



Implementering av Cykloner i returslamflödet

Grontmij AB
Vatten & Ledningsteknik

Namnteckning

Granskad av
Ola RosénGodkänd av
Oscar Tottie

Innehållsförteckning

Bakgrund	3
Designunderlag	4
Cykloners funktion.....	4
Maskinuppställning för pilotanläggning.....	5
Styrstrategi	6
Bräddfunktion och nöddstopp	6
Kostnadsbedömning pilotanläggning	6
Provtagningsprogram och utvärdering	7
Implementering i fullskala	8
Bilagor	8

Bakgrund

Kapaciteten för eftersedimenteringarna i Käppala reningsverk är grundläggande för verkets totala hydrauliska kapacitet vid verket. Sedimenteringens kapacitet styrs av slamegenskaperna som normalt varierar beroende på årstid, belastning och andra störningar orsakade av t.ex. ytaktiva bakterier som filament mm. Slamegenskaperna karakteriseras ofta i slamvolymindex (SVI) där slammets förmåga att sedimentera i tid och koncentration mäts. Kapaciteten för den biologiska reningen styrs i hur mycket tillgängligt aktivt slam man har och då även vilket kapacitet sedimenteringen har att återföra det aktiva slammet till biologin. Käppalaverket har idag stora svängningar kring sitt SVI, vilket man idag hanterar med att dosera järnsulfat vilket förbättrar sedimenteringshastigheten för slammet. Grontmij marknadsför en lösning där man låter strömmen av returslam passera genom en hydrocyklon där slammet i det biologiska steget selekteras. Genom detta skapas en anrikning tyngre slampartiklar till det biologiska steget och eventuella ytaktiva eller lättare fraktioner selekteras ut och förs ur processen. På detta sätt erhåller man bättre slamegenskaper vilket ger besparingar på kemikalier och energi mm. Försök och drift med cykloner i fullskala har visat på förbättrade sedimenteringsegenskaper där man stabiliserar SVI, som annars har stora variationer över året. Man kan även påvisa att andelen ytaktiva filamentbildande bakterier minskar i det biologiska steget.

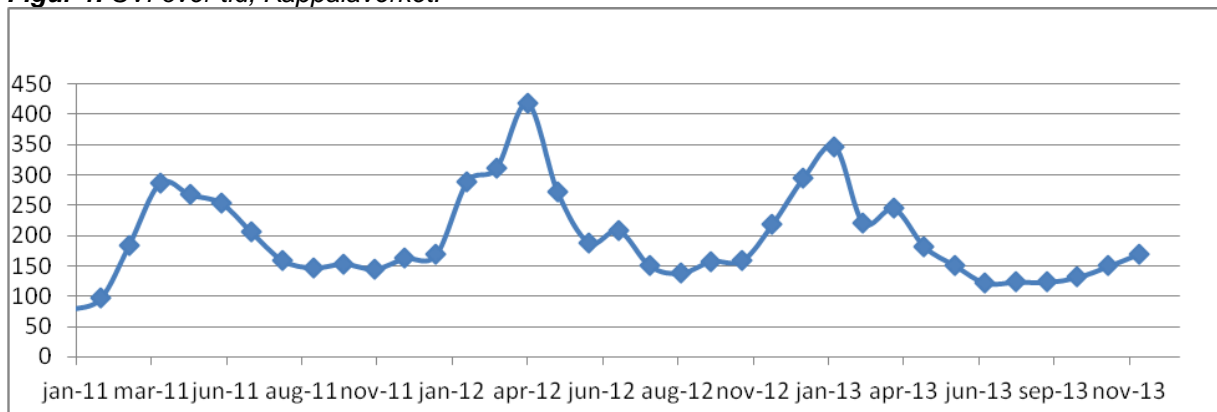
Det var i pågående försök med anammoxbakterier i huvudströmmen genom processen EssDe® vid reningsverket i Strass som man först noterade att säsongsvariationen i SVI uteblev. Användandet av cykloner för att hålla kvar de tunga anammox- och ammoniumoxiderande bakteriekulturerna visade sig vara orsaken till dessa förbättrade slamegenskaper. Genom selektionen av bra slam och möjligheten till högre slamhalter ökar även nitrifikationskapaciteten i biosteget. Ett studiebesök för EssDe till reningsverket i Strass genomfördes tillsammans med SYVAB, Tekniska Verken, Käppala, och Grontmij i maj 2013. De fördelar som kunnat uppnås genom användandet av cykloner presenterades och diskuterades med driftpersonal samt forskaren Bernard Wett.

Idag finns en pågående patentansökan för användandet av cykloner för applicering i det biologiska steget. I Sverige representeras detta ärende av Grontmij AB. Cykloner används i den patenterade processen DEMON® samt EssDe® (pågående patentansökan) som marknadsförs och säljs på den svenska marknaden av Grontmij AB.

Mål

Genom att genomföra pilotförsök kommer implementeringen av cykloner på returslammet visa effekterna för Käppalaverket slamegenskaper och visa på optimal dimensionering för ett utförande i full skala. Målsättning är att uppnå ett stabilare SVI, kring 100-150 historiskt normalvärde, istället för dagens variationer mellan 80-400, samt att bidra till minskad kemikalie- och energiförbrukningen vid verket.

Figur 1. SVI över tid, Käppalaverket.



Designunderlag

Grontmij har i denna utredning vid platsbesök kontrollerat utrymmen och anslutningsmöjligheter för att implementera pilotanläggningen. Uppställningen och utförandet av cyklonerna har sedan bestämts utav flödet och slammets sammansättning. Månadsmedelvärde av SVI har räknats fram från juni 2011 fram till november 2013 med data erhållna från Käppala enligt figur 1 och tabell 1.

Tabell 1. Designparametrar

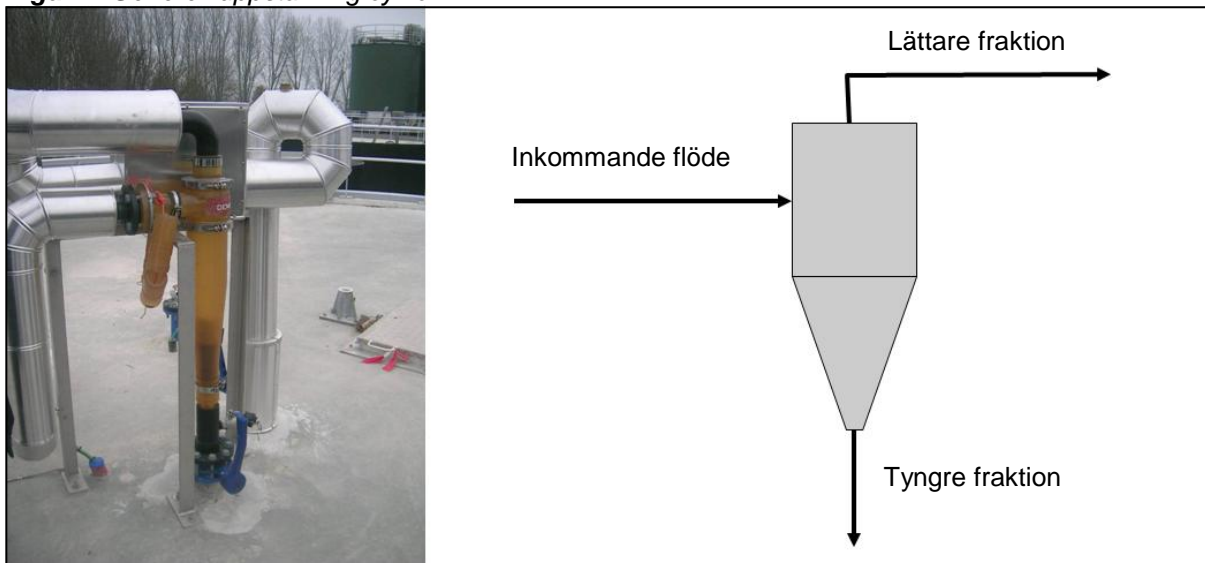
Parameter	Enhet per linje	2011	2012	2013 (tom 19 nov)
Flöde biologi linje 11	m ³ /s		0,26	0,22
Slamhalt biologi medel	g/l	1924	-	-
Totalt flöde returslam - medel	l/s	97,7	112,5	97,2
- min*	l/s	-	-	-
- max	l/s	321	711	396
Flöde överskottsslam - medel	l/s	3,53	3,61	3,55
- min*	l/s	-	-	-
- max	l/s	4,76	7	4,72

* min-värden ≈ 0

Cykloners funktion

Cykloner används för att avskilja olika fraktioner i ett vätskeflöde. Inkommande vätska förs in från sidan i den övre delen av cyklonen och rör sig i en virvelrörelse nedåt i den avsmalnade delen av cyklonen. När vätskan når den smalare änden på cyklonen bakas föroreningarna samman och de tyngre partiklarna tas ut i botten. Samtidigt förs den lättare fraktionen i vätskan uppåt i en motrörelse i form av en tätare, smalare virvel för att sedan släppas ut genom det övre utloppet. Cykloner använder sig av centrifugalkraftens inverkan på vätskan för att separera partiklar. Det finns inga rörliga delar inuti en cyklonkropp och ingen filtermedia. Genom att reglera hastighet och med den centrifugalkraften samt dimensionen på cyklonen, kan man styra de olika fraktioner som skall separeras i den behandlade vätskan. Vid dimensionering av en cyklon görs en initial beräkning där man dimensionerar på flödet och typ av vätska. För att fastställa optimal utförande genomförs pilotförsök där man testar föreslagen cyklon på den specifika vätskan och flödet. För Käppalaverket har en cyclontyp förslagits med nödvändig kapacitet för att uppnå optimala förutsättningar för pilotförsöket.

Figur 1. Generell uppställning cyklon



Maskinuppställning för pilotanläggning

Käppalaverket är utrustad med en försökslinje där en linje i det biologiska reningssteget kan isoleras från övriga verkets linjer. Pilotsutrustningen sätts upp i befintlig försökslinje, linje 11, vid Käppalaverket. Det flöde som separeras till pilotutrustningen är överskottsslamuttaget från returslamflödet för linje 11. Anslutning till befintligt rörsystem sker förslagsvis på överskottsslamuttaget, enligt figur 2, och pumpas med en ny skruvcentrifugalpump i källarplanet till cyklonen som placeras våningen ovanför intill befintlig delning av returslammet. Efter slammet selekterats i cyklonen förs en returström åter till returslamkammaren för linje 11 samt en ström med avskiljt slam åter till befintlig överskottslampump FT42-P003. Hela flödesschemat illustreras i bilaga 1.

Figur 2. Inkoppling befintligt överskottsslamuttag



- Inkoppling pilotanläggning
- Ny passbit SS2333 (prefab)
- Ny anslutning till pilot DN80
- Ny ventil typ skjutspjäll
- Befintlig spolvattenanslutning
- Ny anslutning, retur från CIPAX DN80

Utgångspunkt för cyklonen är att ca 70 % av inpumpat slam i cyklonen återförs åter till överskottsslamuttaget vilket ger en erforderlig kapacitet över cyklonen på mellan 15-25 m³/h (~4-7 l/s). Cirka 30 % av inpumpat flöde går åter till returslammet i linje 11. I pilotförsök kommer optimal fördelning fastställas. Framtagande av cyclontyp har gjorts av Grontmij i samarbete med Cyklar Stultz. Dimensionering bygger på erhållna data, figur 1 och tabell 1, från Käppalaförbundet.

Pilotanläggningen utförs med en nödbräddningsfunktion på utjämningsstanken efter cyklonen för att kunna hantera eventuella störningar. Nivåmätning indikerar bräddning från utjämningsstanken. Nivågivare i ny utjämningsstanken styr befintlig överskottslampump (P1) FT42-P003.

Inledningsvis kommer troligtvis behov finnas att dosera järnsulfat i linje 11. För att kunna kontrollera och justera doseringsmängd föreslås att gemensam dosering ändras så att linje 11 får en egen dosering. Utförande sker med egen pump med flödeskontroll som doseras till linje 11. Doseringspunkt för övriga linjer flyttas till efter delning av returslamflödet och försörjer linje 1 till 10.

Styrstrategi

In och urkoppling av pilotanläggning sker manuellt. Temporär driftinstruktion tas fram för tiden pilotförsök genomförs. Följande styrstrategi beskrivs utifrån PID-schema och objektslista i bilaga 1.

När pilotanläggning är inkopplad är AV3 stängd, AV2 och AV5 öppen samt RV1 inställd. AV4 kvarstår med befintlig funktion. I urkopplat läge stängs AV2 och AV5 samt AV3 öppnas.

Nedan följer förslag på inledande styrning av piloten

- Pump P2 ställs in till fast flöde motsvarande 133 % av erforderligt behov av överskottsslamuttag från pump P1. Intrimning sker så att nivå i utjämningstanken är i balans.
- IN06 kopplas in som torrkörningsskydd för P1.
- Styrning av P2 görs mot att IN04 skall vara lika mot IN02.
- Intrimning av P2 och RV1 görs mot erforderligt flöde IN01 erhåll vid 1.6 bar IN03.
- Bräddning kontrolleras via högnivå i utjämningstank IN05.
- IN05 styr erforderligt flöde från pump P1 (kopplas in efter intrimning).

Efter intrimning och inledande analys av cyklons selektering föreslås att pilotanläggningens styrs utifrån dagens styrstrategi för överskottsslamuttag. Pump P2 kan frekvensstyras i linje med befintlig pump P1 så att dynamiskt uttag kan erhållas.

Bräddfunktion och nöddstopp

En nödbräddningsfunktion sätts på utjämningstanken efter cyklonen för att kunna hantera eventuella haverier och olyckor. Detta bräddflöde leds till returslamfickan för linje 11. Ett nödstopp för pilotanläggningen sätts på inkommande pump P2 samt vid cyklon CY01 på övervåningen.

Kostnadsbedömning pilotanläggning

Kostnadsbedömning nedan omfattar samtliga delar för att upprätta en pilotanläggning enligt bilaga 2. Material och uppskattad montagekostnad, anpassningar och inkoppling till befintlig utrustning. I budget ingår montagearbete för pilot och intrimning med en resurs från Grontmij som utför monteringen på plats vid verket. I budget förutsatt att tillgänglig effekt och anslutningsmöjligheter finns för el och styr (endast ifall inkoppling krävs till befintligt styrsystem). Max effektbehov för piloten är ca 5 kW. Inkoppling av El och om piloten skall anslutas till befintligt styrsystem förutsatt utföras av Käppalaförbundet. Materialkostnad för inkoppling el och styr ingår i budget.

Montage och initial intrimning är beräknat till en vecka.

En översiktlig budgetsammanställning för inkoppling och driftsättning av pilotanläggningen redovisas i tabell 2. En detaljerad budget för Pilotanläggningen och montage redovisas i bilaga 2.

Tabell 2. Sammanfattning kostnader pilotanläggning

	Kapacitet/typ	Pris, exkl. moms
Material		
Cyklon (CY01) Pump (P2)	20 m3/h vid tryck 1,6 bar. Material. Polyuretan Hidrostat, skruvcentrifugalpump. kapacitet 15-25 m3/h och frekvensstyrning.	
Utjämningskärl Instrumentering Ventiler Rörledning	Cipax, 1 m3. Utrustad med brädd, avlopp mm Instrument IN01, IN03-IN06. AV2, AV3, AV5, RV1 PEM och SS2333 vid anslutning till befintligt	
Montage		
Montagearbete Oförutsett	40 timmar montagearbete och intrimning från Grontmij. Inkluderat med 10 % oförutsett för anpassningar mm	
Kostnad	Materialkostnad för Pilotanläggning inkl. montage	252 000 SEK *
Tillkommande		
Resurstöd från Käppala	Behov av stöd vid montagearbete avseende inkoppling el, styr och anslutning mot befintligt, beräknat till 20 timmar	
Expertstöd från Grontmij	Behov av stöd vid intrimning och uppstart vid montage av pilot uppskattas till ca 15 timmar	18 000
Doseringsutrustning	Doseringsutrustning för egen dosering av järnsulfat till Linje 11.	25 000 SEK*

* budget för material baseras på Ahlsells prislista inkl. rabatter (kommun)

Provtagningsprogram och utvärdering

Uppföljning av pilotkörning rekommenderas till att studera ändringar i SVI samt att när ändring uppstår genomföra mikroskopering av slammet i linje 11 i förhållande till övriga linjers slam. Intervall för kontroll av SVI föreslås till en gång i veckan initialt.

Uppföljning av kemikaliedosering vid verket och i det fall dosering sker till linje 11.

Cyklonen är förberedd med provtagningsventiler där prover kan tas för analys vid intrimning och vid driftändringar av pilotanläggningen.

Avstämning i pilotförsöket, med platsbesök från Grontmij, föreslås till en gång i kvartalet.

Avstämning månadsvis eller vid behov föreslås ske via telefon.

Driftresultat och eventuella analysvar distribueras inför varje avstämning via e-post.

Genomförandet sker förslagsvis genom nyttjande av gällande ramavtal. Resultat och erfarenheter kring pilotförsök ombeds inte ske till tredjepart utan förekommande avstämning med Grontmij.

Implementering i fullskala

Vid en fullskalleanläggning implementeras cyklontekniken i en eller flera linjer. Detta möjliggör en stor besparingspotential för käppalaverket vilken kommer påvisas av pilotanläggningens resultat. Utöver installations- och implementeringskostnader tillkommer inga engångskostnader avseende patent eller licenskostnader. Royalties för patentet baseras i stället utifrån erhållen besparingen vid verket avseende driftkostnader som erhålls genom införande av cykloner. Med anledning av pågående patentansökan kan detta i detalj inte fastställas i nuläget, dock kommer principen gälla att en procentandel av besparing tillfaller patentägaren maximerat i tid. Förslag till affärsupplägg är 40 % av definierad besparingen erhålls av patentägaren och Grontmij under 3 år. Ett mer detaljerat affärsupplägg presenteras när patent fastställs.

Införandet av cykloner medför att man kan genomföra försök kring EssDe på käppalaverket. EssDe är en patenterad kväveringsprocess via deammonifikation i huvudströmmen och kan ytterligare minimera kostnaderna för drift samtidigt som kapaciteten kan ökas i verket.

Bilagor

- Bilaga 1. PID-schema uppställning
- Bilaga 2. Budgetkalkyl pilotanläggning