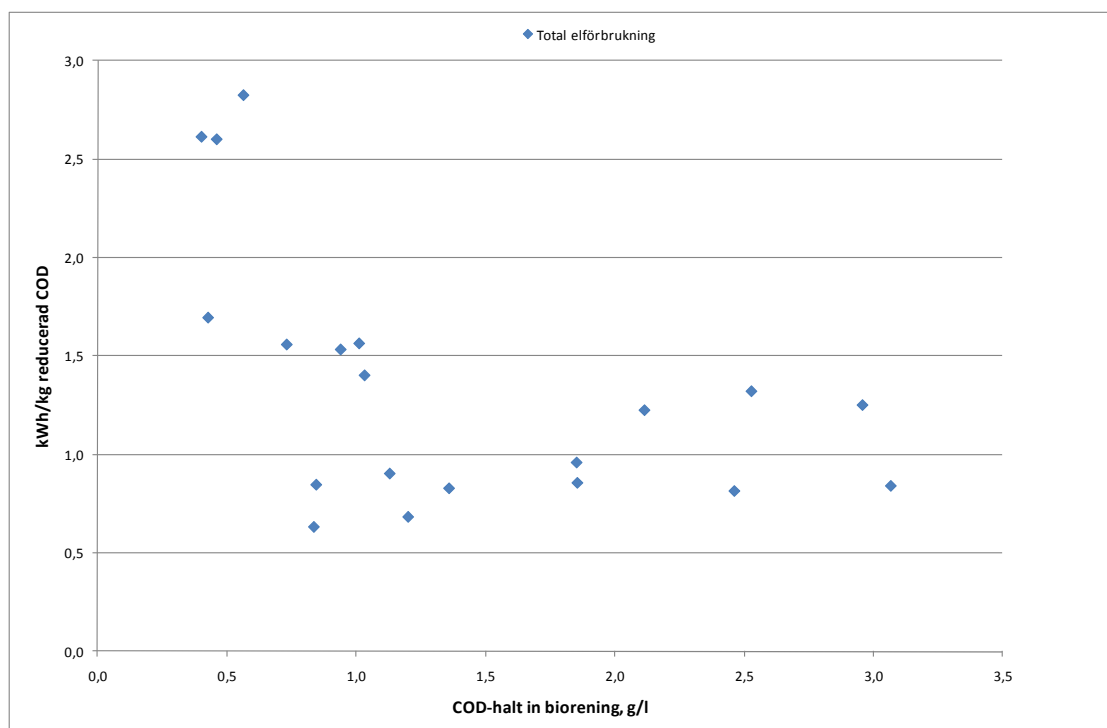


Figur 13. Specifik elförbrukning för luftare och kompressorer per kg reducerad COD

Figure 13. Specific electricity consumption for aerators and compressors per amount of reduced COD

Specifik elförbrukning är hög i luftade dammar och i några av de lågbelastade aktivslamanläggningarna. Dessa anläggningar är försedda med ytluftare som drivs kontinuerligt. Biofilmanläggningarna drivs med väldigt olika driftstrategi och i ett par av dessa anläggningar är också specifik elförbrukningen hög. För de flesta aktivslamanläggningarna och lågbelastade aktivslamanläggningarna ligger den specifika elförbrukningen för luftning inom intervallet 0,7-1,2 kWh/kg reducerad COD (med viss reservation för vårt sätt att teoretiskt beräkna förbrukningen). En anläggning ligger avsevärt högre än de andra beroende på speciellt driftsätt för att nå låga närsaltutsläpp.

Det är mer energieffektivt att behandla koncentrerade avloppsvatten än utspädda avloppsvatten. I Figur 14 visas specifika energiförbrukningen för hela anläggningen i kWh per kg reducerad COD som funktion av ingående COD-halt i g/l.

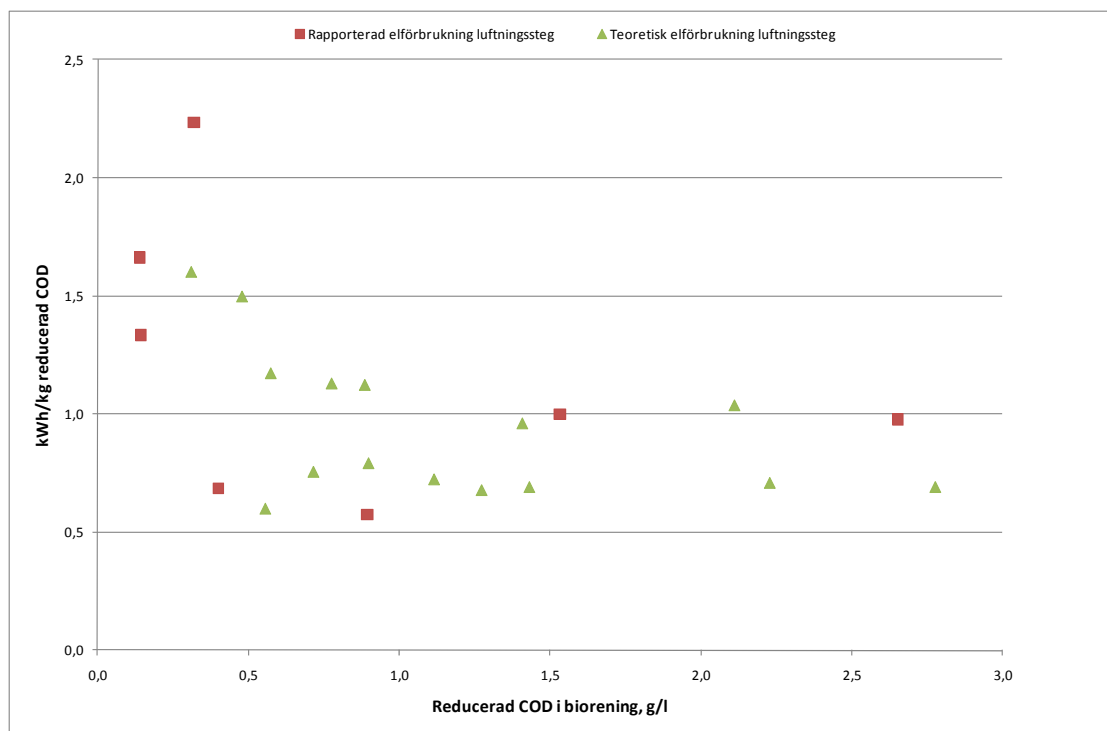


Figur 14. Specifik total energiförbrukning som funktion av ingående COD-halt

Figure 14. Specific total energy consumption as a function of inlet COD concentration

Vid inkommande halter över ca 1 g/l är den totala energiförbrukningen inte längre koncentrationsberoende och varierar kring ett medelvärde av ca 1 kWh/kg reducerad COD. Vid lägre halter (ca 0,5 g/l) är den totala energiförbrukningen avsevärt högre.

I Figur 15 visas specifik energiförbrukning i luftningsstegen som funktion av halten nerbrutet material (beräknat som ingående COD-halt minus utgående COD-halt). Eftersom inte uppgifter på energiförbrukning finns från så många anläggningar har energiförbrukningen för resterande anläggningar beräknats genom att ta medelvärde av 80 % av den totala energiförbrukningen och 80 % av energiförbrukningen vid kontinuerlig drift av alla luftare (på samma sätt som i Figur 13).

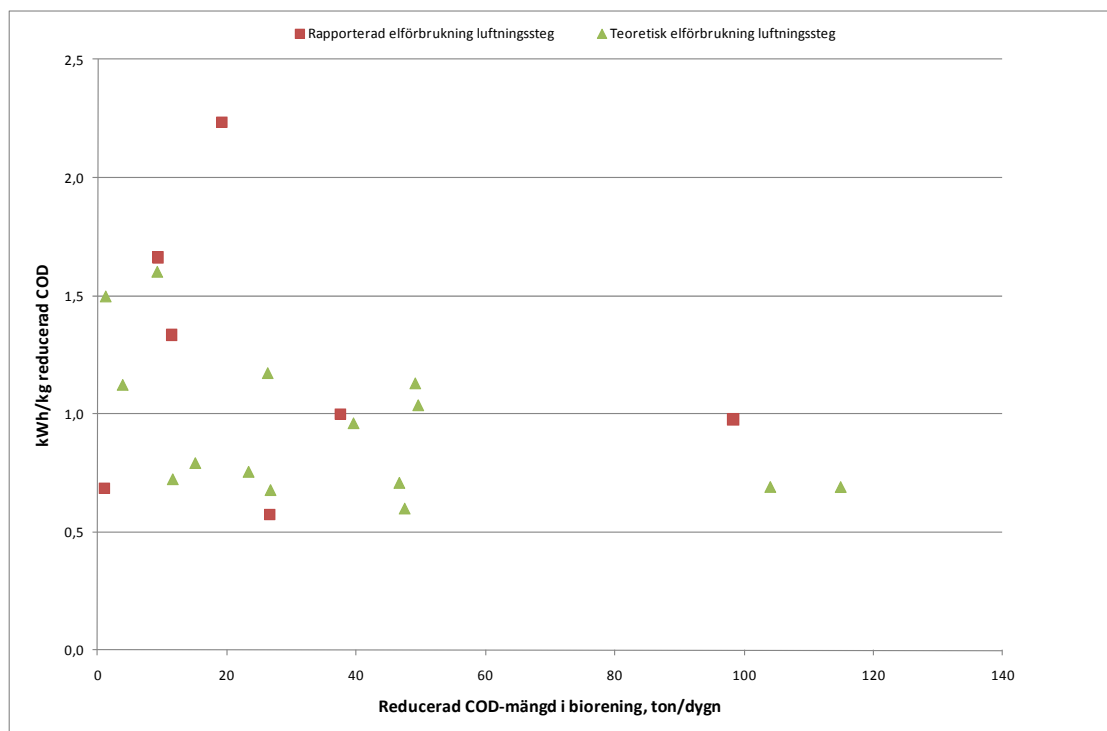


Figur 15. Specifik energiförbrukning i luftningssteg som funktion av nerbruten halt COD

Figure 15. Specific energy consumption in aeration stages as a function of the concentration of COD removed

För de anläggningar där den nerbrutna halten COD ligger inom intervallet 0,7 – 2,8 g/l uppgår den specifika energiförbrukningen i luftningsstegen till i genomsnitt 0,8 kWh/kg reducerad COD. Vid lägre halter nerbruten COD, < 0,5 g/l, är den avsevärt högre. Därutöver kan det noteras att spridningen hos den specifika energiförbrukningen vid en given halt återspeglar skillnader i anläggningens storlek (se även Figur 16), vattendjup (se även Figur 19), styrstrategi för syre (se även Figur 20 och Figur 21) m.m.

I Figur 16 visas specifik energiförbrukning i luftningsstegen som funktion av mängd nerbrutet material (uttryckt som reducerad mängd COD).

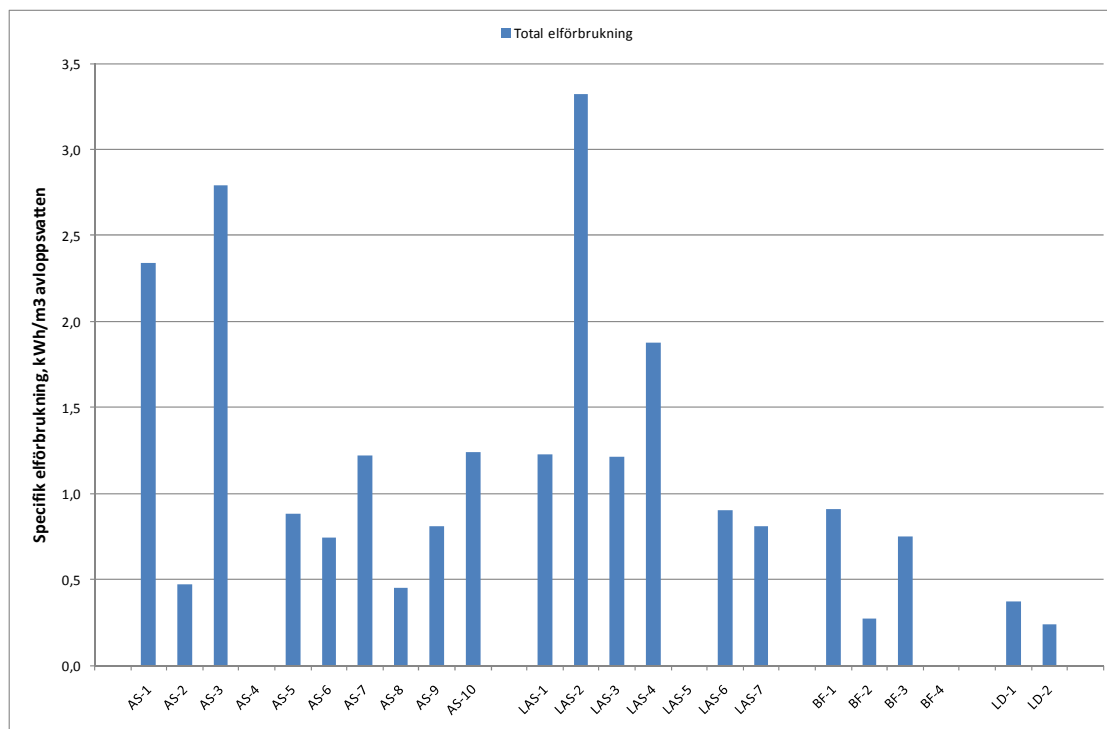


Figur 16. Specifik energiförbrukning i luftningssteg som funktion av nerbruten mängd COD

Figure 16. Specific energy consumption in aeration stages as a function of COD removed

För stora anläggningar med nerbruten mängd COD inom intervallet 25 – 115 ton/dygn uppgår den specifika energiförbrukningen i luftningsstegen till i genomsnitt 0,8 kWh/kg reducerad COD. Vid lägre mängder nerbruten COD, < 20 ton/dygn, är den avsevärt högre. Detta tyder på att i de större anläggningarna har mer långtgående optimering av processerna ur energisynpunkt skett, även om det också finns effektiva små anläggningar.

I Figur 17 visas specifik total elförbrukning per volym behandlat avloppsvatten för de anläggningar där data finns tillgängligt.

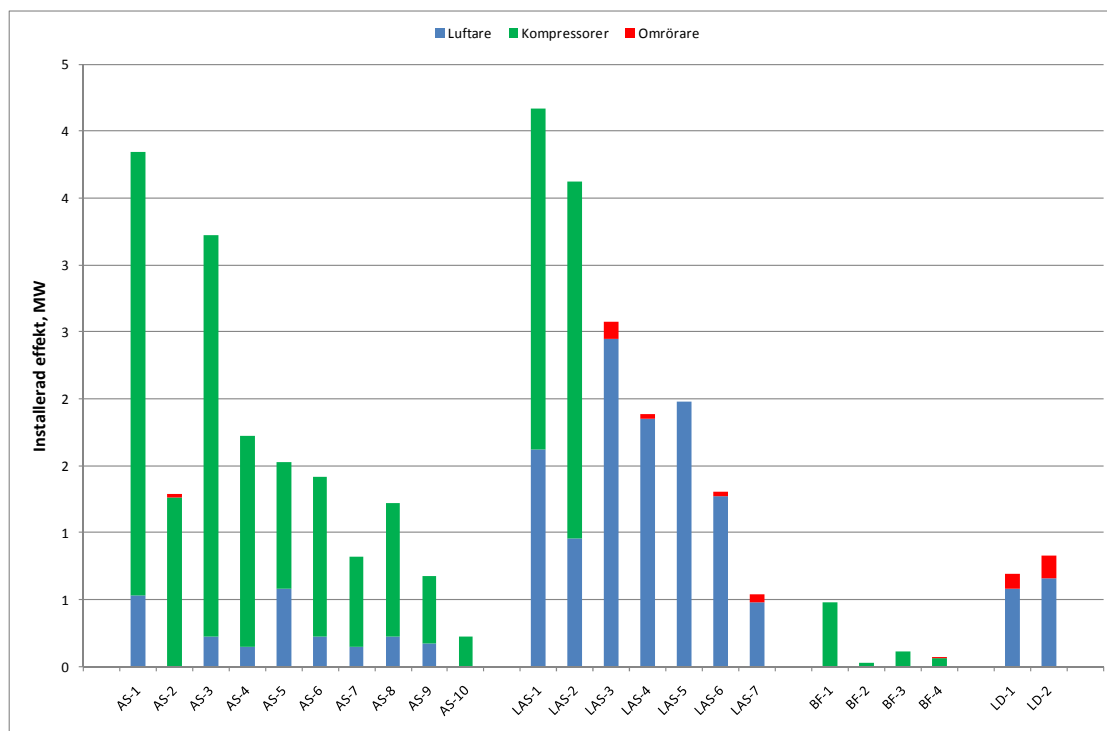


Figur 17. Specifik energiförbrukning per m³ behandlat avloppsvatten

Figure 17. Specific energy consumption per m³ of treated effluent

För de flesta bruken ligger den specifika energiförbrukningen under 1,3 kWh/m³ avloppsvatten.

I Figur 18 visas den sammanlagt installerade effekten för luftare, kompressorer och omrörare i de olika anläggningarna.



Figur 18. Installerad effekt i luftare, kompressorer och omrörare

Figure 18. Installed power in aerators, compressors and agitators

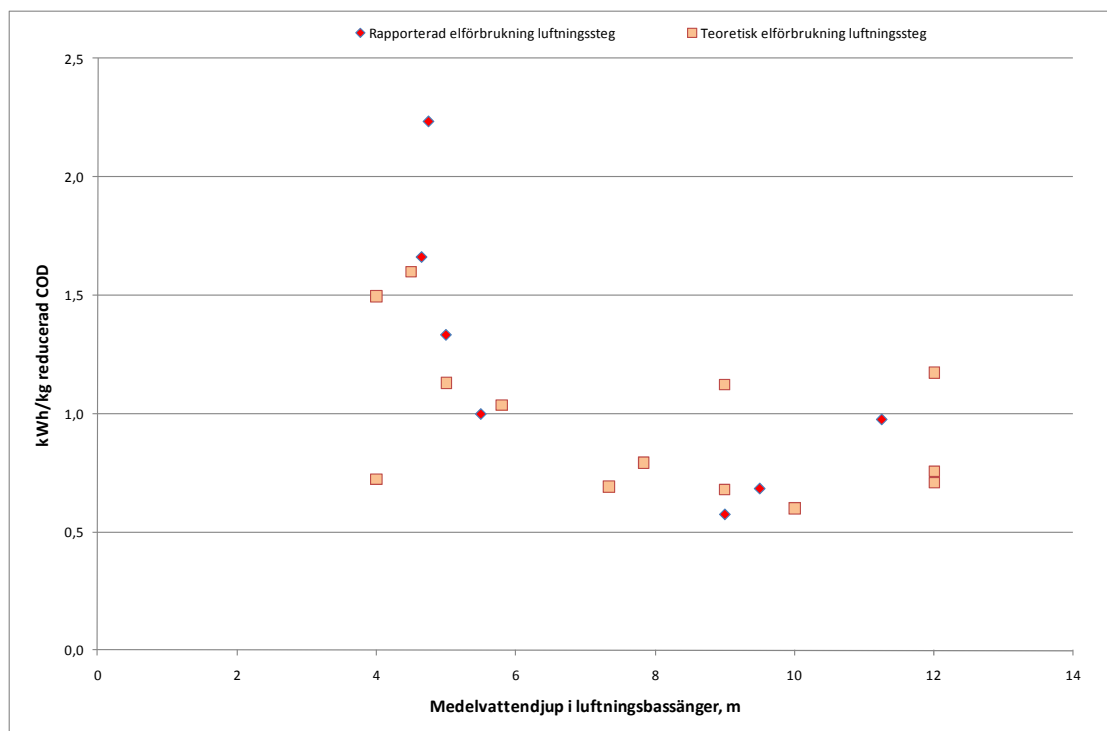
Installerad effekt i biofilmanläggningarna är låg eller mycket låg jämfört med övriga anläggningar, men dessa anläggningar är också relativt små jämfört med de flesta övriga i studien.

Installerad effekt i luftade dammar är också relativt låg, men denna reningsmetod ger inte heller lika höga reningseffekter.

För aktivslamanläggningar och lågbelastade aktivslamanläggningar är spännvidden mellan lägst och högst installerad effekt ungefär lika, med en tendens till högre installerade effekter i de lågbelastade anläggningarna. Ett flertal av de lågbelastade anläggningarna har ytluftare, som normalt har lägre energieffektivitet än bottenluftarsystem.

Verkningsgraden för syresättning vid bottenluftarsystem ökar också med bassängdjupet på grund av att luftbubblorna får längre kontakttid med vattnet och därmed ges ökad möjlighet till syretransport vid djupare bassänger. Detta gäller vid bassängdjup upp till ca 10 m, vid djupare bassänger överväger energiåtgång för att övervinna vattenpelaren vid luftinblåsningen.

I Figur 19 visas specifik energiförbrukning för luftning (luftning och kompressorer) per kg reducerad COD som funktion av medelvattendjup i bassängerna. Analogt med Figur 15 och Figur 16 har energiförbrukningen för en del anläggningar beräknats genom att ta medelvärde av 80 % av den totala energiförbrukningen och 80 % av energiförbrukningen vid kontinuerlig drift av alla luftare.

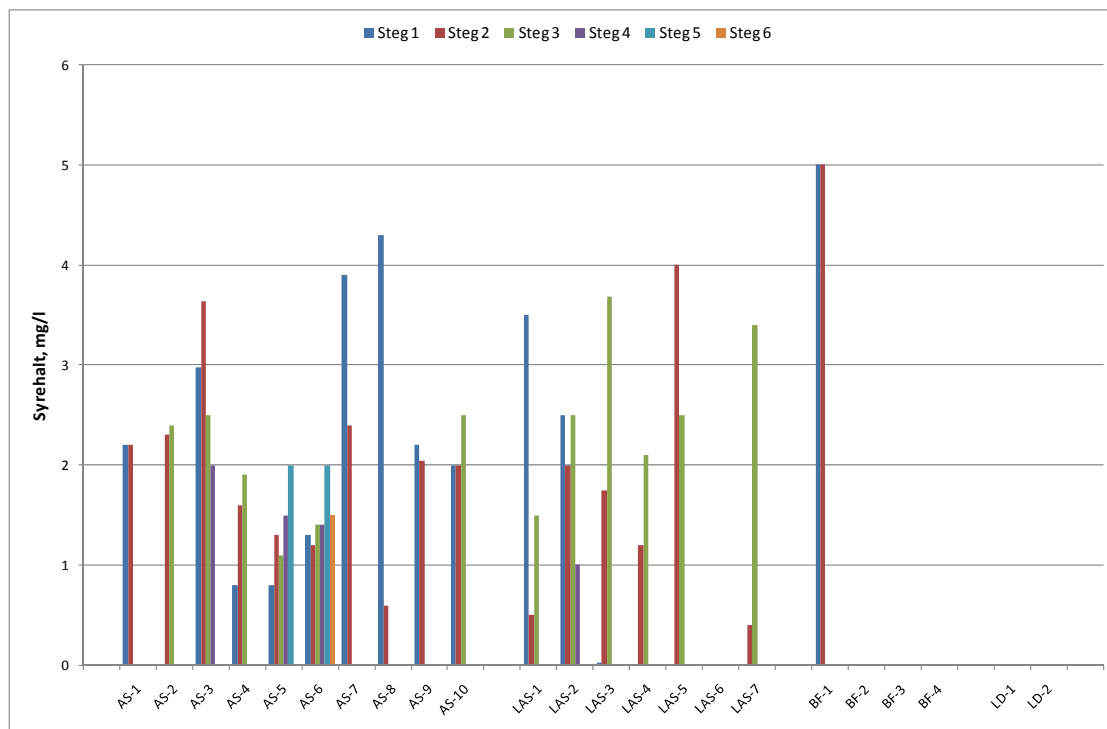


Figur 19. Energiförbrukning för luftning som funktion av vattendjup i luftningsbassänger

Figure 19. Energy consumption for aeration as a function of water depth in aeration basins

Det framgår tydligt att den specifika energikonsumtionen är högre vid grunda bassänger.

Energiåtgången i luftningen beror också på vilken syrehalt som eftersträvas. I Figur 20 visas syrehalt vid första mätgivare i varje delsteg i de olika anläggningarna. I en del anläggningar finns flera syrehaltsmätare i varje delsteg och det visade diagrammet ger därför ingen total bild av driftfilosofier kring luftning och syrehalter vid de olika bruken.



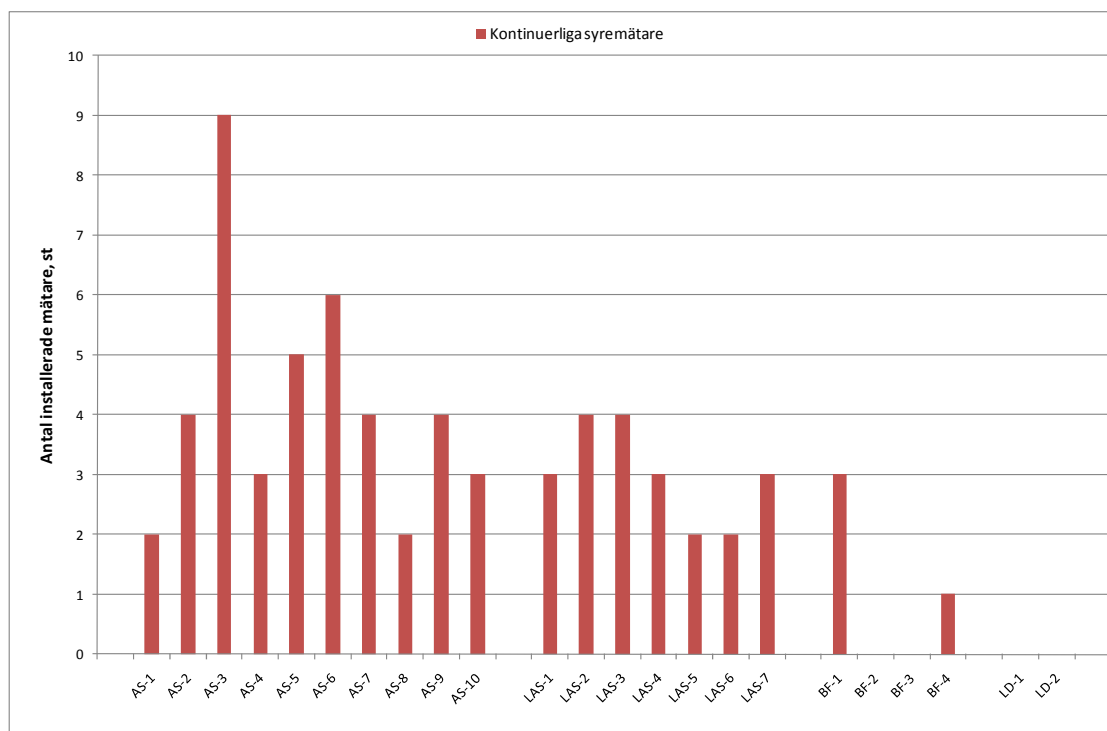
Figur 20. Syrehalt i olika delsteg

Figure 20. Dissolved oxygen concentrations in aeration stages

Variationerna mellan anläggningarna är stora, men det går att läsa ut att en medelsyrehalt kring 1,5 - 2,5 mg/l är vanlig vid de flesta bruken och det överensstämmer också med vad som brukar rekommenderas för att få en optimal aerob nedbrytning av organiskt material.

Det finns inte data från mer än en av biofilmanläggningarna, men dessa drivs normalt med högre syrehalter än aktivslamanläggningar och luftade dammar. I biofilmsteg rekommenderas ofta syrehalter av 4-6 mg/l. En viss miniminivå på luftinblåsning krävs för att tillfredsställa omrörningsbehovet.

I Figur 21 visas antalet kontinuerliga syremätare i de olika anläggningarna.



Figur 21. Antal kontinuerliga syremätare i anläggningarna

Figure 21. Number of online oxygen meters in the effluent treatment plants

I en del anläggningar finns flera syremätare i varje biologiskt delsteg och i andra anläggningar finns bara ett par syremätare totalt. En god uppföljning av syrehalten i varje delsteg är mycket viktigt för att driva anläggningarna energieffektivt. Det är också viktigt att instrumenten är välkalibrerade och visar tillförlitliga värden.

5.15 Slamproduktion och slamhantering

En potentiell energiresurs i reningsanläggningar är det slam som produceras. Vid alla reningssteg för avloppsvatten uppkommer större eller mindre mängder fast material i form av primär-, bio- och/eller kemslam, som måste omhändertas. På grund av att det numera är förbjudet att deponera organiskt material används detta slam i de flesta fall i förbränningsprocesser eller som jordförbättringsmaterial, fyllnads- eller täckmassor. För att erhålla ett positivt bränslevärde vid förbränning är det viktigt att så hög torrhalt som möjligt kan erhållas vid avvattnings. Vissa slamtyper lämpar sig även för kompostering eller rötning och det finns även potential att använda skogsindustriella slam för biogasproduktion, en sedan länge väl etablerad teknik för slam från kommunala reningsverk.

I Tabell 4 visas de typer av avvattningsutrustning som används vid de studerade anläggningarna. Föravvattningsutrustning förekommer vid många bruk, men har inte tagits

med i denna tabell. Vid ett antal bruk finns flera olika typer av avvattningsutrustning (ofta för olika slamtyper).

Tabell 4. Utrustning för slamavvattning i anläggningarna

Table 4. Equipment for sludge dewatering in the effluent treatment plants

	Antal bruk
Silbandpress	10
Skruvpress	9
Centrifug	10
Övriga ¹⁾	3

1) Bland övriga avvattningsutrustningar finns skivfilter, roterande fläktpress och valspress

Vid de deltagande bruken är avvattning med silbandpress, skruvpress och centrifug lika vanligt förekommande.

Vid de studerade anläggningarna produceras storleksordningen 450 t TS/d primärslam, som genomsnittligt kan avvattnas till en torrhalt av minst 35 %. Producerad bioslammängd vid anläggningarna är av storleksordningen 200 t TS/d, som genomsnittligt kan avvattnas till en torrhalt av 15 %. Det bör påpekas att det ibland är relativt svårt att mäta producerade slammängder på ett korrekt sätt och i några fall har en beräkning gjorts av bioslammängd utgående från nerbruten mängd organiskt material. I bioslammängden kan också i vissa fall ingå en icke försumbar mängd ingående suspenderat material från primär rening.

Drygt 70 % av producerad slammängd (primär- och bioslam) vid bruken, ca 500 t TS/d, förbränns i fastbränslepanna eller sodapanna. Genomsnittlig torrhalt på detta slam är 27 %. En del av detta utgörs av bioslam som via indunstningen tas in i sodapannan efter avvattning till en torrhalt av storleksordningen 10 %. Det slam som går till förbränning i fastbränslepannor, ofta barkpannor, avvattnas till så hög torrhalt som möjligt. Om värmevärdet 15 MJ/kg TS används för det slam som idag går till förbränning blir det sammanlagda värmevärdet för bruken i undersökningen ca 750 MWh/d. Det slam som inte går till förbränning, ca 150 t TS/d, har en genomsnittlig torrhalt av ca 25 % och ett sammanlagt värmevärde av ca 200 MWh/d. Skillnaden i torrhalt mellan det slam, som går till förbränning och det slam som används för andra ändamål är liten. En delförklaring kan vara den låga torrhalten hos bioslam som förbränns i sodapannor.

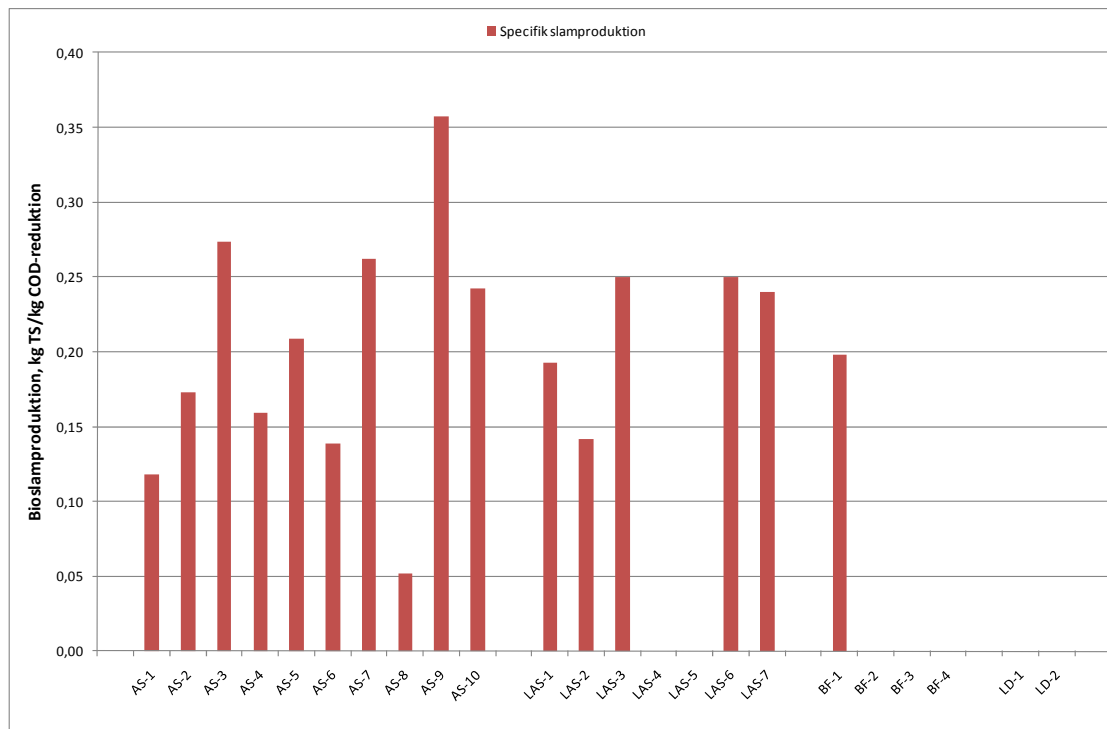
I Tabell 5 visas slutanvändning av slammet vid bruken. Många bruk har olika slutanvändning för primär- och bioslam och vid några bruk finns olika alternativa användningsområden.

Tabell 5. Slutlig slam användning vid de olika anläggningarna

Table 5. Final sludge use in the different mills

	Antal bruk
Förbränning i fastbränslepanna	12
Förbränning i sodapanna (bioslam)	2
Täckmaterial, jordförbättring, kompost eller deponi	9
Försäljning till fluting eller liknande (fiberslam)	2

I Figur 22 visas specifik bioslamproduktion (kg nettoproducerat bioslam/kg reducerad COD) för de anläggningar, där material för beräkning har funnits tillgängligt. Med nettoproducerat bioslam avses mängd biologiskt överskottsslam korregerat för in- och utgående SÄ-mängd till och från biosteget.



Figur 22. Bioslamproduktion som funktion av reducerad COD

Figure 22. Biological sludge production as a function of the amount of COD reduced

Den specifika slamproduktionen varierar inom ett relativt stort intervall, 0,05 – 0,35 kg TS per kg reducerad COD, beroende på skillnader i anläggningarnas utformning och driftsätt. I nya anläggningar eller nyligen ombyggda anläggningar har ofta strävan varit att minimera slamproduktionen för att underlätta slutdisponeringen (ofta eldning) av slammet. Ur energibesparingssynpunkt kan det dock vara tveksamt om detta är en optimal strategi eftersom det innebär att en större andel av den COD som skall avlägsnas i reningsanläggningen måste oxideras bort istället för att tas ut som överskottsslam.

Som exempel kan tas en anläggning med slamproduktionen 0,1 kg/kg COD-red. Det uttagna bioslammet i den anläggningen motsvarar ca 12 % av den tillförda COD-mängden, vilket innebär att 88 % av den COD-mängd som avskiljs måste oxideras bort i luftningen. Om slamproduktionen istället skulle uppgå till 0,3 kg/kg COD-red motsvarar slammets COD-innehåll ca 36 % av den avskilda COD-mängden. Den COD-andel som måste oxideras bort skulle därigenom minska från ca 88 % till ca 64 %. Den ökade slamproduktionen skulle i detta exempel innebära en minskad elförbrukning för luftning med storleksordningen 25 – 30 %. Denna teoretiskt beräknade minskning av luftningsbehovet måste dock värderas mot konsekvenserna av en ökad slammängd till slamhanteringen och inverkan på driftstabilitet, tillåtna utsläpp av suspenderat material, närsal-

ter m.m. och hur slutdisponeringen av slammet sker. Om t.ex. slammet kan rötas kan det ge ett visst positivt bidrag i form av biogas.

Det bör noteras att den teoretiska inverkan som slamproduktionen borde ha på energiförbrukningen i luftningsstegen inte kan verifieras av rapporterade data från bruken. En tolkning är att betydelsen av slamproduktionen överskuggas av de effekter som diskuteras tidigare (ingående koncentration, anläggningens storlek, vattendjup och styrstrategi för syre).

5.16 Kemikalieanvändning

I reningsanläggning och slamhantering används och behövs olika kemikalier för att processerna ska fungera. Användning av kemikalier innebär på olika sätt direkt eller indirekt energiförbrukning (på bruket eller annan plats) vid förbehandling och dosering, transporter och tillverkning. I Tabell 6 redovisas total mängd använda kemikalier för bruken i enkäten uttryckt som ton per år och som kg per ton massa (eller papper för bruk utan egen massatillverkning).

För polymer och järnsulfat används produktionen vid alla bruk som använder någon av dessa kemikalier för att beräkna den specifika siffran. Dessa kemikalier används i försedimentering, kemisk rening och/eller slamavvattning. AVR eller aluminiumsulfat används bara vid kemisk fällning (bland bruken som svarat på enkäten) och den specifika siffran är där angiven som ett medeltal för de bruk där detta används.

Kväve doseras i form av urea, ammoniak och olika typer av gödningsmedel (som ibland innehåller både kväve och fosfor). Fosfor doseras i form av fosforsyra eller olika typer av gödningsmedel. Doserade kemikaliemängder har räknats om till mängder kväve och fosfor som doserats. Specifika siffror är beräknade med total produktion vid de bruk som har närsaltdosering.

Tabell 6. Total kemikalieförbrukning vid bruken

Table 6. Total amount of chemicals consumed in the different mills

	t/år	kg/ton massa ¹⁾
Polymer (försedimentering, kemisk rening, slamavvattning)	1 380	0.19
Järnsulfat (kemisk rening, slamavvattning)	7 250	1.0
AVR, aluminiumsulfat (kemisk rening)	8 200	6.3 ²⁾
Kvävedosering (mängd N)	3 500	0.46
Fosfordosering (mängd P)	350	0.05

1) De specifika mängderna har beräknats per ton massa utom för bruk utan egen massatillverkning, där pappersproduktionen har använts

2) Räknat på produktion vid bruk som använder AVR eller aluminiumsulfat

6 Slutsatser

För att få rapporten mer överskådlig ges kommentarer och en del slutsatser i anslutning till diagram och tabeller i Avsnitt 5. I detta avsnitt sammanfattas kortfattat några mer övergripande slutsatser.

Skogsindustrin i Sverige har sedan lång tid arbetat med interna åtgärder för att optimera processen med avseende på resursanvändning (råvaror, energi, kemikalier etc.) och minimera utsläpp till vatten och luft. Denna typ av arbete bör även fortsättningsvis ges hög prioritet eftersom interna åtgärder har stor potential för energieffektivisering. Exempel på åtgärder är behandling av delströmmar, separering av avlopp, membranbehandling och återföring av vissa delavlopp. Om t.ex. COD och flöde kan minskas med 10 % beräknas det ge en besparing på totalt ca 30 GWh/år för de 23 anläggningar som deltagit i studien.

Vid val av utrustning förefaller det inte finnas så stor energieffektiviseringspotential för de flesta bruken, pumpar och kompressorer är oftast varvtalsreglerade. Ytluftare är inte så energioptimalt, men kan vara enda lösningen i grunda dammar med botten som inte är anpassad till annan luftningsteknik. En viss sparpotential, upp till 6 GWh/år, kan finnas genom byte av några ytluftare mot omrörare i zoner med låg syreförbrukning.

Det är viktigt att mäta energiförbrukning i olika positioner. Här har det varit svårt att få fram underlag från enkätsvaren, så det förefaller som bruken inte gör några mätningar eller i vart fall inte följer upp dessa aktivt. Genom att göra mätningar och kartlägga hur mycket energi som förbrukas i olika positioner borde det finnas en besparingspotential.

På grund av förbud mot deponering och höga kostnader för många andra metoder att slutligt omhänderta slammet har strävan under ett antal år varit att minimera slamproduktionen. En låg slamproduktion kan åstadkommas genom att reningen drivs så att en stor andel av slammet oxideras i slutet av reningsprocessen. Detta kräver energi eftersom syrehalterna måste vara höga i slutet av processen. Om en optimering ska göras mot energisnåla processer är det möjligt att processen ska drivas vid en något högre nivå på slamproduktion. Exakt hur detta kan genomföras måste bestämmas vid varje enskilt bruk och är beroende av bland annat reningsprocess och utsläppskrav för olika parametrar samt slutligt omhändertagande av slammet.

Bättre styrning av luftningen genom bättre utnyttjande av mätare och/eller komplettering med nya syremätare samt bättre möjligheter att reglera lufttillförseln optimalt till olika delar av anläggning borde kunna ge energibesparingar vid flera bruk. I positioner där syresättningen är onödigt hög, men omrörningen är kritisk bör komplettering med eller utbyte mot omrörare övervägas.

Detta projekt och denna rapport är primärt inriktat på besparingspotentialer beträffande el. Det känns dock intressant att även lyfta fram att det finns en stor energipotential för värme- eller energiutvinning ur avlopp både före och efter rening. Teknik finns bland annat att göra el av denna spillvärme.

7 Jämförelser med de kommunala verkens situation

Svenskt Vattens projekt om energieffektivisering i kommunala verk kommer att följas fortlöpande även i följande del av detta projekt för att tillvarata goda idéer och erfarenheter. Vissa frågeställningar, framför allt när det gäller effektivisering och optimering av luftning är gemensamma för kommunala verk och skogsindustrins reningsverk. Nyheter när det gäller utrustning är också mestadels lika intressanta för båda typerna av anläggningar.

Det finns också ett antal skillnader, som förtjänar att nämnas.

Av rapporter från Svenskt Vattens projekt å ena sidan och enkätsvar och andra erfarenheter från de svenska bruken bedöms att det finns en större potential för energibesparing i pumpsteg på kommunala verk. De flesta bruken i vår studie har redan genomfört energieffektiviserande åtgärder och dessutom svarar pumpning för en mindre del av elanvändningen i de skogsindustriella anläggningarna.

På de kommunala verken används ca 25 % av förbrukad el för luftning av avloppsvatten. I de undersökta bruken ligger motsvarande siffra på ca 80 %. Denna siffra för industriella reningsanläggningar överensstämmer väl med siffror, som togs fram i liknande enkät i samband med ÅForsk-uppdrag om energieffektivisering i industriella reningsanläggningar 1998 [1]. I förbrukningssiffrorna för de kommunala verken ingår ventilation, belysning och uppvärmning för kontorslokaler och för verk i berg rum ventilation och belysning av dessa, vilket gör att direkt jämförelse av de två enkätstudierna troligen inte är helt rättvisande.

På de kommunala verken rör en stor del av de föreslagna insatserna rötning och gasproduktion. Rötning av slam görs inte idag vid de skogsindustriella verken, men forskning och utveckling pågår inom detta område. Det känns dock för tidigt att uttala sig om hur stor potential och möjlig energibesparing det skulle kunna innebära. Klart är att mängderna slam och andra fasta produkter från massa- och pappersindustrin som med dagens tekniker kan rötas är mindre än mängderna rötbar substans från kommunala verk.

Åtgärder för att spara el vid optimerad belysning och ventilation i verk placerade i berg rum är inte applicerbara på de skogsindustriella verken eftersom de inte är byggda på detta sätt.

8 Förslag till fortsatt forskningsarbete

Med utgångspunkt från resultaten väljs anläggningar ut för vidare studier av

- syreöverföringsegenskaper
- syremätning och styrning av syrgastillförsel i reningsanläggningar för att på bästa sätt utnyttja befintlig utrustning
- besparingspotential vid byte till mer energisnål teknik i olika typer av reningsanläggningar
- optimal slamålder med avseende på energiförbrukning
- samband mellan belastningar, olika tillsatser, driftsätt och vattenparametrar samt den totala miljöpåverkan där elförbrukningen är av central betydelse.

9 Litteraturreferenser

- [1] Krogerus, M., Sivard, Å., "Energy Reduction Opportunities in Effluent Treatment – Phase I", ÅForsk report, September 1998
- [2] Lingsten, A. och Lundkvist, M., "Nulägesbeskrivning av VA-verkens energianvändning", Svenskt Vatten Utveckling, Rapport nr 2008-01 (Rapporten kan hämtas från www.svensktvatten.se)
- [3] Kjellén, B.J. och Andersson, A-C., "Energihandbok för avloppsreningsverk, VA-Forsk Rapport Nr 2, Maj 2002
- [4] Olsson, G., Effektivare reningsverk – Några steg mot bättre energi- och resursutnyttjande, Svenskt Vatten Utveckling, Rapport nr 2008-19 (Rapporten kan hämtas från www.svensktvatten.se)
- [5] Krogerus, M., Andersson, S., "Reduction of energy consumption in industrial effluent treatment: Phase IIa – Potential for energy savings by using an Advisory System for effluent treatment, ÅForsk report, February 2001
- [6] Stjärn, J., "Från massabruk till energibruk", Process Nordic, Nr 9 2009

Bilagor

A Enkät till bruk

A Enkät till bruk

Enkät, energibesparingspotential

Skicka gärna utdrag ur miljörapport 2008 eller motsvarande lämpligt underlag!

Vi vill ha siffror från 2008. Om av något tungt vägande skäl annan period är lämplig, var vänlig ange denna och skäl till varför ni valt annan period.

Koncern		
Fabrik		
Kontaktperson	Namn	
	Telefon	
	Mailadress	

1 Produktion 2008

Uppgifter nedan avser år (vilket år eller annan period)		
Anledning till annan period än 2008		
Produktion	t/år	
Sulfatmassa tot	t/år	
varav blekt utan klorhalt kemikalier	t/år	
varav blekt med klorhalt kemikalier	t/år	
varav oblekt	t/år	
Sulfitmassa	t/år	
varav blekt	t/år	
Returfibermassa	t/år	
NSSC	t/år	
CTMP	t/år	
BCTMP	t/år	
TMP	t/år	
varav blekt	t/år	
Slipmassa	t/år	
varav blekt	t/år	
Pappersprod	t/år	
Summa slutprodukt	t/år	

2 Villkor för utsläpp till vatten (om medsänd miljörapport innehåller villkor behöver detta ej fyllas i)

Är för gällande tillstånd			
Har ni provisoriska eller slutliga villkor?			
Villkor för utsläpp till vatten:	Enhet	Värde	År, månad, rv, gv etc
COD			
TOC			
BOD			
SA GF/A			
SA70			
Ntot			
Ptot			
AOX			
Klorat			
pH			
Övrigt			

3 Beskrivning av delsteg i reningsanläggning (översiktligt)

Exempel: Försedimentering, värmeväxlare, biofilmsteg, luftning, sedimentering, slamavvattnings

Var snäll och bifoga översiktlig skiss/blockschemata

När det gäller analyserna i frågeblocken 4-5, 7-10 och 13-15 avser vi totalt (ofiltrerat) COD, TOC, BOD, Ntot och Ptot.

Om analyserna görs på filtrerat (70-filtrerat eller GF/A-filtrerat) prov var vänlig, fyll i vilken analys som avses

(gärna med avvikande färg)

Om analysunderlag finns på både totalt och filtrerat, ange gärna båda värdena avskilt med snedstreck totalt/ofiltrerat och markera gärna rutan med färg, så att man tydligt ser att ytterligare uppgifter finns.

4 Ingående avlopp till primär rening (årsmedel, om värden också finns per månad i fil etc. är det välkommet bidrag)

Flöde	m ³ /d	
Temperatur	°C	
pH		
COD	kg/d	
TOC	kg/d	
BOD	kg/d	
SA GF/A	kg/d	
SA70	kg/d	
Klorat	kg/d	
Ntot	kg/d	
Ptot	kg/d	

5 Utgående avlopp från primär rening (om inte samma som in till biologisk rening) (i första hand årsmedel, se kommentar ovan)

Flöde	m3/d	
Temperatur	°C	
pH		
COD	kg/d	
TOC	kg/d	
BOD	kg/d	
SÅ GF/A	kg/d	
SÅ70	kg/d	
Klorat	kg/d	
Ntot	kg/d	
Ptot	kg/d	

6 Avlopp till biologisk rening

Vilka avlopp leds till biologisk rening förutom utgående från primär rening (blekeriavlopp, kondensat etc.)?		
--	--	--

7 Ingående avlopp till biologisk rening (i första hand årsmedel, se kommentar ovan)

Flöde	m3/d	
Temperatur	°C	
pH		
COD	kg/d	
TOC	kg/d	
BOD	kg/d	
SÅ GF/A	kg/d	
SÅ70	kg/d	
Klorat	kg/d	
Ntot	kg/d	
Ptot	kg/d	

8 Utgående avlopp från biologisk rening (i första hand årsmedel, se kommentar ovan)

Flöde	m3/d	
Temperatur	°C	
pH		
COD	kg/d	
TOC	kg/d	
BOD	kg/d	
SÅ GF/A	kg/d	
SÅ70	kg/d	
Klorat	kg/d	
Ntot	kg/d	
Ptot	kg/d	

9 Ingående avlopp till tertiär rening (i första hand årsmedel, se kommentar ovan)

Har ni någon typ av tertiär rening?	Ja/Nej	
Om Nej, gå vidare till frågegrupp 9, annars var snäll och fortsätt!		
Vilken typ av tertiär rening?		
Samma som ut från biologisk rening	Ja/Nej	
Om ni har tertiär rening och svarat Nej på ovanstående fråga:		
Flöde	m3/d	
Temperatur	°C	
COD	kg/d	
TOC	kg/d	
BOD	kg/d	
SÅ GF/A	kg/d	
SÅ70	kg/d	
Ntot	kg/d	
Ptot	kg/d	

10 Utgående avlopp totalt (om inte samma som ut från biorening) (i första hand årsmedel, se kommentar ovan)

Förklaring, varför inte samma som ut från biorening		
Flöde	m3/d	
Temperatur	°C	
pH		
COD	kg/d	
TOC	kg/d	
BOD	kg/d	
SÅ GF/A	kg/d	
SÅ70	kg/d	
Ntot	kg/d	
Ptot	kg/d	

11 Primär rening

Typ av primär rening? (försedimentering/flotation/ingen etc.)		
Antal enheter		
Diameter, försedimentering/ar	m	
Area, flotationsenheter	m ²	
Tillsätts flockningskemikalier, polymer eller likn.?	Ja/nej/ibland	
Kemikalie 1	typ	
Kemikalie 2	typ	
Kemikalie 3	typ	
Förbrukning 1	kg/d	
Förbrukning 2	kg/d	
Förbrukning 3	kg/d	

12 Kylning

Metod (värmeväxlare/kyttorn/övrigt)		
Kyld volym	m ³ /d	
Temperatur in	°C	
Temperatur ut	°C	
Utnyttjas spillvärme från kylningen på något sätt?	Hur?	

13 Biologisk behandling Steg 1

Metod (biofilmsteg/luftning/kloratreduktionssteg/selektor etc)		
Flöde	m ³ /d	
Vätvolym	m ³	
Bassängdjup	m	
COD-reduktion	kg/d	
Om ni använder TOC:		
TOC-reduktion	kg/d	
Omvandlingsfaktor COD/TOC		
Var vänlig skicka med skiss/layout eller liknande, som förklarar utformning av bassäng!		
Var vänlig skicka med skiss eller liknande som visar placering av luftare!		

14 Biologisk behandling Steg 2

Metod (biofilmsteg/luftning/kloratreduktionssteg/selektor etc)		
Flöde	m ³ /d	
Vätvolym	m ³	
Bassängdjup	m	
COD-reduktion	kg/d	
Om ni använder TOC:		
TOC-reduktion	kg/d	
Omvandlingsfaktor COD/TOC		
Var vänlig skicka med skiss/layout eller liknande, som förklarar utformning av bassäng!		
Var vänlig skicka med skiss eller liknande som visar placering av luftare!		

15 Biologisk behandling Steg 3

Metod (biofilmsteg/luftning/kloratreduktionssteg/selektor etc)		
Flöde	m ³ /d	
Vätvolym	m ³	
Bassängdjup	m	
COD-reduktion	kg/d	
Om ni använder TOC:		
TOC-reduktion	kg/d	
Omvandlingsfaktor COD/TOC		
Var vänlig skicka med skiss/layout eller liknande, som förklarar utformning av bassäng!		
Var vänlig skicka med skiss eller liknande som visar placering av luftare!		

16 Ytterligare biosteg

Om ni har fler biosteg, var vänlig och komplettera med motsvarande uppgifter för dessa steg!		
Var snäll att i så fall kopiera in aktuella uppgiftsblock sist i dokumentet för att underlätta vår databehandling.		
Jag har kompletterat med ytterligare uppgifter	Ja/Nej	

17 *Luftning Steg 1*

Luftarsystem Steg 1			Möjlighet att ange om ni har olika typer i samma bassäng
Luftartyp (ytluftare, ejektorluftare etc.) (A)			
Luftartyp (ytluftare, ejektorluftare etc.) (B)			
Fabrikat (A)			
Fabrikat (B)			
Antal luftare (A)			
Antal luftare (B)			V=varvtalsreglering
Installerad luftareffekt (om relevant) (A)	kW		S=stryppventil
Installerad luftareffekt (om relevant) (B)	kW		Y=ytnivåreglering
Total luftningskapacitet (byt enhet vid behov)	kg O2/h		O=on/off-regl (flera enheter)
Positioner för syremätning		Var vänlig markera i bifogad skiss	Övrig (ange vad)
Position 1			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Position 2			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Position 3			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Typ av reglermetod (se alternativ bredvid)			
Erfarenheter av luftarsystemet drift- och servicemässigt?			
Vad är livslängden på olika delar?			
Komponent	Enhet	Livslängd	

18 *Omrörare Steg 1*

Har ni även omrörare i detta steg?	Ja/Nej	
Fabrikat?		
Hur många?		
Effekt per omrörare?	kW	
Driftstrategi omrörare/luftare?		
Var vänlig bifoga omrörarplacering i skiss enligt ovan om ni har omrörare		

19 *Luftning Steg 2*

Luftarsystem Steg 2			Möjlighet att ange om ni har olika typer i samma bassäng
Luftartyp (ytluftare, ejektorluftare etc.) (A)			
Luftartyp (ytluftare, ejektorluftare etc.) (B)			
Fabrikat (A)			
Fabrikat (B)			
Antal luftare (A)			
Antal luftare (B)			V=varvtalsreglering
Installerad luftareffekt (om relevant) (A)	kW		S=stryppventil
Installerad luftareffekt (om relevant) (B)	kW		Y=ytnivåreglering
Total luftningskapacitet (byt enhet vid behov)	kg O2/h		O=on/off-regl (flera enheter)
Positioner för syremätning		Var vänlig markera i bifogad skiss	Övrig (ange vad)
Position 1			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Position 2			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Position 3			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Typ av reglermetod (se alternativ bredvid)			
Erfarenheter av luftarsystemet drift- och servicemässigt?			
Vad är livslängden på olika delar?			
Komponent	Enhet	Livslängd	

20 *Omrörare Steg 2*

Har ni även omrörare i detta steg?	Ja/Nej	
Fabrikat?		
Hur många?		
Effekt per omrörare?	kW	
Driftstrategi omrörare/luftare?		
Var vänlig bifoga omrörarplacering i skiss enligt ovan om ni har omrörare		

21 Luftning Steg 3

Luftarsystem Steg 3			Möjlighet att ange om ni har olika typer i samma bassäng
Luftartyp (ytluftare, ejektorluftare etc.) (A)			
Luftartyp (ytluftare, ejektorluftare etc.) (B)			
Fabrikat (A)			
Fabrikat (B)			
Antal luftare (A)			V=varvvalsreglering S=stryppventil Y=yttnivåreglering O=on/off-regl (flera enheter) Övrig (ange vad)
Antal luftare (B)			
Installerad luftareffekt (om relevant) (A)	kW		
Installerad luftareffekt (om relevant) (B)	kW		
Total luftningskapacitet (byt enhet vid behov)	kg O2/h		
Positioner för syremätning		Var vänlig markera i bifogad skiss	
Position 1			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Position 2			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Position 3			
Löst syre, mål/börvärde	mg/l		
Löst syre 2008 (medeltal)	mg/l		
Typ av reglernetod (se alternativ bredvid)			
Erfarenheter av luftarsystemet drift- och servicemässigt?			
Vad är livslängden på olika delar?			
Komponent	Enhet	Livslängd	

22 Omrörare Steg 3

Har ni även omrörare i detta steg?	Ja/Nej	
Fabrikat?		
Hur många?		
Effekt per omrörare?	kW	
Driftstrategi omrörare/luftare?		
Var vänlig bifoga omrörarplacering i skiss enligt ovan om ni har omrörare		

23 Ytterligare luftare och omrörare

Om ni har fler biosteg, var vänlig och komplettera med motsvarande uppgifter för luftare och omrörare i dessa steg!
Var snäll att i så fall kopiera in aktuella uppgiftsblock sist i dokumentet för att underlätta vår databehandling.

Jag har kompletterat med ytterligare luftare	Ja/Nej	
Jag har kompletterat med ytterligare omrörare	Ja/Nej	

24 Alternativa luftarsystem

Har ni provat/diskuterat andra luftarsystem?	Ja/Nej	
Vilka?		
Har ni bytt luftarsystem? (del i system)	Ja/Nej	
När?	År	
Från vad?		
Varför?		

25 Blåsmaskiner, 1

Antal blåsmaskiner			Ange uppgifter för både Blåsmaskiner 1 och Blåsmaskiner 2 om ni har flera typer
Fabrikat			
Installerad blåsmaskineffekt	kW/st		
Total luftningskapacitet	Nm3/h		
Uppfordringshöjd	mvp		
Reglernetod (se alternativ ovan på luftning)			

26 Blåsmaskiner, 2

Antal blåsmaskiner			Ange uppgifter för både Blåsmaskiner 1 och Blåsmaskiner 2 om ni har flera typer
Fabrikat			
Installerad blåsmaskineffekt	kW/st		
Total luftningskapacitet	Nm3/h		
Uppfordringshöjd	mvp		
Reglernetod (se alternativ ovan på luftning)			

27 α/β -bestämning

Har ni gjort α/β -bestämning i er anläggning?	Ja/Nej	
När?	År	
Hur gjordes mätning och av vem?		
Resultat		

28 *Kemisk rening*

Fällningskemikalie 1	typ	
Fällningskemikalie 2	typ	
Förbrukning 1	kg/d	
Förbrukning 2	kg/d	
COD-reduktion i kemisk fällning	kg/d	
TOC-reduktion i kemisk fällning (om ej COD mäts)	kg/d	
COD/TOC-förhållande i denna position		
P-reduktion i kemisk fällning	kg/d	

29 *Övriga reningssteg*

Typ av reningssteg (t.ex. membranrening)		
Var är detta steg placerat?		
COD-reduktion	kg/d	
TOC-reduktion (om ej COD mäts)	kg/d	
COD/TOC-förhållande i denna position		
SS-reduktion	kg/d	
P-reduktion	kg/d	

30 *Slamavvattning*

Mängd primärslam	kg TS/d	
Mängd bioslam	kg TS/d	
Mängd kemslam	kg TS/d	
Mängd övrigt slam	kg TS/d	
Vad är övrigt slam?		
Avvattningsutrustning		
Antal enheter	st	
Installerad effekt per enhet	kW	
Antal enheter	st	
Installerad effekt per enhet	kW	
Torrhalt i avvattnat slam	% TS	
Vad gör ni med slammet efter avvattning?		
Polymerförbrukning vid slamavvattning	kg/d	
Övrig kemikalier vid slamavvattning (vilken) 1		
Övrig kemikalier vid slamavvattning (vilken) 2		
Förbrukning Kemikalie 1	kg/d	
Förbrukning Kemikalie 2	kg/d	

Möjlighet att ange
olika enheter, komplet-
tera arket vid behov!

30 *Övriga kemikalier i reningsanläggningen (närsalter etc.)*

Namn	Konc	Förbrukning kg/d

31 *Inloppspumpning*

Antal pumpar	st	
Total kapacitet	m ³ /h	
Totalt installerad effekt	kW	
Drifteffekt (uppmätt om data finns)	kW	
Drifteffekt (uppskattad)	kW	
Typ av reglermetod (se alternativ bredvid)		

V=varvtsreglering
S=stryppventil
Y=ytnivåreglering
O=on/off-regl (flera enheter)
Övrig (ange vad)

32 *Returslumpumpning (om relevant)*

Antal pumpar	st	
Total kapacitet	m ³ /h	
Totalt installerad effekt	kW	
Drifteffekt (uppmätt om data finns)	kW	
Drifteffekt (uppskattad)	kW	
Typ av reglermetod (se alternativ bredvid)		

V=varvtsreglering
S=stryppventil
Y=ytnivåreglering
O=on/off-regl (flera enheter)
Övrig (ange vad)

33 *Övrig reglering i reningsanläggningen (för energibesparing)*

Vad avses		
Antal maskiner	st	
Total kapacitet		
Totalt installerad effekt	kW	
Typ av reglermetod (se alternativ inloppspumpning)		

Ange enhet

34 *Övrig reglering i reningsanläggningen (för energibesparing)*

Vad avses		
Antal maskiner	st	
Total kapacitet		
Totalt installerad effekt	kW	
Typ av reglermetod (se alternativ inloppspumpning)		

Ange enhet

35 *Energiförbrukning i reningsanläggning inklusive slamavvattning*

Totalt installerad effekt	kW	
Elförbrukning 2008 totalt	kWh/år	
Vad registreras (direkt eller indirekt) med kontinuerliga instrument, som mäter energiförbrukning i anläggningen?		
Elförbrukning, inloppspumpning 2008	kWh/år	
Elförbrukning, blåsmaskiner och luftare 2008	kWh/år	
Elförbrukning, returslumpumpning 2008	kWh/år	
Elförbrukning, slamavvattning 2008	kWh/år	
Övrig stor förbrukare av elenergi (ange vad!)		
	kWh/år	
Angförbrukning 2008	t/år	
Angtryck	bar	
Övrig energiförbrukning, vad? Och enhet		
Har ni på senare år gjort någon energibesparingsåtgärd i reningsanläggning/pumpning dit, i så fall vad och ungefär hur mycket energi bedömer ni att ni sparade?		

36 *Förbränning av slam eller övrig restprodukt från reningsanläggningen*

Slam eller övrig restprodukt 1 (ange vad)		
Mängd	kg TS/d	
Torrhalt till förbränning	% TS	
Förklara hur förbränningen inverkar på:		
Övrig bränslekonsumtion		
Produktion av värme och elenergi		
Uppskatta hur förbränningen inverkar på driftkostnaderna		
Förbränningen kostar	SEK/år	
Genom förbränningen tjänar vi	SEK/år	

37 *Förbränning av slam eller övrig restprodukt från reningsanläggningen*

Slam eller övrig restprodukt 2 (ange vad)		
Mängd	kg TS/d	
Torrhalt till förbränning	% TS	
Förklara hur förbränningen inverkar på:		
Övrig bränslekonsumtion		
Produktion av värme och elenergi		
Uppskatta hur förbränningen inverkar på driftkostnaderna		
Förbränningen kostar	SEK/år	
Genom förbränningen tjänar vi	SEK/år	

38 *Planerad förändring av reningssanläggning/slamhantering*

Var vänlig och ange framtida känd och planerad förändring i reningsanläggning/slamhantering

39 *Intresseanmälan*

Vi är intresserade av att delta i en studie där syreöverföringsegenskaper (alfa-värde) i vår reningsanläggning mäts med off-gas-mätning
Ja/Kanske/Nej

40 *Intresseanmälan*

Vi är intresserade av att delta i en studie med modellering av vår reningsanläggning där samband mellan belastningar, olika tillsatser, driftsätt, vattenparametrar kopplas till elförbrukning och total miljöpåverkan.
Ja/Kanske/Nej

Stort TACK för hjälpen!

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35