

### Bakgrund

SGS Analytics Sweden AB har tagit del av valideringsrapporten för tjänsten CyanoAlert, inom projektet "Över djupen mot höjden – satellitbaserad miljöövervakning av Växjösjöarna" och fått i uppdrag av Tekniska Förvaltningen, Växjö kommun, att bedöma om satellitdata för skattning av klorofyll-a kan ersätta analys av växtplankton inom ramen för Mörrumsåns recipientkontrollprogram (Mörrumsåns vattenråd). I uppdraget har det också ingått att komma med förslag på hur satellitdata för skattning av klorofyll-a kan komplettera redovisningen i recipientkontrollens årsrapporter.

### Satellitdata

Inom projektet "Över djupen mot höjden – satellitbaserad miljöövervakning av Växjösjöarna" utvärderade Brockmann Geomatics satellitbaserad vattenkvalitetsinformation för Växjö kommun. Satellitbaserade skattningar gjordes för klorofyll-a, turbiditet, siktdjup, absorbans av löst organiskt material (vattenfärg) samt indikation av cyanobakterier. Beräkningarna kontrollerades och jämfördes med ackrediterade laboratorieanalyser inom ramen för Mörrumsåns recipientkontroll. Utvärderingen baserades på data under perioden 2016-2020 för sjöarna Örken (södra och norra delen), Innaren, Helgasjön, Trummen, Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön.

Rapporten utvärderade data från satelliterna Sentinel 3a och Sentinel 3b som har en markupplösning på 300 meter och som dagligen passerar över Sverige. Valideringen av data från de mer högupplösta satelliterna Sentinel 2a och Sentinel 2b är inte färdig i skrivande stund. Dessa satelliter har en markupplösning på 10-60 meter och passerar över samma områden 2-3 gånger per vecka.

För alla satelliterna är moln en begränsande faktor, vilket bl.a. betyder att antalet skattningar per dag från Sentinel 3a och 3b kan variera mellan 0 och 2. Åren 2018, 2019 och 2020 erhöles t.ex. endast enstaka skattningar sammantaget från de två satelliterna under augusti månad i Trummen (2, 5 respektive 9 st) och Växjösjön (3, 4 respektive 9 st). Även i Helgasjön (Arabyviken) och Örkens södra del har skattningarna i augusti vissa år varit få.

Slutsatsen, i rapporten, kring jämförelser mellan satellitdata och fältmätningar visade att potentialen för att skatta klorofyll-a var god i Trummen, Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön. För övriga sjöar var potentialen medelgod eller dålig, vilket bl.a. beror på att de satellitbaserade resultaten överskattar klorofyllhalten jämfört med ackrediterade laboratorieanalyser. En av orsakerna till detta kan vara att provtagning sker från vattenytan ner till 2 meters djup i Växjösjöarna och södra Örken, 0-3 meter i Helgasjön samt 0-6 meter i norra Örken och Innaren. De satellitbaserade skattningarna baseras på ytligare vattenvolym där klorofyllkoncentrationen kan vara högre än i djupare vattenskikt.

För turbiditet var potentialen god i Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön, men för övriga sjöar medelgod eller dålig. För siktdjup och löst organiskt material bedömdes potentialen vara dålig för alla aktuella sjöar.

### Recipientkontroll för Mörrumsån

Inom recipientkontrollen för Mörrumsån ingår provtagning i aktuella sjöar enligt Tabell 1. I tabellen redovisas antal prover per år för respektive undersökningstyp. Prov som tas en (1) gång per år tas i augusti och prov som tas sex (6) gånger per år tas månadsvis maj-oktober. I Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön tas vattenkemiska prover vid såväl ytan (0,5 meters djup) som botten (0,5-1 meter ovan botten).

Utöver redovisad provtagning i Tabell 1 tas också regelbundna vattenkemiska prover (mestadels månadsvis) i utloppen från Helgasjön, Trummen, Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra

Bergundasjön som till stor del representerar respektive sjöpunkt. För Växjösjön har dock vattenkemin i utloppspunkten ersatts med vattenkemi i sjöpunkten maj-oktober eftersom utloppspunkten inte bedöms vara representativ vid låga vattenflöden.

Samtliga analyser, såväl vattenkemiska som biologiska, utförs av laboratorium som är ackrediterade för respektive analysmetod.

### Växtplankton

Analys av växtplankton görs med hög ambitionsnivå i Växjösjöarna (månadsvis maj till oktober i Trummen, Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön), men i övriga sjöar analyseras växtplankton endast i augusti.

Växtplankton är en sammanfattande beteckning för organismer som svävar fritt i vattnet och har förmåga att fotosyntetisera. Biomassa och artsammansättning varierar mellan olika typer av vatten beroende på bl.a. näringstillgång, pH-värde och humushalt samt biologiska omständigheter som t.ex. artsammansättning och biomassa av fisk, djurplankton och undervattensvegetation. Även säsongsvariationer samt väder- och vindförhållanden har betydelse. Stora variationer kan därför förekomma mellan olika provtagningstillfällen.

Olika växtplanktonarter har olika krav på omvärldsförhållanden och genom att studera artsammansättning och förekomst av indikatorarter kan man bl.a. få information om sjöars näringsituation.

Klassificeringen av en sjös näringsstatus görs genom en sammanvägning av parametrarna totalbiomassa av växtplankton, planktontrofiskt index (PTI) och klorofyll-a (möjlig, men ej nödvändig parameter) till ett numeriskt värde. PTI står för Plankton Trophic Index och beskriver om det är arter som indikerar näringsrika eller näringsfattiga förhållanden som dominerar i provet. Klassningen av näringsstatus i sjöar sker i en femgradig skala: hög status, god status, måttlig status, otillfredsställande status och dålig status. Statusklassningen utgår i första hand från prover tagna i augusti. För statusklassning avseende växtplankton behövs information om förekomst av algen *Gonyostomum semen* för jämförelse med alternativa referensvärden. Information om *Gonyostomum semen* erhålls utifrån analys av växtplankton.

Utöver klassificeringen av en sjös näringsstatus erhålls också information om växtplanktonets taxonomiska sammansättning samt förekomst av och fördelningen mellan olika arter. Bl.a. kan specifika besvärsbildande arter följas, som t.ex. giftproducerande cyanobakterier eller slemproducerande alger.

### Klorofyll

Klorofyll är ett av nyckelämnena i växtplanktons fotosyntes och kan därför användas som mått på primärproduktionen i vattnet. Växtplanktons klorofyllinnehåll är olika för olika arter och olika tillväxtfaser, varför klorofyllhalten kan variera i förhållanden till växtplanktons biomassa.

Klorofyll kan som enskild parameter användas för bedömning av näringsstatus, men hänsyn tas då inte till förekomst av olika arter och olika tillväxtfaser eller om förekommande arter indikerar näringsfattiga eller näringsrika förhållanden. Statusklassningen utgår, på samma sätt som för växtplankton, i första hand från prover tagna i augusti. För statusklassning avseende klorofyll behövs information om förekomst av algen *Gonyostomum semen* för jämförelse med alternativa referensvärden.

### Förslag till nytt kontrollprogram för Mörrumsåns recipientkontroll

Mot bakgrund av valideringsrapporten för tjänsten CyanoAlert, inom projektet "Över djupen mot höjden – satellitbaserad miljöövervakning av Växjösjöarna" är vår bedömning att satellitdata kan ge en bra och detaljerad bild av variationen i klorofyllhalt under säsongen som kan komplettera nuvarande recipientkontroll i Växjösjöarna (Trummen, Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön). Informationen bedöms vara värdefull bl.a. vid uppföljning av utförda åtgärder och bedömning av behovet av förvaltande och förbättrande åtgärder. Eftersom nuvarande recipientkontroll sker genom provtagning och analys en gång per månad i dessa sjöar, ger satellitdata en mer heltäckande bild av variationen under säsongen. Satellitdata kan till viss del också visa på förekomst av cyanobakterier, vilket gör att kraftiga blomningar av cyanobakterier kan upptäckas i ett tidigt skede.

Vår bedömning är dock att det i dagsläget inte är lämpligt att helt avveckla analyserna av växtplankton i Växjösjöarna eller övriga sjöar inom Mörrumsåns kontrollprogram eftersom växtplankton är den viktigaste undersökningstypen för bedömning av näringsstatus i sjöar. Bedömning av näringsstatus görs vanligen med utgångspunkt från prover tagna i augusti, varför analys av växtplankton i augusti bör ligga kvar i kontrollprogrammet för samtliga aktuella sjöar.

Övriga analyser av växtplankton i Växjösjöarna, d.v.s. i maj, juni, juli, september och oktober, har framför allt använts för att visa på växtplanktonets säsongsutveckling och har inte i första hand använts för bedömning av näringsstatus. Vår bedömning är därför att satellitdata för skattning av klorofyll-a kan ersätta dessa växtplanktonanalyser och ge en bra bild av utvecklingen under säsongen. Kombinationen växtplankton i augusti och satellitdata för skattning av klorofyll-a hela säsongen bedömer vi vara det mest effektiva alternativet för en god övervakning och uppföljning av sjöarnas näringstillstånd, status och utveckling.

Noteras bör dock att satellitdata verkar kunna överskatta klorofyllhalterna i samband med stilla vindförhållanden då växtplankton tenderar att ansamlas vid eller nära vattenytan. Cyanobakterier har gasvakuoler och kan därmed förflytta sig mot de övre vattenskikten vilket gynnar deras tillväxt. Det är därför rimligt att anta att skattningar av klorofyll utifrån satellitdata inte alltid är helt representativa för en större vattenvolym, detta särskilt i samband med förekomst av cyanobakterier. Jämförelser med uppmätta klorofyllhalter vid ackrediterade laboratorieanalyser är därför mycket viktiga i sammanhanget.

Provtagning och ackrediterad analys av klorofyll, siktdjup och vattenkemi föreslås därför ligga kvar månadsvis maj-oktober i Växjösjöarna för uppföljning av utförda åtgärder samt bedömning av tillstånd och status. I takt med att sjöarnas status förbättras och stabiliseras kan ny avvägning göras huruvida provtagningen i sjöarna eventuellt kan reduceras till att endast gälla augusti månad. För Växjösjön är situationen något annorlunda eftersom utloppspunkten inte är lämplig att provta månaderna maj-oktober. För Växjösjön kommer därför sjöprovtagning maj-oktober sannolikt kvarstå under lång tid.

Som ett komplement till provtagningen i norra Örken, södra Örken, Innaren och Helgasjön (Arabyviken) bör vattenkemiska prover tas i samband med ordinarie provtagning i augusti bl.a. för att möjliggöra bedömning av näringsstatus avseende fosfor. Örken och Innaren är näringsfattiga sjöar där växtplanktonanalyserna eventuellt kan utgå i framtiden och där det då är av stor vikt att åtminstone ha kvar analys av fosfor.

Nuvarande kontrollprogram och förslag till nytt kontrollprogram redovisas för de aktuella sjöarna och undersökningstyperna i Tabell 1 nedan. Det nya förslaget innebär att antalet växtplanktonanalyser kan minska från 28 st till 8 st per år. Analys av vattenkemi har dock ökat med fyra analyser per år, vilket är en mycket liten kostnad i sammanhanget.

Tabell 1. Nuvarande kontrollprogram och förslag till nytt kontrollprogram för aktuella sjöar och undersökningstyper inom ramen för Mörrumsåns recipientkontroll

Nr	Namn	Nuvarande kontrollprogram			Förslag till nytt kontrollprogram					
		Delprogram och frekvens			Delprogram och frekvens					
111	Örken norra delen		PI 1	KI 1	Si 1	Bas 1 <sup>y</sup>	PI 1	KI 1		Si 1
113	Örken södra delen		PI 1	KI 1	Si 1	Bas 1 <sup>y</sup>	PI 1	KI 1		Si 1
305	Innaren (Rottneån)		PI 1	KI 1	Si 1	Bas 1 <sup>y</sup>	PI 1	KI 1		Si 1
178	Arabyviken (Helgasjön)		PI 1	KI 1	Si 1	Bas 1 <sup>y</sup>	PI 1	KI 1		Si 1
468	Trummen mitt	NP-Bas 6 <sup>y</sup>	PI 6	KI 6	Si 6	NP-Bas 6 <sup>y</sup>	PI 1	KI 6	Satellit	Si 6
469	Växjösjön mitt	NP-Bas 6 <sup>y+b</sup>	PI 6	KI 6	Si 6	NP-Bas 6 <sup>y+b</sup>	PI 1	KI 6	Satellit	Si 6
313	Södra Bergundasjön	NP-Bas 6 <sup>y+b</sup>	PI 6	KI 6	Si 6	NP-Bas 6 <sup>y+b</sup>	PI 1	KI 6	Satellit	Si 6
316	Norra Bergundasjön	NP-Bas 6 <sup>y+b</sup>	PI 6	KI 6	Si 6	NP-Bas 6 <sup>y+b</sup>	PI 1	KI 6	Satellit	Si 6

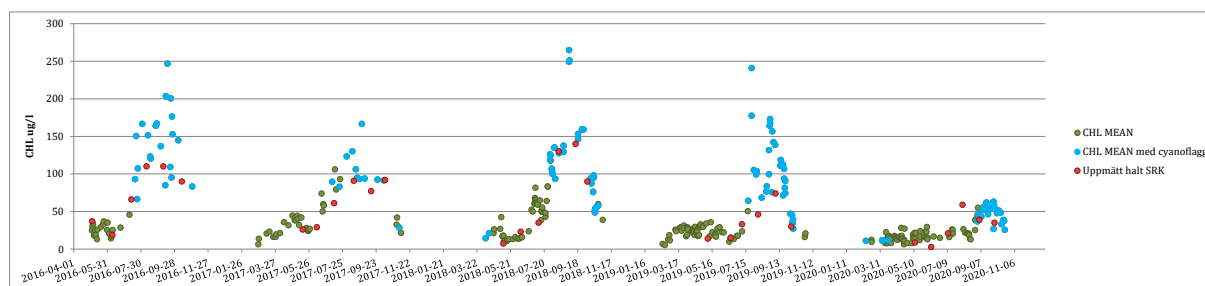
Bas = vattenkemi  
 NP-Bas = vattenkemi inkl kväve- och fosforfraktioner  
 PI = växtplankton  
 KI = klorofyll-a  
 Si = siktdjup

Satellit = Skattade koncentrationer av klorofyll-a utifrån satellitdata redovisas

y+b = både yt- och bottenprov inklusive syre- och temperaturprofil från yta till botten.  
 y = bara ytprov.

## Redovisning av satellitdata i årsrapporten för Mörrumsåns recipientkontroll

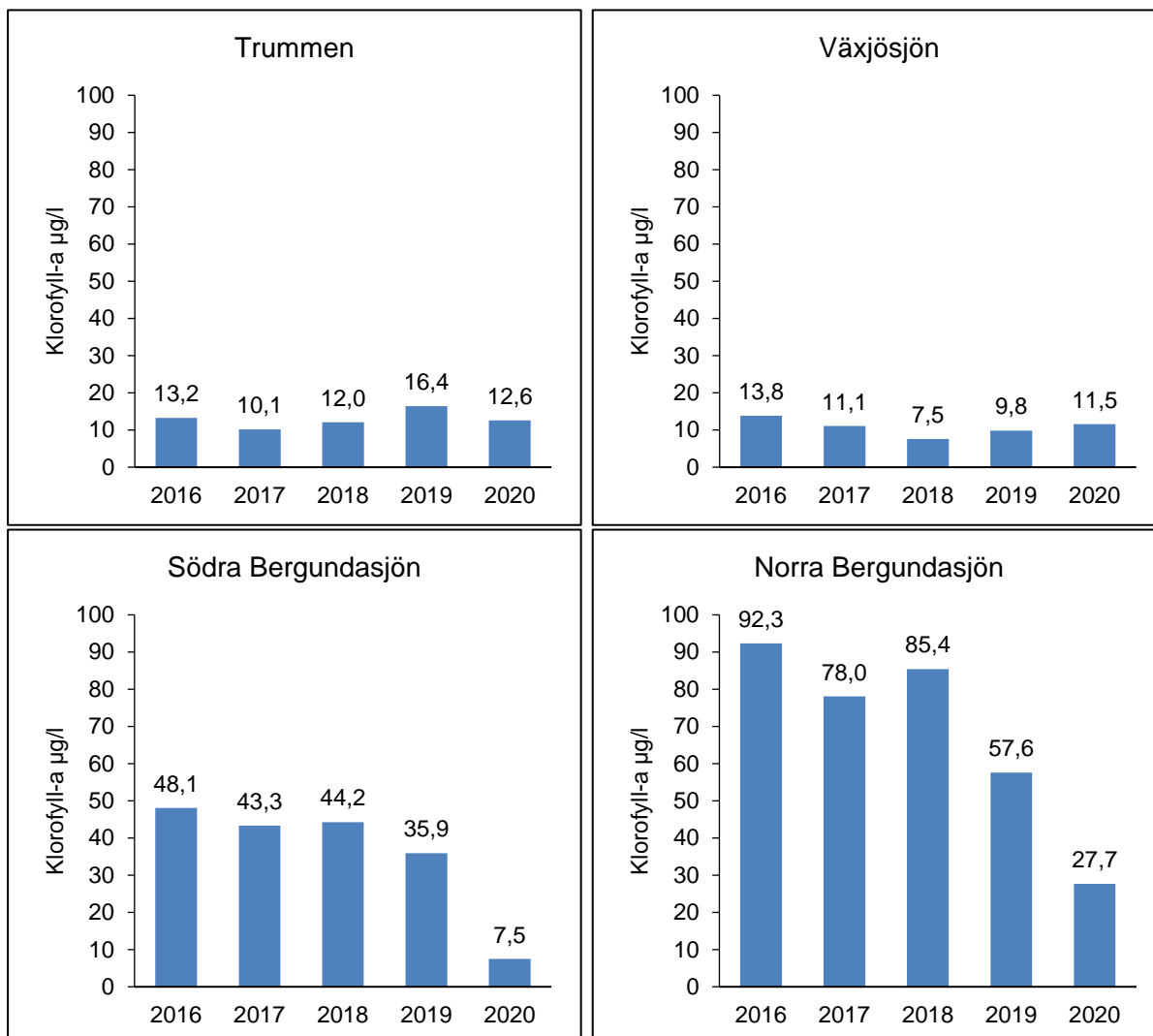
Leverantören av skattade koncentrationer av klorofyll utifrån satellitdata kommer sammanställa och leverera data i excelformat för aktuella stationer efter avslutad mätsäsong. Excelfilen kommer innehålla statistik för klorofyll och indikation om förekomst av cyanobakterier samt ett diagram (Figur 1) som visar tidsserier för både skattade data och data från ackrediterade laboratorieanalyser. I diagrammen bör även redovisas när risk för cyanobakterier föreligger. Data kommer att redovisas för en tidsperiod med start år 2016. Dessa diagram redovisas med fördel också i recipientkontrollens årsrapport som bilaga.



Figur 1. Exempel på diagram med tidsserier för skattade klorofyllhalter och indikation för cyanobakterier utifrån satellitdata jämfört med uppmätta klorofyllhalter vid provtagning och ackrediterad laboratorieanalys inom ramen för Mörrumsåns recipientkontroll (diagram enligt Brockmann Geomatics). Data från Norra Bergundasjön åren 2016-2020.

Vid eventuella ändringar i metodik för satellitbaserad skattning av klorofyll och/eller indikation om förekomst av cyanobakterier måste hela tidsperioden från år 2016 räknas om med samma metodik för att möjliggöra bedömning av eventuella trender med ökande eller minskande halter.

För jämförelse mellan olika sjöar och olika år föreslås att data interpoleras mellan skattningarna så att ett (1) värde erhålls per station och dygn. Detta för att inte dygn med två skattningar (d.v.s. från två satelliter) skall få mer betydelse än dygn med en skattning och att hänsyn också skall tas till dygn som saknar data. Med utgångspunkt från de interpolerade dygnsvärdena kan därefter ett medelvärde för en bestämd period (förslagsvis säsongsmedelvärde maj-oktober) beräknas och jämföras med motsvarande medelvärden för andra sjöar och/eller år (Figur 2).



Figur 2. Exempel på diagram med interpolerade data. Säsongsmedelvärden för klorofyll-a maj-oktober åren 2016-2020.

Indikation om förekomst av cyanobakterier redovisas i datamaterialet i exceldokumentet från leverantören som andel pixlar där den övre vattenvolymen domineras av cyanobakterier i förhållande till andra alger. Om någon av de kontrollerade pixlarna indikerar dominans av cyanobakterier får resultatet en flagga för cyanobakterier. Antal cyanobakterieflagga i förhållande till totala antalet validerade resultat kan fungera som ett grovt mått på förekomst av cyanobakterier under säsongen. Måttet säger dock inget om hur stor dominansen av cyanobakterier är eller hur hög cyanobakteriekoncentrationen är. Men måttet bör kunna jämföras mellan olika sjöar och mellan olika år för att ge en bild av eventuella skillnader/förändringar i risk för cyanobakterier (Tabell 2).

## KOMMENTARER KRING ANVÄNDADET AV SATELLITBASERAD DATA FÖR VÄXJÖSJÖARNA

Tabell 2. Exempel på tabell med andel cyanobakterieflagg av totala antalet validerade resultat.

Andel cyanobakterieflagg av totala antalet validerade resultat				
	Trummen	Växjösjön	Södra Bergundasjön	Norra Bergundasjön
2016	5%	9%	62%	52%
2017	0%	0%	72%	35%
2018	8%	4%	58%	46%
2019	5%	0%	54%	62%
2020	10%	5%	0%	43%

Diagrammen med skattade klorofyllhalter utifrån satellitdata och uppmätta halter vid ackrediterade laboratorieanalyser (Figur 1) i kombination med beräkningarna av de interpolerade säsongsmedelvärdena (Figur 2) bör kunna ge en bra bild av hur klorofyllhalterna varierat under mätsäsongerna och mellan olika år samt om det föreligger några trender med ökande eller minskande halter. Denna information i kombination med resultaten från de vattenkemiska provtagningarna bör kunna ligga till grund för bedömning av behovet av förvaltande och/eller förbättrande åtgärder. Det är dock viktigt i sammanhanget att notera att naturliga mellanårsvariationer kan förekomma.

**Håkan Olofsson Madestam**  
Miljökonsult/Limnolog

SGS Analytics Sweden AB  
0736 338 369

Halmstad  
2021-09-27