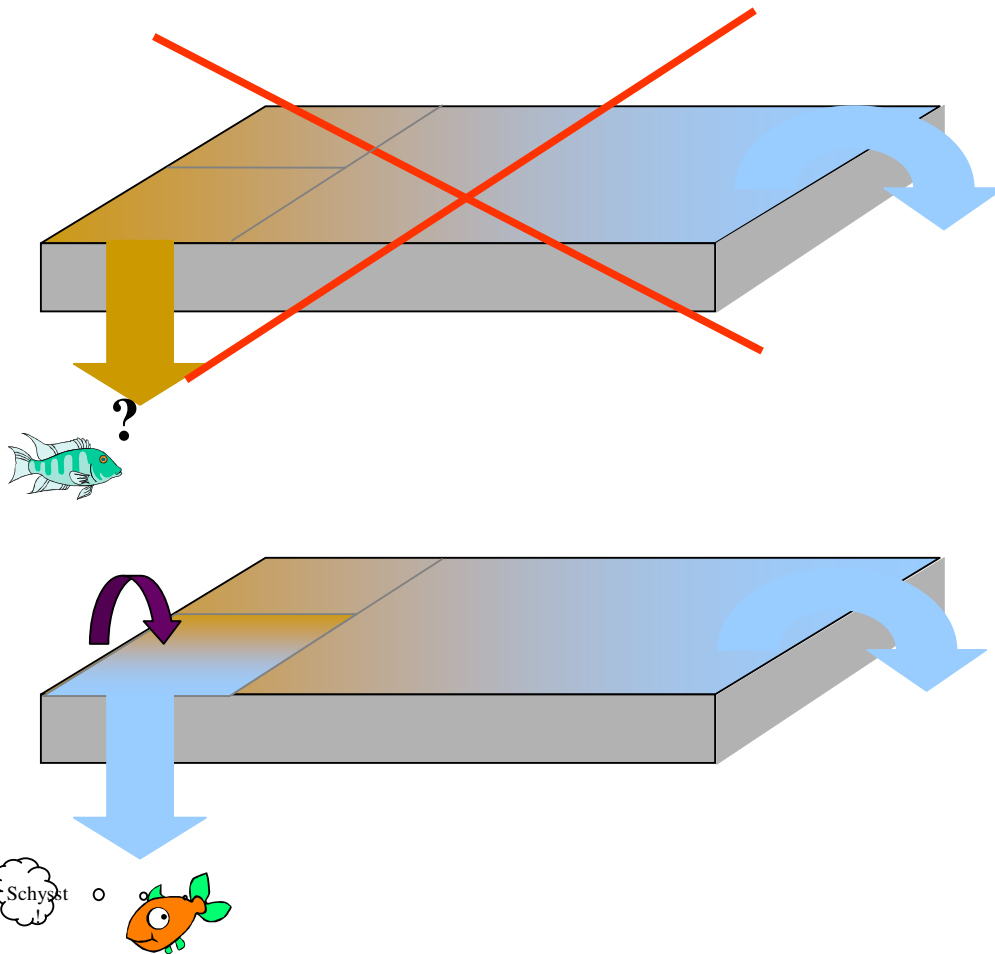


Bräddvattenbehandling - alternativ



Gryaab Rapport 2003:2

Ann Mattsson och Ulf Gingsjö 2003-04-14

Göteborgsregionens Ryaverksaktiebolag - GRYAAB - svarar för avloppsvattenreningen inom regionen. Sedan GRYAABs tillkomst 1970, har miljövårdssatsningar på ca 1200 Mkr gjorts i tunnlar och reningsverk. Detta har resulterat i att regionens vattendrag successivt har befriats från avloppsutsläpp och vattenmiljön i skärgården har förbättrats. Bolaget ägs av Ale, Göteborg, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal och Partille kommuner.

INTERN- OCH EXTERNRAPPORTER

1993:3	Denitrifikation i en högbelastad aktivslamsystem. Försök: februari - maj 1992
1993:4	Göteborgs Kex AB: Provtagning och analys av utgående vatten 921106-17
1993:4	Deoxygenering i fluidiserad bädd - del 1
1993:5	Nitrifikation i biofilm och fördenitrifikation i aktivt slam - pilotförsök på Ryaverket
1994:1	GRYAAB, Miljörapport 1993
1994:2	Nitrifikation i biobädd - dess beroende av varierande flöde och ammoniumkoncentration
1995:1	GRYAAB, Miljörapport 1994
1995:2	Tillförsel av metaller till Ryaverket, 1994
1995:3	Vattenverksslammets bidrag till föroreningshalterna i Ryaverkets slam
1995:4	Provtagningar i referensområden, Etapp 4, Sjukhus
1995:5	Lakvatten från slam
1996:1	Metallbidrag från en ledningsnät vid en tandläkarmottagning
1996:2	GRYAAB, Miljörapport 1995
1996:2	Analys av metallhalter i slam, jämförelser mellan 6 laboratorier
1996:4	Nitrifikation i biobädd, Dosering av ammoniumsulfat och natriumhydroxid.
1996:5	Attityd- och opinionsundersökning för GRYAAB 1996, Jostat & Mr Sample
1996:6	Metallinnehåll i färgslam från en fasadrenovering
1996:7	Bakteriehalter i Göta Älvs mynning, september 1996
1997:1	GRYAAB, Miljörapport 1996
1997:2	Vad finns i hyllorna?
1997:3	UV-Disinfection of Wastewater
1997:4	Vad håller dom i hinken?
1997:5	Stickprovtagning vid 5 fordonstvättar i Göteborg
1998:1	Miljörapport 1997
1998:2	Analys av tungmetaller i spillvatten. En jämförelse mellan fyra laboratorier.
1999:1	Arbetsmiljöinventering
1999:2	Slam - Miljöhot eller naturligt kretslopp
1999:3	Prov med mekanisk förtjockningsutrustning
1999:4	Miljörapport 1998
1999:5	Personalenkät 1999
1999:6	Provtagning och analys med avseende på tungmetaller av spillvatten från småindustriområden
1999:7	Provtagningar i referensområden - etapp 5, Drän- och dagvatten
1999:8	Denitrifikationsförsök i laboratorieskala
1999:9	Arbetsmiljöinventering, hösten 1999
1999:10	Beräkning av metallmängder i 9 provtagningspunkter - uppföljning av provtagningsprojekt GRYAAB rapport 1999:6
2000:1	Provtagning av spillvatten från Valands konsthögskola
2000:2	Effekt av längre gående partikelavskiljning vid Ryaverket - beräkningar
2000:3	Avlopp i kretslopp - Åtgärder och resultat vid Ryaverket 1992 - mars 2000
2000:4	Miljörapport 1999
2000:5	Attitydmätning GRYAAB
2000:6	Bedömning av vilka reningsresultat som kan uppnås med olika processmässiga kompletteringar
2001:1	Miljörapport 2000
2001:2	Undersökning av nitrifikationshämning
2001:3	Provtagning av utgående vatten från 11 fordonstvättar
2001:4	Modellstyrd koldosering för denitrifikation på Ryaverket
2002:1	Miljörapport 2001
2002:2	Actiflo på Ryaverket - Provdraft oktober -december 2001
2002:3	Processmodellering med GPS-X, utvärdering av processlösningar.
2002:4	Överledning av svartvatten till Ryaverket genom separata ledningar i tunnelsystemet- översiktlig teknik och ekonomisk bedömning
2003:1	Miljörapport 2002
2003:2	Bräddvattenrening - alternativ

Förord

Denna utredning har genomförts av Gryaab som underlag för val av metod för behandling av annars bräddat vatten med avseende på fosfor vid Gryaabs reningsverk Ryaverket.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	1
BAKGRUND.....	2
MÅL	3
FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR RYAVERKET	3
INLEDNING	3
PLACERING OCH MÖJLIGHETER	3
MÄNGD SOM SKALL BEHANDLAS	4
AVBÖRDNING AV BEHANDLAT VATTEN	7
HYDRAULISKA FÖRHÅLLANDEN I FÖRSEDIMENTERINGSBASSÄNGERNA	8
ALTERNATIVA LÖSNINGAR FÖR BRÄDDVATTENBEHANDLING	9
ACTIFLO	9
DIREKTFÄLLNING.....	11
DIREKTFÄLLNING MED LAMELLER	14
FLOTATION	15
KEMIKALIEFÖRBRUKNING.....	16
SAMSPEL MED ANDRA ANLÄGGNINGSDELAR	16
FINGALLER OCH SANDFÅNG.....	16
SLAM	18
SAMMANSTÄLLNING AV ALTERNATIVEN OCH SLUTSATSER	19
REFERENSER	24
 BILAGA 1 Kostnadsberäkningar	

Sammanfattning

Vid Ryaverket utgör, särskilt under regniga perioder och då slammet sedimenterar dåligt, fosforinnehållet i det vatten som bräddas efter försedimentering en betydande del av fosforutsläppet. Kemisk behandling som endast drivs vid höga flöden är en kostnadseffektiv åtgärd för att sänka det samlade utsläppet. Eftersom systemet endast skulle drivas ett begränsat antal timmar kan ett system med högre driftkostnader, men som i gengäld tar lite plats i anläggningen vara aktuell.

För Ryaverkets del kan en sådan anläggning placeras i en eller flera försedimenteringsbassänger i anslutning till bräddluckan. En kapacitet på 2-3 m³/s och en utgående fosforhalt på 0,4 mg P/l räcker för att reducera totalfosforhalten till under 0,4 mg P/l i dagens anläggning eller till 0,3 mg P/l om kompletterande partikelavskiljning för huvudströmmen (till exempel filter) finns. För att klara stora framtida flödeshöjningar bör det finnas möjlighet att bygga ut anläggningen till 4-6 m³/s.

Fyra alternativ för bräddvattenbehandling har studerats närmare; direktfällning i fyra eller sex försedimenteringsbassänger, direktfällning med lameller i två eller fyra försedimenteringsbassänger, actiflo i en försedimenteringsbassäng samt flotation i upp till tre försedimenteringsbassänger. Försök med Actiflo och direktfällning vid Ryaverket visar att dessa alternativ kan sänka fosforhalten till 0,4 mg P/l eller lägre vid erforderliga belastningar. Övriga alternativ bedöms också uppfylla reningskravet.

Vad gäller direktfällning studerades dessutom flera varianter med avseende på hur vattnet leds till anläggningen och hur kemikalier blandas in. Ett alternativ med pumpning till anläggningen valdes eftersom säker flödesstyrning och kemikalieinblandning kan garanteras samtidigt som den ekonomiska vinsten av att inte pumpa var liten eller obefintlig.

Flotation och Actiflo har en liknande kostnadsbild vad gäller investering och driftkostnader. Direktfällning med lameller innebär stora investeringar i lameller. De noggrannaste studierna har gjorts för Actiflo och direktfällning, där Actiflo-processen skall ses som ett exempel på en kommersiellt tillgängliga process för högintensiv kemisk behandling som kan levereras till Ryaverket. Direktfällning har studerats närmare vid Ryaverket och har visat sig vara en process med låg investering som väl låter sig integreras i befintlig anläggning. I det fallet då inte direktfällning väljs kan såväl flotation som Actiflo och andra system med lameller och/eller tyngande material komma i fråga.

De kalkyler som gjorts visar att kapitalkostnaderna för de tänkta anläggningarna får stor betydelse när drifttiden är en bråkdel av årets timmar. Detta innebär att den enkla och billiga direktfällningsanläggningen får den lägsta årskostnaden.

Alternativ	Investering MSEK	Driftkostnad MSEK/År	Varav bräddvattenrening* MSEK/År	Kapitalkostnad MSEK/År
Direktfällning	13,5	0,88	0,88	1,37
Actiflo	30,9	1,23	1,23	3,36
Direktfällning och fingaller	38,6	1,50	0,83	3,96
Actiflo och fingaller	60,5	1,85	1,17	6,15

* Vid drifttid 400 h/år

Om man ser på Ryaverket i sin helhet ger en samtidig utbyggnad med fingaller/sandfång för hela årsflödet en mängd fördelar som kommer både direktfällningen och övriga anläggningsdelar till godo:

- Bättre avskiljning av sand, mindre avsättningar och slitage orsakas av sand i övriga anläggningen
- Renare sandfraktion som bör ha bättre avsättningsmöjligheter
- Befintliga sandupptaget i kanalen kan tas bort
- Bättre avskiljning av rens (=skräp) tidigt i anläggningen
- Mindre problem med trasor och topz i anläggningen (t.ex. i biobädden, i pumpar och i framtida anläggningsdelar)
- Befintlig rensstation för slam kan tas bort
- Renare rensfraktion som bör kunna förbrännas
- Ingen begränsning till att välja anläggningar som tål skräp och sand för att klara villkoren för fosfor och kväve

Den föreslagna direktfällningen ger även goda möjligheter till kapacitetsökning vid skärpta fosforkrav eller förhöjda flöden. Genom installation av lameller i sedimenteringsbassängerna kan kapaciteten höjas till 5 m³/s i fyra försedimenteringsbassänger.

Alla alternativ som skiljer av mer partiklar från avloppsvattnet kommer att öka slamproduktionen. Slammängden bör öka med 25-100 % jämfört med om vattnet bräddades. Kapacitet för att ta hand om detta slam måste finnas. Kostnad för detta har inte tagits med ovan.

Utredningen visar att direktfällning i fyra försedimenteringsbassänger i kombination med nytt behandlingssteg bestående av fingaller med sandfång för hela årsflödet är den för Gryaab mest lämpliga lösningen.

Bakgrund

I Miljödomstolens dom från 2001-06-26 anges att Gryaabs resthalter av totalfosfor i det samlade utsläppet av avloppsvatten från Ryaverket får fram till utgången av år 2004 som riktvärde och årsmedelvärde inte överstiga 0,5 mg/l. För tiden därefter får motsvarande värde ej överstiga 0,4 mg/l (Miljödom 2001-06-26). Denna dom överklagades av Länsstyrelsen vilket resulterade i en dom från Miljööverdomstolen 2003-02-18, med den skärpta innebörden att från och med 2005 skall det samlade utsläppet innehålla högst 0,4 mg P/l som riktvärde och kvartalsmedelvärde samt som gränsvärde och årsmedelvärde. Från och med 2007 gäller 0,3 mg P/l på samma sätt. Tidigare undersökningar har visat att en stor del av Ryaverkets utsläpp av fosfor under nederbördsrika år kommer från bräddning av försedimenterat vatten (Mattsson och Fredriksson, 2000). Därför bör en process där annars bräddat vatten behandlas separat genom kemisk fällning vara en kostnadseffektiv åtgärd för att sänka totalutsläppet av fosfor. Under senare år har undersökningar av olika behandlingsmetoder för annars bräddat vatten genomförts (Legeth 2001, Krüger 2000, Haarbo 2002, Fredriksson 2002, Nordqvist och Mattsson, pågående). Större delen av arbetet som beskrivs i den här rapporten genomfördes under tiden mellan Miljödomstolens dom och den ändrade domen i Miljööverdomstolen.

Mål

Målet med denna sammanställning är att ge ett beslutsunderlag för vilken metod för behandling av annars bräddat vatten som passar bäst för Ryaverket.

Förutsättningar för Ryaverket

Inledning

För att hitta en ekonomisk lösning för kompletterande bräddvattenbehandling i ett befintligt reningsverk sätter de lokala förutsättningarna villkoren. Möjligheten att transportera vattnet till och från anläggningen är avgörande, samt hur mycket vatten som behöver behandlas.

Placering och möjligheter

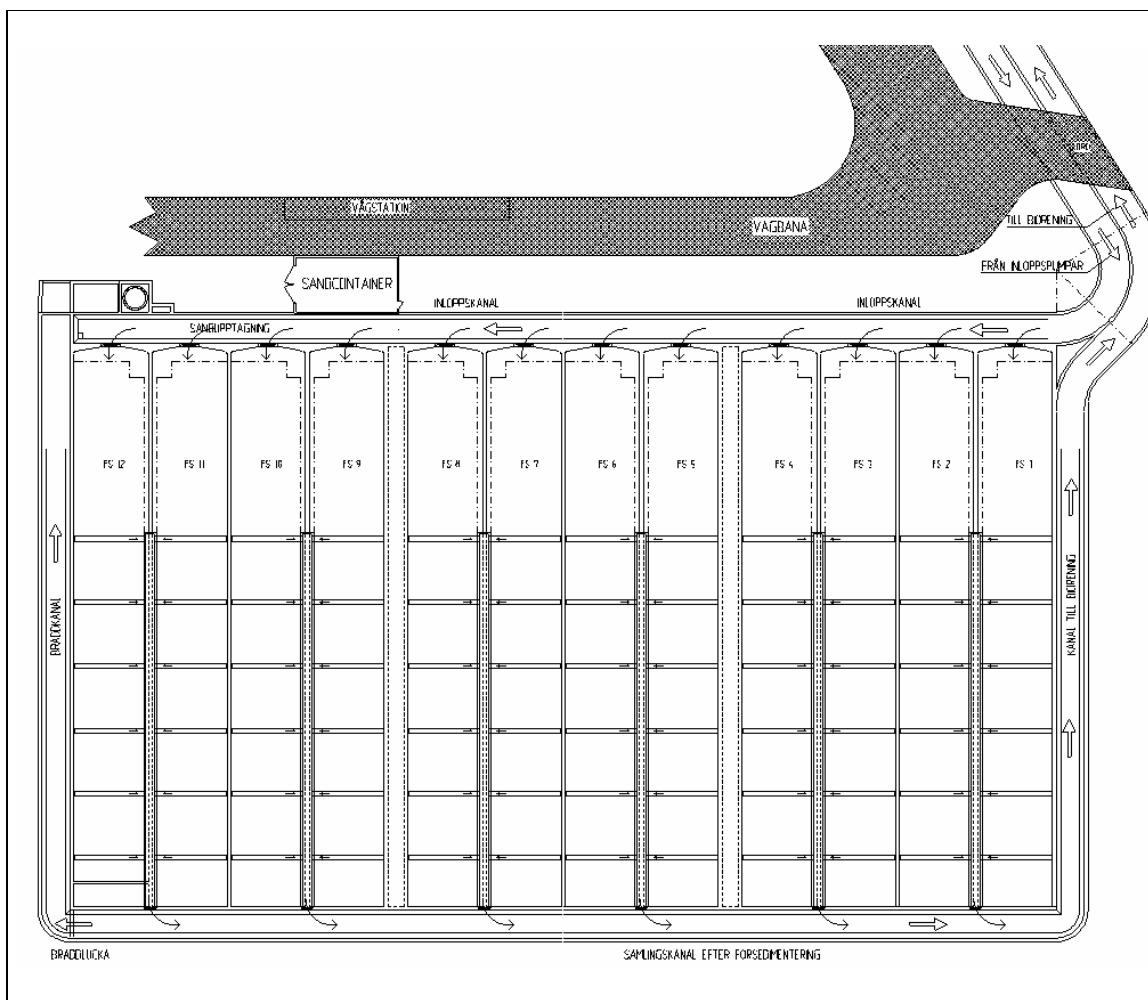
Vid Ryaverket finns goda förutsättningar att dela av en eller flera försedimenteringsbassänger och utnyttja dessa för bräddvattenbehandling. Om en eller flera bassänger närmast bräddkanalen används kan sedan det behandlade vattnet avbördas direkt till bräddkanalen eller ledas via kanalen efter försedimentering via bräddluckan och ut (Figur 1). Det vatten som biosteget har kapacitet för behandlas som tidigare i övriga försedimenteringsbassänger och leds vidare till biosteget.

De möjligheter som närmare studerats är

- Actifloanläggning placerad i en försedimenteringsbassäng.
- Direktfällning i fyra till sex försedimenteringsbassänger.
- Direktfällning i två eller fyra bassänger med partikelavskiljning i lameller.
- Flotation i upp till tre försedimenteringsbassänger.

För direktfällning i fyra bassänger finns alternativ där vattnet rinner med självfall genom bassängerna och alternativ med pumpning. För flotation och lameller krävs att det tillförda vattnet rensats genom fingaller. I actiflo-anläggningen ingår ett 6 mm galler. Ett alternativ där endast det vatten som pumpas till direktfällningsanläggningen gallras har utretts. Om fingaller (1-3 mm spaltvidd) och sandfång för hela flödet byggs, kan direktfällningsanläggningen göras enklare och billigare genom byggsamordningsvinster. Slamrenstrustningen behövs då inte heller, varför reinvesterings- och driftkostnader för denna bortfaller.

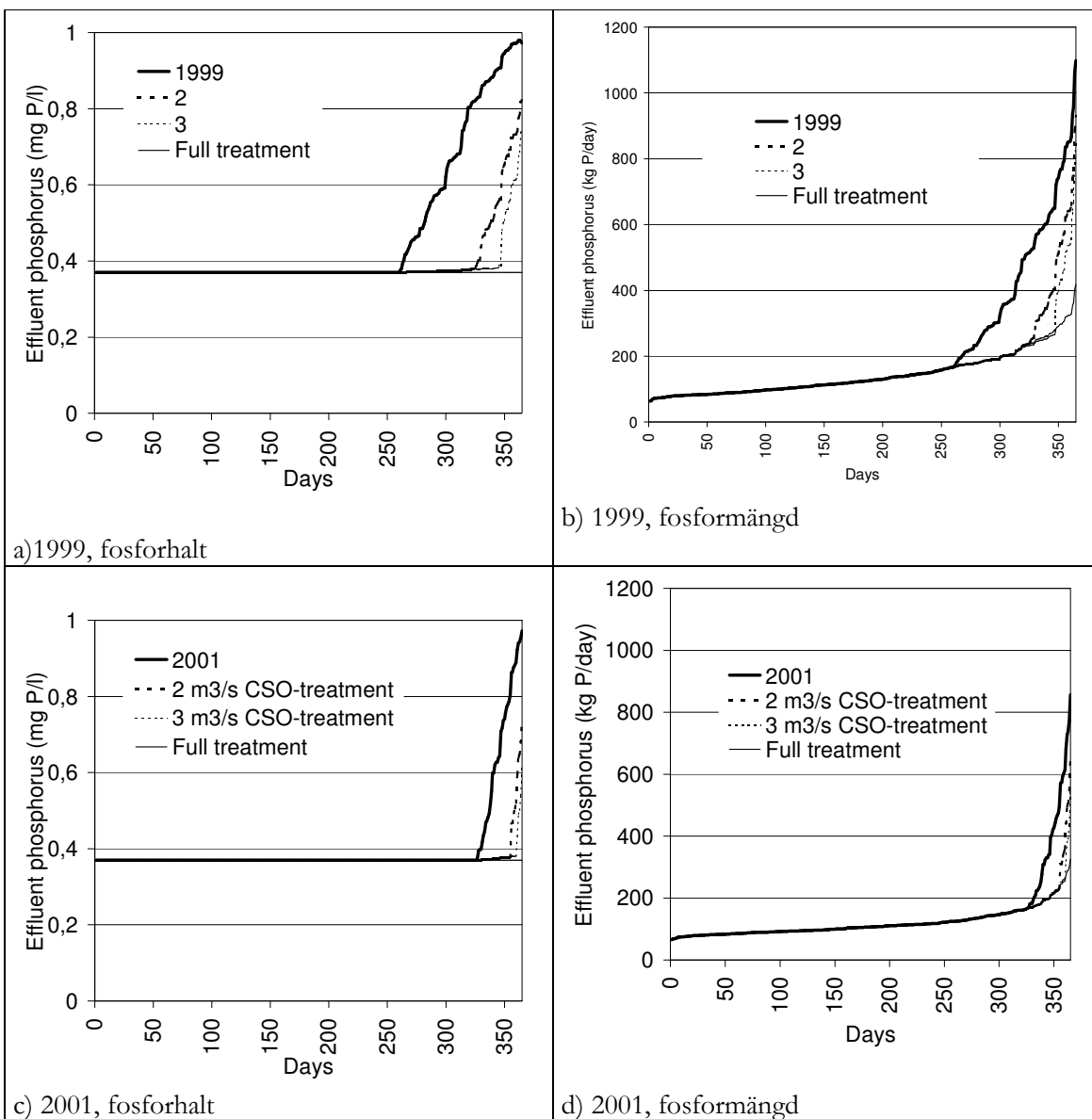
Det är praktiskt att placera en anläggning för behandling av annars bräddat vatten i en eller flera försedimenteringsbassänger närmast bräddluckan.



Figur 1 Försedimenteringsbassänger Ryaverket.

Mängd som skall behandlas

En avgörande dimensioneringsfråga är för hur stort flöde en anläggning för behandling av annars bräddat vatten måste byggas. De högsta flödena som Ryaverket tar emot är ca $15 \text{ m}^3/\text{s}$, medan det är vanligt att det biologiska reningsstegets kapacitet är i storleksordningen $5\text{-}8 \text{ m}^3/\text{s}$. Det biologiska och kemiska reningsstegets kapacitet varierar beroende på sedimenteringsegenskaperna hos det aktiva slammet. En behandlingsanläggning för allt bräddat vatten skulle alltså behöva ha en kapacitet på $7\text{-}10 \text{ m}^3/\text{s}$. De höga flödena förekommer inte ofta varför utnyttjandet av en sådan anläggning skulle vara lågt. Tidigare beräkningar vid Ryaverket (Mattsson och Fredriksson, 2000) indikerar att en anläggning som har en kapacitet på $2 \text{ m}^3/\text{s}$ och avlägsnar 85% av fosfor i det bräddade vattnet gör stor nytta. En analys av reningsresultaten 1999 och 2001 (Figur 2) bekräftar bilden.



a) 1999, fosforhalt

b) 1999, fosformängd

c) 2001, fosforhalt

d) 2001, fosformängd

Figur 2 Inverkan av bräddning av försedimenterat vatten på det samlade utsläppet av fosfor uttryckt i kg/d respektive mg/l från Ryaverket under ett regnigt år (1999) och ett normalt eller torrt år (2001). "Full treatment" betecknar resultat om allt vatten skulle behandlas kemiskt och biologiskt. "2 och 3 m³/s CSO-treatment" resultatet om 2 resp. 3 m³/s av det annars bräddade vattnet kunde behandlas separat och fosforhalten sänkt till 0,4 mg P/l. Värden är sorterade efter stigande flöde till reningsverket.

Tabell 1 Simulering av fosforhalten i det samlade utsläppet (mgP/l) vid en anläggning för behandling av annars bräddat vatten med olika kapaciteter (m³/s) och reningsresultat (mg/l).

År	Simulerat	Enligt Årsredo- visning	2 m ³ /s 0,4mg P/l	2 m ³ /s 0,3mg P/l	3 m ³ /s 0,4mg P/l	3 m ³ /s 0,3mg P/l	Allt biologiskt behandlat
1999	0,47	0,45	0,39	0,39	0,38	0,38	0,37
2000	0,46	0,49	0,39	0,39	0,38	0,38	0,37
2001	0,40	0,41	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37
2002	0,43	0,49	0,39	0,38	0,38	0,37	0,37

Även under ett nederbördsrikt år som 1999 räckte den biologiska och kemiska reningen till under mer än 260 dagar. Halten ut var ca 0,35 mg P/l och massflödet av fosfor ut steg i proportion till flödet. Under de återstående 100 dagarna var flödet så högt att bräddning skedde och som framgår av figuren hade detta en stor inverkan på den utgående mängden. Årsmedelvärdet höjdes till 0,47 mg P/l. Om halten i 2 m³/s av det annars bräddade vattnet kan sänkas till 0,4 mg P/l kan årsmedelvärdet ett sådant år sänkas till under 0,4 mg P/l. En höjning av kapaciteten på bräddvattenreningsanläggningen till 3 m³/s skulle endast sänka årsmedelvärdet med ytterligare 0,01 mg P/l. Under ett torrt eller normalt år (som 2001) blir inverkan givetvis mindre, och skall ytterligare rening till krävs att huvudströmmen behandlas ytterligare. Det är värt att notera att en sänkning av fosforhalten från bräddvattenreningsanläggningen från 0,4 till 0,3 mg P/l endast har mycket liten inverkan på totalresultatet. Den stora effekten fås när fosforhalten sänks från runt 2 mg P/l till ca 0,5 mg P/l.

För att uppnå 0,4 mg P på det samlade utsläppet gör 2 m³/s behandlingsskapitet under ett nederbördsrikt år den stora insatsen för att reducera fosforhalten i det totala utsläppet. Skall fosforhalten sänkas ytterligare krävs insatser i form av längre gående partikelavskiljning i biosteget. Det har liten betydelse om den tillkommande anläggningen sänker fosforhalten till 0,4 eller till 0,3 mg P/l.

För att ta reda på hur stor behandlingsskapitet som behövs för att uppfylla miljööverdomstolens dom på 0,3 mg P/l som riktvärde och kvartalsmedelvärde och gränsvärde och årsmedelvärde har kompletterande, mer detaljerade beräkningar genomförts. Förutsättningarna för dessa beräkningar kompliceras av att inte bräddvattenbehandling räcker för att uppfylla villkoren. Även övriga reningssteg behöver kompletteras. Nu, i början av 2003, finns flera alternativ för utbyggnad för längre gående fosfor och kväverening. I det följande antas att partikelavskiljningen för 5 m³/s av det biologiskt behandlade vattnet kommer att förbättras så att detta vatten endast innehåller 0,2 mg P/l.

Vad gäller framtida flöden och belastningar uppskattar Göteborgs VA-verk att anslutningarna av vattenabonnenter ökar med ca 2 %/år, det vill säga drygt 20 % på 10 år. Den ökande användningen av vattenbesparande utrustning innebär att det ingalunda är troligt att vattenförbrukningen ökar på motsvarande sätt. Inverkan av växthuseffekten utgör en annan osäkerhet. Var de höga tillrinningarna 1998, 1999 och 2000 de extrema år som de verkar vara om man jämför med tidigare år eller utgör de en föraning om framtida flödesökningar? I brist på bättre underlag har det kvartal med högst flöde och sämst sedimentering under 1998 och 1999 valts för analysen och flödena ökats på med 20 % som säkerhet för framtida flödesökningar.

För att sänka fosforutsläppen i det samlade utsläppet till nivån 0,3 mg P/l under ett dåligt kvartal krävs vid nuvarande förhållanden att 2 m³/s av det annars bräddade vattnet behandlas till 0,4 mg P/l (se Tabell 2). Om tillrinningen skulle öka med 20 % krävs en kapacitet på 3-4 m³/s beroende på hur långt partikelavskiljningen för huvudflödet kan drivas. Vid en flödesökning på 50% krävs väsentligt högre kapacitet.

Tabell 2 Beräknad fosforhalt i det samlade utsläppet vid olika kapaciteter för bräddvattenbehandling och filtrering för kvartal 4 1998. Resultat skrivna med **fetsstil** utgår från att filter ger **0,2 mg P/l** och med *kursiv stil*; *0,15 mg P/l* och bräddvattenbehandling 0,4 mg P/l. Skuggade fält markerar resultat där ett riktvärde på 0,3 mg P hade överskridits.

	Bräddvattenbehandlingskapacitet	Dagens flöde	Dagens flöde + 20 %	Dagens flöde + 50 %
Dagens anläggning	0	0,56	0,9	1,2
+ filter för 5 m ³ /s	0	0,44	0,79	1,13
		<i>0,38</i>	<i>0,76</i>	<i>1,10</i>
+ filter för 5 m ³ /s och bräddvattenbehandling	1	0,37	0,48	0,80
		<i>0,34</i>	<i>0,45</i>	<i>0,77</i>
+ filter för 5 m ³ /s och bräddvattenbehandling	2	0,32	0,41	0,57
		<i>0,30</i>	<i>0,38</i>	<i>0,55</i>
+ filter för 5 m ³ /s och bräddvattenbehandling	3	0,29	0,37	0,49
		<i>0,26</i>	<i>0,33</i>	<i>0,47</i>
+ filter för 5 m ³ /s och bräddvattenbehandling	4	0,27	0,33	0,44
		<i>0,23</i>	<i>0,30</i>	<i>0,42</i>
+ filter för 5 m ³ /s och bräddvattenbehandling	4,5	0,26	0,32	0,42
		<i>0,22</i>	<i>0,29</i>	<i>0,39</i>
+ filter för 5 m ³ /s och bräddvattenbehandling	5	0,26	0,31	0,40
		<i>0,22</i>	<i>0,28</i>	<i>0,38</i>
+ filter för 5 m ³ /s och bräddvattenbehandling	6	0,24	0,29	0,36
		<i>0,20</i>	<i>0,26</i>	<i>0,34</i>

Slutsatsen blir att en anläggning som reducerar fosforhalten till 0,4 mg P/l på annars bräddat vatten bör ha kapacitet för 3 m³/s vid dagens flöde eller viss förhöjning av flödet. Möjligheten att bygga ut till 4 till 6 m³/s bör finnas.

Avbördning av behandlat vatten

Från den av leverantören föreslagna actiflo-anläggningen avbördas det behandlade vattnet direkt till bräddkanalen. Detta för att undvika pumpning till eller från anläggningen. Detta innebär att det kemiskt behandlade vattnet inte riskerar att blandas med vatten som enbart genomgått försedimentering, men även att det behandlade vattnet inte kan tillföras biosteget utan ytterligare pumpinstallationer. En annan konsekvens är att anläggningen inte kan provköras eller startas upp

utan att vattnet leds till recipient. Detta har förmodligen liten praktisk betydelse eftersom volymerna i systemet är små och fullgott reningsresultat uppnås inom 10 minuter.

Vid en direktfällningslösning är grundtanken att det kemiskt behandlade vattnet skall ledas från försedimenteringsbassängerna till kanalen efter försedimentering som hittills. Med bräddluckan styrs som hittills hur stort flöde som skall bräddas. Förutsättningen för att detta skall ge goda resultat är att omblandningen i kanalen är så liten att det vatten som bräddas i huvudsak är det vatten som behandlats kemiskt. När bräddningsflödet är väsentligt mindre än flödet av kemiskt behandlat vatten kan det förutsättas att vattnet som bräddas till största delen är kemiskt behandlat. När bräddflödet är betydligt högre än flödet av kemiskt behandlat vatten kan det förutsättas att allt kemiskt behandlat vatten kommer att gå över bräddluckan. Det kritiska läget är när flödena är lika, till exempel när 2 m³/s behandlas kemiskt och 2 m³/s går över bräddluckan. I detta läge leder en blandning av försedimenterat vatten och kemiskt behandlat vatten i kanalen till att vattnet som avbördas över bräddluckan förorenas.

Matematisk analys med CFD (Computational Fluid Dynamics) har genomförts (Johnsson, 2002). Resultaten visar att vid 8 m³/s totalt, 2 m³/s kemfällt, 2 m³/s över bräddluckan är 2 % av vattnet över bräddluckan ej är kemfällt. Om 2,2 m³/s kemfälls blir denna siffra <0,1 %. Vid högre totalflöde (10 m³/s) blir kontamineringen större beroende på större skevhet hos flödet i kanalen. Detta beror i sin tur på att flödet från sista bassängen utan fällning (bassäng 8) blir väsentligt högre än flödet från första bassängen med fällning (bassäng 9). Även då blir kontamineringen liten om 2,2 m³/s behandlas (ca 0,1 %). Om 2 % av det utsläppta vattnet är endast försedimenterat och innehåller 2,5 mg P/l eller mer är fosformängden i detta lilla vattentillskott tillräckligt för att höja totalhalten i det utsläppta vattnet från 0,4 mg P/l till 0,44 mg P/l eller mer. Detta blir en relativt stor förhöjning.

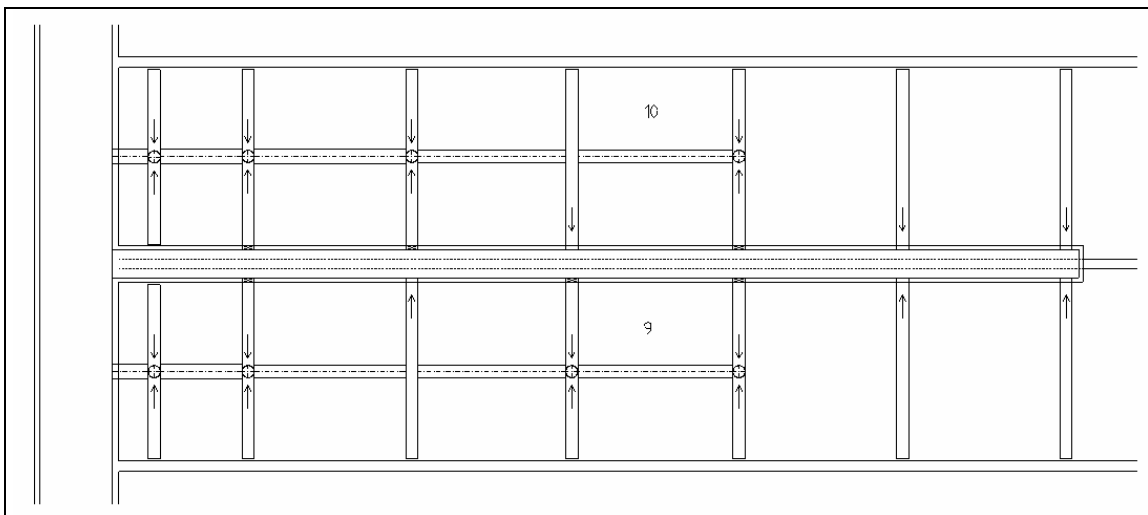
Slutsats; Räkna med att kunna fälla ca 10 % (dvs. 2,2 m³/s då 2 m³/s bräddas) mer vatten än vad som passerar bräddluckan.

Hydrauliska förhållanden i försedimenteringsbassängerna

Försedimenteringsbassängerna är idag hydrauliskt begränsade till ett totalflöde av ca 15 m³/s. För att vid höga flöden kunna sänka flödet till en eller flera bassänger måste genomflödet genom övriga bassänger öka så att totalt 15 m³/s kan tas emot. En Actifloanläggning, som endast skulle ta en försedimenteringsbassäng i anspråk och behandlar 2 m³/s ger ingen ökad belastning på övriga bassänger. Processer som tar fler bassänger i anspråk och kräver lägre hydraulisk belastning för god funktion, främst direktfällning utan lameller, orsakar en belastningsökning på övriga bassänger.

Nuvarande maximala flöde på (15/12 ⇒) 1,25 m³/s per bassäng begränsas av dämning i samlingskanalerna som leder vattnet från avdragsrännorna för två bassänger till kanalen efter försedimenteringsbassängerna. Denna begränsning kan byggas bort genom att varje bassäng förses med ytterligare en avdragsränna som tillsammans med två eller tre befintliga avdragsrännor anslutes via ett Φ600 mm avlastningsrör genom bassängväggen direkt till kanalen efter försedimenteringsbassängerna. Se Figur 3. Härigenom kan bassängerna hydrauliskt svälja ca 1,5 m³/s per bassäng utan att överdämning uppstår, vilket får stor betydelse för bassängens funktion som sedimenteringsbassäng.

En annan mycket viktig konsekvens av att överdämningen inte uppstår är att dämningen uppströms i kanalerna minskar motsvarande. Detta ger potential att bygga ett behandlingssteg med fingaller och sandavskiljning före försedimenteringsblocket utan mellanpumpning. Detta förutsätter en generös dimensionering av gallren med låg hastighet och dämning, vilket också får det goda med sig att gallren då också bör få en god avskiljningsgrad.



Figur 3 Ombyggnad utledning av vatten från försedimenteringsbassängerna.

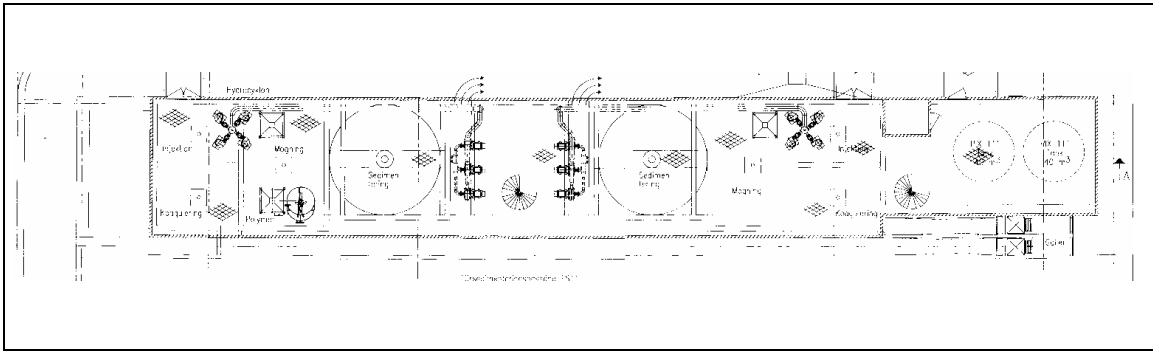
Slutsats; en ombyggnad av avdragssystemet så att dämning i försedimenteringsbassängerna minimeras ger stabil drift och ger möjlighet att installera fingaller före försedimenteringsbassängerna

Alternativa lösningar för bräddvattenbehandling

Actiflo

Beskrivning och dimensionering

Avloppsvatten leds (eller pumpas) in till anläggningen (Figur 4). Därefter doseras fällningskemikalier till inkommande ledning och flödet passerar en elektromagnetisk flödesmätare och därefter en statisk mixer. Vattnet leds därefter genom ett galler till injektionstanken. I injektionstanken tillsätts mikrosand under kraftig omrörning och i passagen mellan injektionstank och mogningstanken tillsätts en polymer. Primärslampartiklarna och mikrosanden binds samman med polymeren under omrörningen i mogningstanken och en tung och kompakt flock bildas. I efterföljande lamellsedimenteringstank sedimenterar flockarna. Blandningen av sand och slam pumpas från botten av lamellsedimenteringstanken till en hydrocyklon där sand och slam separeras. Sanden återförs till injektionstanken och slammet leds ut.



Figur 4 Actifloanläggning placerad i försedimentering 12.

Reningsresultat

Pilotförsök vid Ryaverket (Fredriksson 2002) ger vid handen att vid tillflöden då bräddning är aktuell (ca 6 m³/s) ger actiflo-processen i genomsnitt 0,28 mg P/l.

Slamproduktion

Ett tunt kemslam (ca 2 g/l) med högt flöde när anläggningen är igång 300 m³/h. Separat hantering av detta slam skulle kräva stora förtjockarvolymmer eller investeringar i förtjockarmaskiner. Undersökningar i samband med pilotförsöken på Ryaverket (Fredriksson 2002) indikerar dock att detta slam skulle kunna tillföras övriga försedimenteringsbassänger och sedimentera i dessa.

Kombinationsmöjligheter med galler

Galler (6 mm) ingår. Eftersom dessa enbart behandlar det vatten som tillförs actiflo-anläggningen kommer de inte att ha någon inverkan på driften av övriga anläggningsdelar.

Risker och korrigerande åtgärder

Om anläggningen beskickas med avloppsvatten där sand ej avskilts tillräckligt kan sand med för grov fraktion anrikas i anläggningen och till slut behöva tömmas ut. Sand med rätt fraktion (0,18 mm) kan å andra sidan minska anläggningens sandförbrukning. Då anläggningen under drift har en viss förlust av sand finns en risk att denna kan påverka övriga anläggningsdelar med erosion och ökat slitage.

Referenser

Bräddvatten behandlas med Actiflo-tekniken på Achères i Paris (Gousailles och Binot, 1999) och enligt leverantören på ytterligare nio anläggningar i Europa.

Direktfällning

Direktfällning av $2 \text{ m}^3/\text{s}$ i fyra försedimenteringsbassänger innebär en ytbelastning av $3,75 \text{ m}/\text{h}$ på dessa bassänger. Bassängernas hydraulik förbättras efter erfarenheterna från försöksdriften i en försedimenteringsbassäng (Nordqvist och Mattsson, pågående). Förbättringarna innebär att bafflar sätts in i inloppsändan samt att avdragsystemet utökas för att täcka en större del av bassängytan. Vid försöksdriften pumpades vattnet till anläggningen. Metall-koagulant tillsattes före pumpen och en polymer strax före inloppet till bassängen. På så vis erhöles god inblandning av kemikalier. I det följande beskrivs tre möjliga varianter för tillämpning i full skala. I förslag DF1 pumpas delflödet till direktfällningen och rensas i en separat fingalleranläggning, förslag DF2 innebär att vattnet rinner med självfall genom direktfällningsanläggningen och förslag DF3 att hela Ryaverkets flöde passerar sandfång och fingaller varefter ett delflöde pumpas till direktfällningsanläggningen.

Beskrivning och dimensionering

Förslag DF1

En pumpstation anordnas vid sidan av fördelningskanal före försedimenteringsblock. Rorschakt-pumpar pumpar via MAG-flödesmätare till av motorlucka avstängd del av kanalen framför bassänger 9-12. Motorluckan är vid normal drift öppen för att stänga vid direktfällning. Då sandficka med sandupptagningsvagn finns inom den avstängda delen av kanalen fungerar inte sandupptagning när direktfällning sker.

Fällningskemikalie (trevärd eller multivalent) tillsätts före pumpar och polymer i slutet av tryckledning. Bafflar i bassängens inloppsände förbättrar flödesfördelningen och förhindrar returströmmar i bassängen. Extra avdragsrännor med avlastningsrör i slutet av bassängen förbättrar utnyttjandet av sedimenteringssytan. Med dessa förbättringar kan bassängerna behandla $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vardera, det vill säga totalt $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Rorschakt-pumparnas lyfthöjd tillåter inbyggnad av fingaller i direkt anslutning före pumpstationen. På detta sätt kan allt vatten till direktfällningen passera galler. Dessutom kan man vid normaldrift köra en stor del av årsflödet genom att köra pumparna men inte fälla.

Ser man på Ryaverket som helhet hittar man en hel del brister i detta alternativ. Vi får galleranläggningar på tre ställen som ger höga driftkostnader och fortfarande problem med topz etc. då inte allt vattnet gallras. Bygger man anläggningen utan galler finns risk för problem p.g.a. igensättning av tilloppspumpar.

Förslag DF2

Genom en motorlucka och skärmväggar regleras flödet som skall direktfällas med självfall till bassänger 9-12. Då det ej finns ytterligare hydraulisk marginal för mätträna eller MAG-flödesmätare måste flödesmätning ske med dopplermätare. Denna typ av mätare har dock en ganska dålig mätnoggrannhet. Fällningskemikalie (trevärd eller multivalent) inblandas med propelleromrörare. Flockning med luftomrörning. Polymer tillsätts i den luftomrörda zonen. Sandfickan i funktion som förslag DF1. Sedimenteringsbassängerna ombygges på samma sätt som DF1.

En svaghet i denna lösning är svårigheten att reglera och mäta flödet till direktfällningen med önskvärd noggrannhet. En kritisk punkt i processen är inblandningen och flockningen av kemikalier. Denna har inte kunnat testas i pilotanläggningen eftersom vattnet pumpades till densamma. Erfarenheter, främst från Norge indikerar att inblandningsanordningar som skulle ge fullgod inblandning av kemikalier kan konstrueras. Vid de vid Ryaverket genomförda pilotförsöken blandades kemikalierna in i tilloppspumpen varför konstruktion av sådana anordningar skulle kräva ytterligare underlag. Galler kan inte heller byggas in i detta alternativ, då dämningen i dessa skulle bli för stor.

Förslag DF3

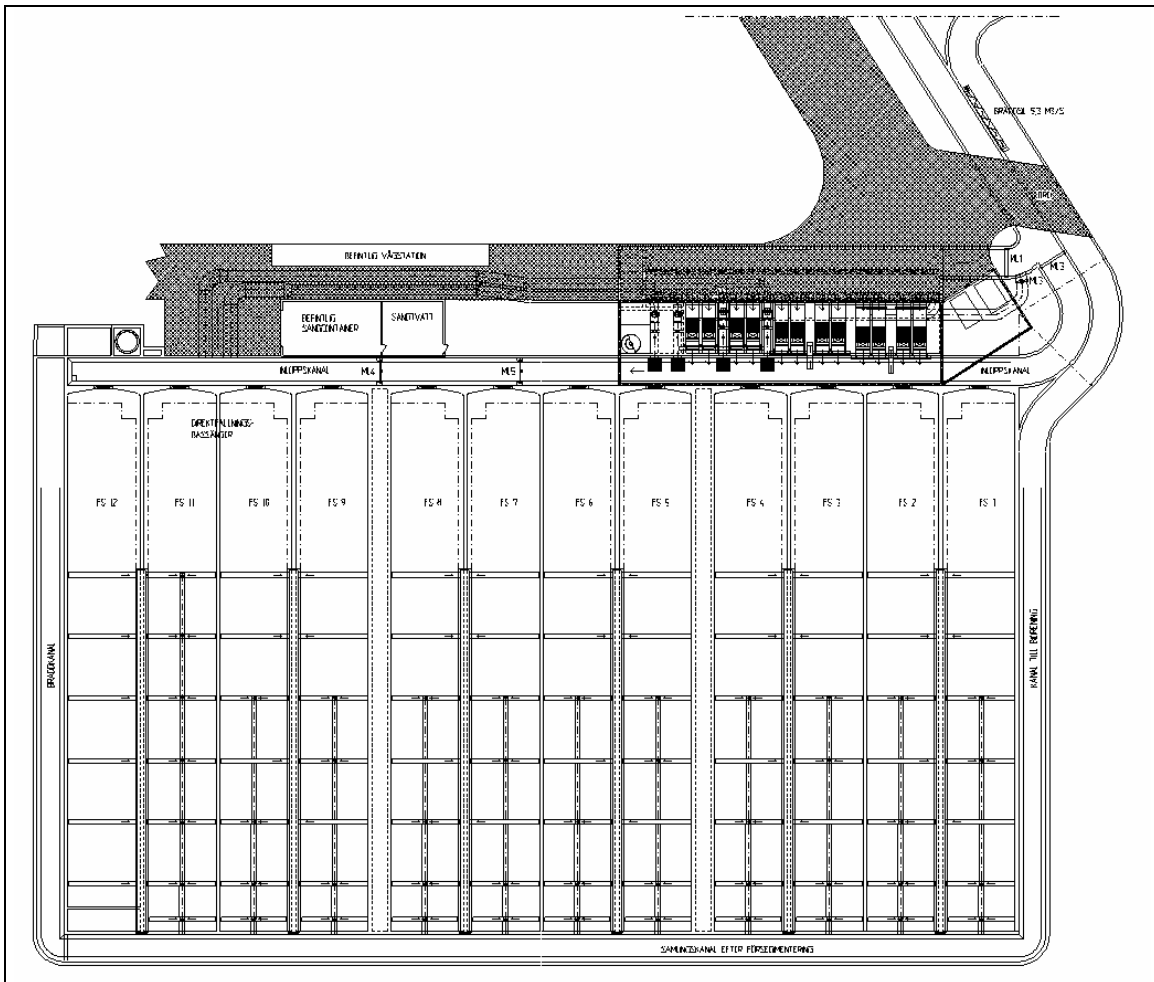
Som tidigare nämnts i stycket ”hydrauliska förhållanden i försedimenteringen” ger ombyggnaden av utloppsrännorna hydraulisk marginal för en anläggningsdel med fingaller och sandfång för verkets totala inkommande vattenmängd (Figur 5).

Om en sådan anläggning byggs kan pumparna placeras direkt i fördelningskanalen och vara av typen dränkbara cirkulationspumpar, då renet är avskilt. Delar av tryckledningarna med ventiler och MAG-flödesmätare kan placeras i gallerbyggnadens källarplan, liksom doseringsanläggningarna med sina lagringstankar. Tryckledningarna avslutas i fördelningskanalen framför FS10 och FS11. Denna del av kanalen som används till fördelning vid direktfällning har anslutning till den övriga kanaldelen via två motorluckor, som kan avdela 4 eller 6 försedimenteringsbassänger för direktfällning. Den befintliga sandupptagningen kan avvecklas när det nya sandfånget tas i drift.

Fällningskemikalie (trevärd eller multivalent) tillsätts före pumpar och polymer i slutet av tryckledningarna. Bafflar i bassängens inloppsände förbättrar flödesfördelningen och förhindrar returströmmar i bassängen. Extra avdragsrännor med avlastningsrör i slutet av bassängen förbättrar utnyttjandet av sedimenteringsytan. Med dessa förbättringar kan bassängerna behandla $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vardera, det vill säga totalt $2 \text{ m}^3/\text{s}$ alternativt $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Förslaget kräver som nämnts förbehandling, men blir billigt att bygga samtidigt som man inte behöver kompromissa med andra funktioner (sandhantering) i gemensamma volymer.

Då förfällning på hela eller delar av flödet p.g.a. efterföljande nya behandlingssteg för förbättrad rening kan bli aktuell, förbereds anläggningen också för att kunna fälla i två separata linjer alternativt allt inkommande vatten.



Figur 5. Plan av direktfällningsalternativ DF3 i kombination med galler och sandfång för totalflödet.

Reningsresultat

Försök i pilotskala under 2002 (Mattsson och Nordqvist, 2003 pågående) visar att utgående fosforhalter på 0,35-0,45 mg P/l åstadkoms stabilt i processen.

Slamproduktion

Den exakta slamproduktionen har varit svår att fastställa vid pilotförsöken. Vid flöden runt 6 m³/s var avskiljningen av suspenderad substans ca 3 ggr så hög med fällning som utan fällning.

Kombinationsmöjligheter med galler

Kombinationen direktfällning och fingaller/sandfång för hela flödet ger samordningsfördelar och andra vinster i hela anläggningen. Se vidare i avsnittet om galler och sandfång.

Risker och korrigerande åtgärder

Om de fyra bassängerna får svårt att klara de tänkta belastningarna eller om man i framtiden önskar öka direktfällningens kapacitet kan bassängerna kompletteras med lameller för kapacitet upp till ca 5 m³/s. Se vidare avsnitt "Direktfällning med lameller".

Referenser

Direktfällning dimensioneras ofta för ytbelastningar på 1-2 m/h (Ødegaard, 2001). På VEAS utanför Oslo har dock försedimenteringsbassänger drivits framgångsrikt med fällning vid ytbelastningar på 4 m/h (Sagberg et al, 1990). Även vid Bekkelaget drivs försedimenteringsbassänger vid höga flöden med fällning. Anläggningen är dock relativt ny, resultaten ej dokumenterade. Vetter och Krauth (2001) visade hyggelig avskiljning upp till ca 5 m/h i liknande system, därutöver behövdes lameller.

I övrigt är kombinationen utspätt vatten, fällning och hög ytbelastning i konventionella försedimenteringsbassänger sällsynt, eller åtminstone dåligt dokumenterad

Vid Ryaverket har försök genomförts under ett år (Nordqvist och Mattsson, pågående) som visar stabila utgående fosforhalter på runt 0,4 mg P/l vid en ytbelastning på 3,75 m/h, det vill säga under de föreslagna förhållandena. Försöken genomfördes i en av de befintliga försedimenteringsbassängerna.

Diskussion

Direktfällning i fyra eller sex befintliga försedimenteringsbassänger är ett alternativ som med fördel kombineras med ny fingalleranläggning och sandfång. Kemikalieinblandning och flockning är en kritisk punkt i systemet. I pilotförsöken har det visat sig fungera bra med inblandning av kemikalier i tilloppsspump till sedimenteringsbassängen följt av relativt kort uppehållstid i ledning. Vid alternativ utan pumpning måste funktionen hos andra system för inblandning/flockning säkerställas.

Direktfällning med lameller

Beskrivning och dimensionering

De befintliga försedimenteringsbassängernas kapacitet kan ökas genom installation av lameller. Ett lamellpaket med längden 33 m och med en total projicerad yta om 3000m² kan byggas in per bassäng utan att man behöver byta slamskrapor. Om man räknar med en ytbelastning på 1,5 m/h ger detta en kapacitet på 1,25m³/s per bassäng. (Till bassäng utan lameller är det räknat med ytbelastning närmare 4 m/h). Alternativen kräver förbehandling med fingaller.

Det ena alternativet är då att enbart använda bassäng 11 och 12 för direktfällning. Kapaciteten skulle då bli 2,5 m³/sek vilket ger god marginal för överkapacitet med hänsyn till omblandning i utloppskanal. En fördel med detta alternativ är att de tio bassänger som då står till förfogande för vatten till biosteget ej får höjd belastning p.g.a. bräddvattenreningen.

Det andra alternativet är att installera lameller i bassäng 9 – 12 och använda dessa för direktfällning. Bassängernas kapacitet då bli ca 5 m³/sek vilken med god marginal överstiger hela verkets årsmedelvärde. Detta ger en förbättrad nödlägesberedskap med möjlighet att behålla en god rening vid ett större haveri i övriga verket. Alternativet ger också möjlighet till alternativa processlösningar som reduktion av P till biosteg och ökad mängd bräddrenat vatten för att höja undre gränsen för recirkulation till biobäddar. Dessa möjliga processalternativ är ej utredda.

Reningsresultat

Då ytbelastningen på lamellerna är mindre än hälften av ytbelastningen på bassängen vid försöken i pilotskala under 2002 (Nordqvist och Mattsson, 2003 pågående) förutsattes att 0,4 mg P/l eller lägre kan åstadkommas stabilt också med lameller.

Slamproduktion

Slamproduktionen kan liksom för övriga alternativ antas öka i proportion till den behandlade vattenmängden. Detta kan kräva att slampumpningens kapacitet ses över. Skrapssystemets kapacitet är förmodligen tillräcklig.

Kombinationsmöjligheter med galler

Kombinationen direktfällning med lameller och fingaller/sandfång för hela årsflödet ger samordnings fördelar och andra vinster ute i hela anläggningen. Se vidare i avsnittet om galler och sandfång.

Risker och korrigerande åtgärder

Igensättning av lameller kan ge dålig funktion. Viktigt att få en effektiv avskiljning av fett från bassängen.

Flotation

Beskrivning och dimensionering

Försedimenteringsbassängerna är för långa för att drivas som flotationsbassänger med befintliga in- och utlopp. För att komma runt detta måste bassängerna delas upp. För detta behövs en hel del plats för anslutande ledningar. Volymen för förbehandling behövs också. För dessa ändamål tas en hel bassäng i anspråk. Flotationsseparatorerna placeras sedan lämpligen i två bassänger på vardera sidan. Genom att använda dessa tre bassänger kan en anläggning med en kapacitet på 3-4 m³/s byggas. Förbehandling med fingaller behövs.

En nackdel med flotationsalternativet är att bassängerna ej kan drivas som vanliga försedimenteringsbassänger vid normaldrift utan måste i så fall drivas med dispersionsvattenanläggningen igång utan kemikalier med högre driftkostnad som resultat. De aktuella bassängerna måste också överbyggas.

Reningsresultat

Pilotförsök har ej gjorts. Resultatet bör dock ligga i nivå med övriga processlösningar.

Slamproduktion

Processen ger ett tjockt slam (TS ca 2%) som tas ut i separat och pumpas med tillkommande pumpar till de mekaniska förtjockarna.

Kombinationsmöjligheter med galler

Kombinationen fingaller/sandfång för hela för hela årsflödet och flotation ger samordningsfördelar och vinster ute i hela anläggningen. Se vidare i avsnittet om galler och sandfång.

Kemikalieförbrukning

Samtliga lösningar bygger på att ett trevärt metallsalt och en polymer doseras. Försök har genomförts med Actiflo –processen Järnklorid (PIX). Då användes 15 g Fe/m³ och utgående fosforhalt reducerades till 0,2 mg/l. Vid försöken med direktfällning användes förutom PIX även polyaluminiumklorid (PAX respektive Ekoflock). Vid utspätt vatten användes 9 g Al/m³ och utgående halt var ca 0,4 mg P/l. I fullskala antar vi att 10 g Al/m³ behövs för att reducera fosforhalten till 0,4 mg P/l. Möjligheten att Actifloprocessen använder kemikalierna effektivare har beaktats genom att i beräkningarna (i Tabell 3) anta att enbart 8 g Al/m³ skulle behövas i den processen.

Samspel med andra anläggningsdelar

Fingaller och sandfång

Beskrivning och dimensionering

Som tidigare nämnts ger ombyggnaden av utloppsrennsystemet i försedimenteringsbassängerna möjlighet att hydrauliskt klara en fingallerinstallation utan mellanpumpning. Anläggningsdelen skulle då kunna placeras mellan fördelningskanalen framför försedimenteringsblocket och Rhododendronkullen. Via en förgrening med motorluckor tas vatten ut från kanalen strax efter bron.

Om den nya anläggningsdelen görs ca 36 m lång, ca 13 m bred och ca 7 m djup får sandfånget en volym på ca 1800 m³. Uppehållstid i sandfånget blir då 10 min vid 3 m³/s. Med marginal finns då plats för 12 st gallerkanaler med vattendjup 2,2 m och bredd 1,5 m. Gallrens ytbelastning blir då 0,4 m/s vid 15 m³/s. Det avskilda rensat tvättas och pressas i två steg för att få bort organiskt material och erhålla en torrhalt över 50% så att rensat kan förbrännas så effektivt som möjligt.

Sanden transporteras i sandfångets botten med skruvar till bottenficka i kortänden varifrån sanden pumpas till en sandtvättutrustning i anslutning till befintlig sandcontainer.

Den anläggningsdel som upptas av gallren förses med överbyggnad som fortsätter in över fördelningsrännan framför försedimenteringsbassängerna (se Figur 6). Resterande del, sandfånget och inloppskanalen, byggs så att den täckande betongplattan kan utgöra körbana med samma dragning som nu.

För att minska belastningen på försedimenteringsbassänger vid toppflöden installeras en motorlucka för förbiledning av vatten från kanalen efter fingaller till kanal mot biosteget. Alternativt finns även möjligheten att installera en bräddsil från tilloppskanalen uppströms bron till kanalen mot biosteget. En sådan sil med kapacitet 5 m³/s kan med hänsyn till tillgänglig plats installeras. Då denna avlastning även avlastar gallren kan det kostnadsmässigt bli rimligt att tänka sig kanaltrumsilar istället för steggaller i gallerbyggnaden.

Den tänkta anläggningsdelen får en rad positiva effekter både på direktfällningen och Ryaverket som helhet. Några som bör nämnas är:

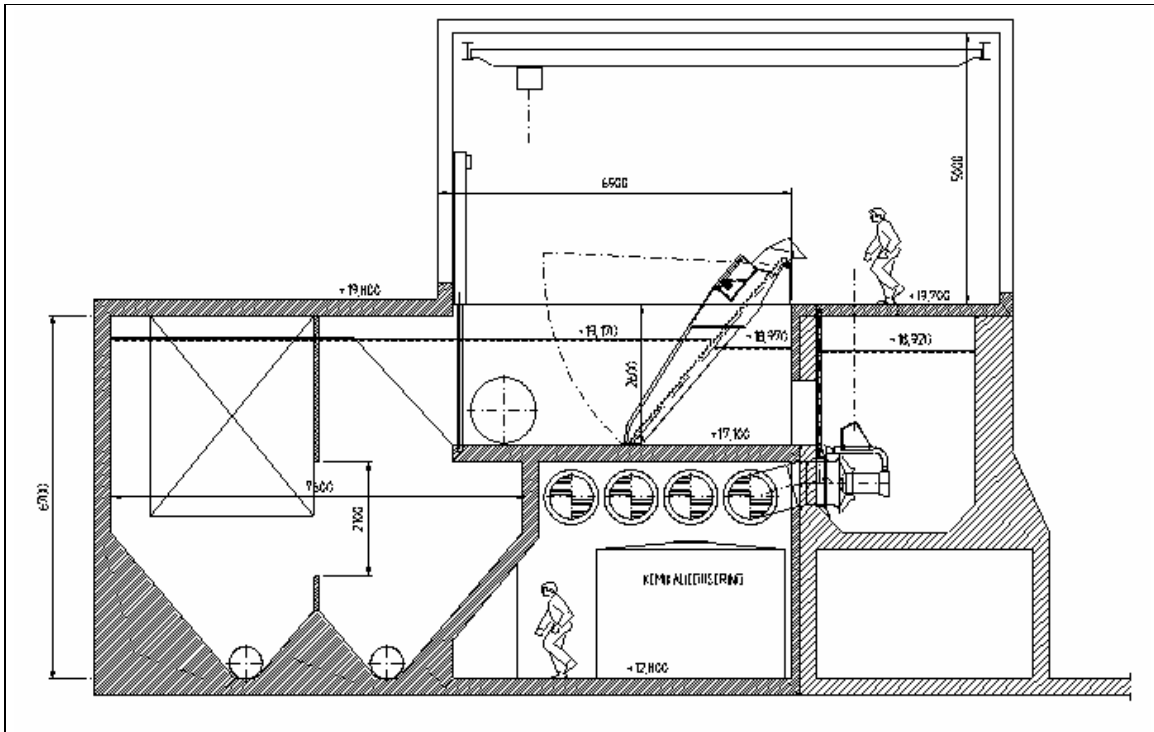
Positiva effekter

Sandfång:

- Ett nytt sandfång ger bättre förutsättningar att bygga en väl fungerande direktfällningsanläggning till låg kostnad, när man slipper kompromissa/konkurrera med sandupptagningsanläggningen i samma område framför bassäng 9-12. Preliminära kalkyler visar en besparing på ca 3 Mkr.
- Vid Actiflo-alternativet minskar ett fungerande sandfång risken för anrikning av sand med för processen för grov sandfraktion.
- Vi har idag en rad problem som förvärras av att den befintliga sandfickan har låg avskiljningsgrad. Sanden stjälar volym genom sedimentering i röt-kammarna och orsakar ökat slitage i centrifuger och pumpar. Många ledningar t.ex. returslamledningarna är invändigt kraftigt eroderade med sandinnehållet som bidragande orsak.
- Ett sandfång med sandupptagnings- och sandtvättutrustning är en förutsättning för att nå Gryaabs mål för att förbättra sandåtervinningen.

Fingaller:

- Den tänkta fingallerinstallationen förväntas, genom att den är dimensionerad för låg genomströmningshastighet och 2 mm spaltvidd, göra slamrensningens anläggningen och i denna planerade reinvesteringar överflödiga. Att slippa driva och bygga ut denna anläggning betalar en stor del av investerings- och driftkostnader för fingallren. (Besparingarna är ej medtagna i kalkylerna)
- Då slamrensutrustningen ej behövs friläggs byggnadsytor som bör kunna användas till utrustning för direktfällning eller renshantering och i så fall minska nybyggnadsvolymen. (Besparing är ej medtagen i kalkyler).
- Att bygga anläggningen för att tvätta och pressa/avvattna rensat till hög torrhalt ger förutsättningar att klara Gryaabs miljömål (2005) för gallerrens.
- Problem med igensatta kanaler i biobäddsmaterialet beror delvis på material som skulle ha avskilts om en väl fungerande fingallerinstallation varit i drift.
- En silgallerinstallation, väl dimensionerad med låg genomströmningshastighet och 2 mm spaltvidd, förväntas också kunna avskilja topz och annat som idag ställer till problem i kanaler och eftersedimenteringsbassänger. För framtida behandlingssteg såsom mikrosilar, filter och biofilmsanläggningar erhålles också en nödvändig förbehandling.
- Flytslammet/fettet som avskiljs på försedimenteringsbassängerna kommer dels att minska i mängd, dels att bli av med sitt höga innehåll av trasor och dylikt. Förmodligen kommer merparten av fettet att återfinnas i rejektvattnet från renspressarna. Fettet bör då kunna separeras ur processen utan att behöva nå försedimenteringsbassängerna.



Figur 6 Snitt genom gallerinstallation med sandfång för hela årsflödet.

Slam

Alla alternativ innebär att mer partiklar avskiljs ur avloppsvattnet, därav själva reningseffekten. Det inkommande avloppsvattnets partikelinnehåll varierar dock kraftigt med tiden, särskilt vid höga och varierande flöden. Detta tillsammans med effekten av diskontinuerlig slampumpning och lagringseffekter i sedimenteringsbassängerna gör det svårt att vid korta försöksdrifter uppskatta den ökning av slammängden som måste finnas. Uppskattningar baserade på försöken med actiflo och direktfällning ger vid handen att slamproduktionen skulle öka med 25 – 100 % om man vid en tillrinning av 6 m³/s startar fällning av 2 m³/s. Om hänsyn tas till de tillsatta kemikalimängderna blir ökningen ytterligare något större. Vid de olika alternativen används krävs ungefär lika mycket kemikalier varför slampproduktionen inte bör skilja alternativen åt.

Det som däremot skiljer alternativen åt är hur koncentrerat slammet är. I Actiflobassängens lilla slamficka hinner väldigt lite förtjockning ske varför slammet blir mycket tunt, ca 2 g SS/l. Vid direktfällning sker förtjockning i slamfickan till en TS-halt på 2-4% TS, det vill säga 10 – 20 ggr högre än för Actiflo-slammet. Vid flotation förtjockas slammet i slamtäcket på ytan till en torrhalt på ca 2%. Slammens olika koncentration ger olika förutsättningar för slamhanteringen.

Direktfällningsslammet, liksom flotationsslammet, kan förtjockas i förtjockarmaskinerna, precis som idag. Tester visade att förtjockarmaskinernas funktion var minst lika bra med detta kemslam som med vanligt primärslam.

Det tunna Actiflo-slammet, som på grund av sin låga koncentration i gengäld produceras i stora volymer, skulle kräva stora resurser vid separat hantering. Det föreslagna alternativet är att tillföra

det till övriga försedimenteringsbassänger och låta det sedimentera där. Försök indikerar att klarningen i bassängen kan förbättras genom inblandning av kemslammet.

Sammanställning av alternativen och slutsatser

Förutsättningar för alternativen samt beräknade kostnader har sammanställts i Tabell 3. För beräkningarna av driftkostnader antas att anläggningen är i drift 200, 400 eller 600 h/år samt att 10 g Al/m³ används vid direktfällning och flotation. För Actiflo-processen har en lägre kemikalieåtgång antagits under hypotesen att processen på grund av sin tillsatts av tyngande material i gengäld kräver mindre fällningskemikalier (8 g Al/m³) för att uppnå samma resultat. Detta innebär en något ”snällare” bedömning av Actiflo-processen.

De kalkyler som gjorts visar att kapitalkostnaderna för de tänkta anläggningarna får stor betydelse när drifttiden är en bråkdel av årets timmar. Detta innebär att den enkla och billiga direktfällningsanläggningen får den klart lägsta årskostnaden. För att få en bra driftsäkerhet rekommenderas att galler används som förbehandling av vattnet till direktfällningen.

Om man ser på Ryaverket i sin helhet ger en samtidig utbyggnad med fingaller/sandfång för hela årsflödet en mängd fördelar som kommer både direktfällningen och övriga anläggningsdelar till godo. Då investeringarna kommer andra delar till godo, samt kan slås ut på allt vatten under årets alla timmar, ger kombinationen direktfällning och galler / sandfång de lägsta driftkostnaderna.

Den föreslagna direktfällningen ger även goda möjligheter till kapacitetsökning, vid t.ex. krav på ännu lägre fosforhalter, genom installation av lameller i sedimenteringsbassängerna.

Utredningen visar att direktfällning på fyra till sex befintliga försedimenteringsbassänger i kombination med nytt behandlingssteg bestående av fingaller med sandfång för hela årsflödet är den för Gryaab mest lämpliga lösningen.

Tabell 3 Sammanställning av utredda alternativ

Alternativ	Actiflo 2 m3/sek	Direktfällning DF1 2 m3/sek Pumpning via rör	Direktfällning DF3 2 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Direktfällning DF2 2 m3/sek Gravitation	Direktfällning DF3 + Lameller 2,5/5 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Flotation (Angivna kostnader osäkrare än de på övriga alternativ) Fingaller erfordras
Uppstart	5-10 min om polymer finns	30-60 min om polymer finns	30-60 min om polymer finns	30-60 min om polymer finns	15-45 min om polymer finns	15-30min om polymer finns
Ytbelastning Räknat på flödet genom antal använda bassängers yta.	15	3,8	3,8	3,8	9,6	10
Ytbehov 2 m3/s	1 FS	4 FS	4 FS	4 FS	2 FS = 2,5 m3/sek	1-2 FS
Ytbehov 3 m3/s	2 FS	6 FS	6 FS	6 FS	2-3 FS	2-3 FS
Ytbehov 4 m3/s	2 FS	8 FS	8 FS	8 FS	3-4 FS 4 FS = 5 m3/sek	3 FS
Energiförbrukning På skala 1-10, samt i kWh för 200, 400 och 800 h/år	9 35000 70000 140000 (Exklusive in- eller utpumpning)	3 13200 26400 52800	2 9400 18800 37600	1 4000 8000 16000	2 9400 18800 37600	10 41000 82000 164000 (Inklusive inpumpning)
Skötsel/Underhåll på en skala 1-5	5	2	2	2	3	4
Utrustning utöver bassäng	Hydrocyklon Sandhantering Många maskiner Lameller				Lameller	Ytslambhantering Dispersionsutr. Tryckluft Flera pumpar
Kemikalier/	Metallsalt	Metallsalt	Metallsalt	Metallsalt	Metallsalt	Metallsalt

Alternativ	Actiflo 2 m3/sek	Direktfällning DF1 2 m3/sek Pumpning via rör	Direktfällning DF3 2 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Direktfällning DF2 2 m3/sek Gravitation	Direktfällning DF3 + Lameller 2,5/5 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Flotation (Angivna kostnader osäkrare än de på övriga alternativ) Fingaller erfordras
förbrukningsmaterial	Polymer Sand	Polymer	Polymer	Polymer	Polymer	Polymer
Inblandning kemikalier	Inblandning med omrörare	Inblandning i propellerpump	Inblandning i propellerpump och mätträna	”VEAS-modellen” Erfarenheter?	Inblandning i propellerpump och mätträna	Inblandning i propellerpump och mätträna
Flockning kemikalier	Flockn.bassänger – beprövat	Flockning i rör	Flockning i kanal med mätträna	Flockning i kanal	Flockning i kanal med mätträna	Flockning i kanal med mätträna
Renings-resultat P	0,2-0,3	0,3-0,7	0,3-0,7	0,3-0,7?	0,2-0,5	0,4 ?
Kommentarer	god säkerhet beprövat Utlopp till bräddkanal!	Lovande	Lovande. Prisvärt pumpalt.	Fungerar flockning?	Ger DF3 kapacitetshöjning till ca 5 m3/sek nu eller i framtiden!	Beprövat Separat hantering av floterat slam belastar ej FS men inte gratis.
Komponenter	Me-lager Me-dos Poly-beredn. Poly-dos Sandlager Sanddos Galler ”Kip-ränna” Kemikalieinblandning Flockningstankar Lamellsed. Avdragsrännor Hydrocyklon Utlopp(vart?)	Me-lager Me-dos Poly-beredn. Poly-dos Lucka KFF Pump Rörflockning Bafflar Avdrags-rännor	Me-lager Me-dos Poly-beredn. Poly-dos Lucka KFF Pump Kanalflockn. Bafflar Avdrags-rännor	Me-lager Me-dos Poly-beredn. Poly-dos Avdelning ränna Reglerlucka Inblandningsanordning Bafflar Avdrags-rännor	Me-lager Me-dos Poly-beredn. Poly-dos Lucka KFF Pump Kanalflockn. Mätträna Bafflar Lameller Avdrags-rännor	Me-lager Me-dos Poly-beredn. Poly-dos

Alternativ	Actiflo 2 m3/sek	Direktfällning DF1 2 m3/sek Pumpning via rör	Direktfällning DF3 2 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Direktfällning DF2 2 m3/sek Gravitation	Direktfällning DF3 + Lameller 2,5/5 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Flotation (Angivna kostnader osäkrare än de på övriga alternativ) Fingaller erfordras
Investering (Msek)	(29,4)	13,5	(7,5)	8,2	(15,5 / 22,5)	(Ca 28)
inkl. galler delflöde	31,4	20,0	Ej möjligt	Ej möjligt	Ej möjligt	Ca 30
inkl. galler hela flödet	60,5		38,6	Ej möjligt	46,6 / 53,6	Ca 58
Drifkostnad inkl. kapital (Msek)						
Vid 200, 400 respektive 800 t/år						
inkl galler delflöde	4,32 4,60 5,13	1,94 2,25 2,85	(1,45) (1,75) (2,36)	1,47 1,77 2,37	(2,67 / 3,75) (2,98 / 4,05) (3,59 / 4,66)	(3,55) (3,87) (4,50)
inkl. galler hela flödet	7,72 8,00 8,53	2,78 3,10 3,70	5,16 5,46 6,07		6,38 / 7,46 6,69 / 7,76 7,30 / 8,37	7,26 7,58 8,21
Arbetsmiljö	Metallsalt Polymer Många komponenter Trångt? Överbyggd anläggning	Metallsalt Polymer	Metallsalt Polymer	Metallsalt Polymer	Metallsalt Polymer Inkluderar automatiserad hantering av flytslam	Metallsalt Polymer Tryckluft Slamtäcke Överbyggd anläggning
Risk för dålig funktion	Gravitation? Sand kontamineras	Flock i utgående pga hög ytbelastning	Flock i utgående pga hög ytbelastning	Kemikalienblandn. Flocc i utgående pga hög ytbelastn.	Avsättningar på lameller	
Korrigerande åtgärder	Byt ut sand Galler, sandfång	Komplettera med lameller	Komplettera med lameller	Komplettera med lameller		
Kombination med silgaller	Kan byggas till	Kan byggas till	Kan byggas till	Problem med hydrauliken	Kan byggas till	Kan byggas till

Alternativ	Actiflo 2 m3/sek	Direktfällning DF1 2 m3/sek Pumpning via rör	Direktfällning DF3 2 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Direktfällning DF2 2 m3/sek Gravitation	Direktfällning DF3 + Lameller 2,5/5 m3/sek Pumpning i kanal Fordrar Silgaller hela flödet	Flotation (Angivna kostnader osäkrare än de på övriga alternativ) Fingaller erfordras
Referens-anläggningar, Erfarenheter	Utgående: Borås t.ex. CSO: Achères +9 bl.a. (Genève)	Gryaab, försök	Gryaab, försök	VEAS Bekkelaget	Ett flertal anläggningar i Tyskland bl.a. Plön vid Nordsjökusten.	Förflotation vanligt i Frankrike.
Slamhantering	Tunt slam till övriga FS?	Kemslam följer med primärslam	Kemslam följer med primärslam	Kemslam följer med primärslam	Kemslam följer med primärslam	Floterat slam med högt TS. Separat hantering till rötk.
Påverkan på slambehandling	mer slam/kemslam kapacitet på föravvattnare	mer slam/kemslam kapacitet på föravvattnare	Mer slam/kemslam Kapacitet på föravvattnare	mer slam/kemslam kapacitet på föravvattnare	mer slam/kemslam kapacitet på föravvattnare	Avlastar den befintliga slamhanteringen från FS.
Påverkan på vattenrening	Möjlig förbättring av klarning i FS. Hög slambelastning på FS tillsammans med överskottsslammet vid längre bräddperioder.	Hög slambelastning på FS tillsammans med överskottsslammet vid längre bräddperioder.	Hög slambelastning på FS tillsammans med överskottsslammet vid längre bräddperioder.	Hög slambelastning på FS tillsammans med överskottsslammet vid längre bräddperioder.	Hög slambelastning på FS tillsammans med överskottsslammet vid längre bräddperioder.	Ingen

Referenser

- Fredriksson 2002 Actiflo på Ryaverket – provdrift på Ryaverket oktober-december 2001.
- Gousailles, M. and Binot, P. (1999) Cutting wet weather pollution of the river Seine. *Water Quality International*, May/June 1999, 59-61.
- Haarbo 2002 Anders Haarbo, Krüger A/S. Actiflo™ pilotförsök , Behandling av avloppsvatten vid Ryaverket, Göteborg, 22. Januari 2002, Ordre nr. 102527
- Johnsson 2002 Strömningsberäkningar av utlopp till sedimenteringsbassäng. ÅF Beräkningsrapport 38-C-02-0026
- Krüger 2000 Actiflo på Ryaverkets bräddvatten, I Krüger AB mars 2000
- Legeth 2001 Litteraturstudie över alternativa metoder för bräddvattenrening vid GRYAAB.
- Mattsson och Fredriksson 2000 Mattson, A och Fredriksson, O (2000) Effekt av längre gående partikelavskiljning vid Ryaverket – beräkningar. GRYABB Rapport 2000:2.
- Nordqvist och Mattsson, Pågående Rapport om genomförda försök med direktfällning vid Ryaverket.
- Sagberg, P., Saether, R. och Baggerup Berge, A. (1990) Increasing the Surface load at a directprecipitation plant, VEAS, Norway. 4th International Gothenburg Symposium on Chemical Treatment, Madrid, Spain.
- Ødegaard, 2001). The use of dissolved air flotation in municipal wastewater treatment. *Wat. Sci. Tech.*. Vol. 43, No. 8, pp. 75-81

Kapitalkostnader

Energi, kemikalier och underhållskostnader

Kapitalkostnader					Energi, kemikalier och underhållskostnader							
Invest.kostnad	Alternativ	Delårskostnad Kapital	Ränta %	Amort år	Effekt kW / 1m3/s	kWh kost kr / kWh	PolyAlCl g/m3	PolyAlCl kr / kg	Polymer g/m3	Polykost kr/kg		
23200000	Actiflo+G	-2 861 434,42 kr	5	10	90	0,5	90	1,77	0,5	22		
21200000	Actiflo u G	-2 614 759,04 kr	5	10	85	0,5	90	1,77	0,5	22		
8850000	DF1 u G	-1 091 538,56 kr	5	10	30	0,5	111	1,77	0,5	22		
13500000	DF1 + G	-1 665 058,82 kr	5	10	35	0,5	111	1,77	0,5	22		
6320000	DF2	-779 494,20 kr	5	10	10	0,5	111	1,77	0,5	22		
7440000	DF3	-917 632,42 kr	5	10	25	0,5	111	1,77	0,5	22		
15440000	DF3L2.5	-1 904 333,94 kr	5	10	25	0,5	111	1,77	0,5	22		
22440000	DF3L5.0	-2 767 697,77 kr	5	10	25	0,5	111	1,77	0,5	22		
17000000	Flotation	-2 096 740,74 kr	5	10	105	0,5	111	1,77	0,5	22		
18100000	Galler för 15 m3/s	-2 232 412,20 kr	5	10	30	0,5	(Effekten är årsmedel)					
Invest.kostnad	Alternativ	Delårskostnad Kapital	Ränta %	Amort år	Energi kr/tim 2m3/s	PolyAlCl kr/tim 2m3/s	POLY kr/tim 2m3/s	MicroSand g/m3	MicroSand kr/kg	MicroSand kr/tim 2m3/s		
8100000	Actiflo	-501 825,36 kr	5	30	-90 kr	-1 147 kr	-79 kr	5	0,7	-25 kr		
4500000	DF1 u G	-278 791,86 kr	5	30	-30 kr	-1 415 kr	-79 kr					
6500000	DF1 + G	-402 699,36 kr	5	30	-35 kr	-1 415 kr	-79 kr					
3200000	DF2	-198 251,99 kr	5	30	-10 kr	-1 415 kr	-79 kr					
50000	DF3	-3 097,69 kr	5	30	-25 kr	-1 415 kr	-79 kr					
50000	DF3L2.5	-3 097,69 kr	5	30	-25 kr	-1 415 kr	-79 kr					
50000	DF3L5.0	-3 097,69 kr	5	30	-25 kr	-1 415 kr	-79 kr					
10000000	Flotation	-619 537,48 kr	5	30	-105 kr	-1 415 kr	-79 kr					
13000000	Galler för 15 m3/s	-805 398,72 kr	5	30	-15 kr	(Kostnad är årmedeltim)						
Summa alla kostnader												
Investering	Årskostnad kapital	Beh. Bräddning	Underhåll		Tot tim / år		Tot tim / år		Tot tim / år		Tot tim / år	
31 300 000 kr	Actiflo+G	-3 363 260 kr	2 m3/s	3 % av M-kost	200	Kr/m3	400	Kr/m3	800	Kr/m3	8760	
29 300 000 kr	Actiflo u G	-3 116 584 kr	2 m3/s		Actiflo+G	-4 327 532 kr	-3,01 kr	-4 595 804 kr	-1,60 kr	-5 132 348 kr	-0,89 kr	-15 809 573 kr
13 350 000 kr	Actiflo u G	-3 116 584 kr	2 m3/s		Actiflo u G	-4 019 856 kr	-2,79 kr	-4 287 128 kr	-1,49 kr	-4 821 672 kr	-0,84 kr	-15 459 098 kr
13 350 000 kr	DF1 u G	-1 370 330 kr	2 m3/s		DF1 u G	-1 940 587 kr	-1,35 kr	-2 245 344 kr	-0,78 kr	-2 854 858 kr	-0,50 kr	-14 984 178 kr
20 000 000 kr	DF1 + G	-2 067 758 kr	2 m3/s		DF1 + G	-2 778 515 kr	-1,93 kr	-3 084 272 kr	-1,07 kr	-3 695 785 kr	-0,64 kr	-15 864 906 kr
9 520 000 kr	DF2	-977 746 kr	2 m3/s		DF2	-1 468 103 kr	-1,02 kr	-1 768 860 kr	-0,61 kr	-2 370 373 kr	-0,41 kr	-14 340 494 kr
7 490 000 kr	DF3	-920 730 kr	2 m3/s		DF3	-1 447 687 kr	-1,01 kr	-1 751 444 kr	-0,61 kr	-2 358 957 kr	-0,41 kr	-14 448 478 kr
15 490 000 kr	DF3L2.5	-1 907 432 kr	2 m3/s		DF3L2.5	-2 674 388 kr	-1,86 kr	-2 978 145 kr	-1,03 kr	-3 585 659 kr	-0,62 kr	-15 675 179 kr
			2,5 m3/s		DF3L2.5	-2 750 328 kr	-1,53 kr	-3 130 024 kr	-0,87 kr	-3 889 416 kr	-0,54 kr	-19 001 316 kr
22 490 000 kr	DF3L5.0	-2 770 795 kr	2 m3/s		DF3L5.0	-3 747 752 kr	-2,60 kr	-4 051 509 kr	-1,41 kr	-4 659 023 kr	-0,81 kr	-16 748 543 kr
			5 m3/s		DF3L5.0	-4 203 387 kr	-1,17 kr	-4 962 779 kr	-0,69 kr	-6 481 563 kr	-0,45 kr	-36 705 365 kr
27 000 000 kr	Flotation	-2 716 278 kr	2 m3/s		Flotation	-3 546 035 kr	-2,46 kr	-3 865 792 kr	-1,34 kr	-4 505 305 kr	-0,78 kr	-17 231 626 kr
31 100 000 kr	Galler för 15 m3/s	-3 037 811 kr	2 m3/s		Galler för 15 m3/s	-543 000 kr						-3 712 211 kr
38 590 000 kr	G15 m3/s + DF3	-3 958 541 kr	2 m3/s		G15 8760 t/å + DF3	-5 159 898 kr	-1,03 kr	-5 463 655 kr	-0,64 kr	-6 071 168 kr	-0,44 kr	-18 160 689 kr