



Valideringsrapport

Datum	Mars 2021
Beskrivning	Valideringsrapport för tjänsten CyanoAlert, med avseende på projektet " <i>Över djupen mot höjden</i> " - satellitbaserad miljöövervakning av Växjösjöarna"
Kund	Växjö kommun
Period	2020-2021
Kontakt - CyanoAlert	Petra Philipson Brockmann Geomatics, Stockholm Email: petra.philipson@brockmann-geomatics.se
Kontakt - Växjö	Andreas Hedrén, Signe Noresson (fr.o.m. 2021-03-15) Sjömiljöansvarig, Tekniska förvaltningen, Växjö kommun Email: andreas.hedren@vaxjo.se / signe.noresson@vaxjo.se

Innehåll

Sammanfattning	3
Satellitdata	4
Resultat	8
<i>Tidsserier - Klorofyll</i>	8
<i>Tidsserier – Turbiditet</i>	12
<i>Tidsserier – Siktdjup</i>	13
<i>Tidsserier – AbsF/a_{CDOM}</i>	14
<i>Tidsserier – Risk för cyanobakterier</i>	14
<i>Om Växjösjöarna</i>	17
Service sommaren 2021 - CyanoAlert Viewer och App	22
Projektleverans	24
Referenser	25
Bilaga 1 - Prenumerationsservice	26
<i>Stationer</i>	26
<i>Formattering av data</i>	26
Bilaga 2 - Viewer	28
<i>Geografisk täckning</i>	28
<i>Variabler</i>	28
<i>Platser</i>	28
<i>Licenser</i>	28

Sammanfattning

Under vintern 2020-21 har Brockmann Geomatics utvärderat satellitbaserad vattenkvalitetsinformation till Växjö kommun enligt beställning "Metodutveckling, konsulttjänster avseende användande av satellitdata för övervakning av vattenkvalitet" (Ref.nr. 41112) och projektbeskrivningen "Över djupen mot höjden" - satellitbaserad miljöövervakning av Växjösjöarna.

Inom ramen för projektet har satellitbaserade skattningar av klorofyll-a, turbiditet, siktdjup, absorption av löst organiskt material samt en cyanobakterieindikator beräknats för perioden 2016-2020. Beräkningarna har kontrollerats och jämförts med fältnätta skattningar i den mån det fanns. Utvärderingen baserar sig på data från Växjösjön, Trummen, Norra och Södra Bergundasjön, Örken, Helgasjön och Innaren.

Denna valideringsrapport är en data-, metod-, och resultatbeskrivning och utgör grunden till definition av en pilotservice i nära real tid som planeras under juni-september 2021.

OBS! I rapporten nämns två olika satelliter, Sentinel-3 och Sentinel-2. Valideringen av data från den mer högupplösta Sentinel-2 är inte färdig. Rapporten kommer att kompletteras med dessa resultat så snart de är färdiga.

Satellitdata

Vattenkvalitetsinformationen är baserad på satellitdata från Sentinel-3 OLCI (Ocean and Land Colour Instrument) och Sentinel-2 MSI (Multispectral Imager). Sentinel-3 och Sentinel-2 är två av satelliterna i det europeiska rymdprogrammet Copernicus. För båda sentineltyperna finns två identiska satelliter (3a/3b och 2a/2b) i omloppsbana, som båda samlar in information. Ett exempel på en bild registrerad av Sentinel-3 respektive Sentinel-2 visas i Figur 1. Copernicus är ett långsiktigt program för att säkerställa tillgången på data och (3c/3d och 2c/2d) är redo för uppskjutning eller under byggnation.

Sentinel-3a data finns tillgängligt från 2016 och Sentinel-3b från 2018. OLCI har en markupplösning på 300 meter och spektrala egenskaper som är speciellt anpassade för vattentillämpningar. Satelliterna går i en polär bana runt jorden och passerar dagligen över Sverige. Det innebär i teorin att man varje dag kan få två skattningar av exempelvis klorofyllkoncentrationen för en vattenförekomst eller för en valfri position. I Sverige är dock moln en begränsande faktor. Satelliten täcker stora arealer på samma gång och data för hela Sverige samlas in under loppet av några minuter.

Sentinel-2a finns tillgängligt från 2015 och Sentinel-2b från 2017. MSI har en markupplösning på 10-60 meter beroende på färgband. Satelliterna går i en polär bana runt jorden och passerar över samma område 2-3 gånger per vecka. Liksom för Sentinel-3 är dock moln en begränsande faktor. Sentinel-2 utvecklades primärt för landtillämpningar, men goda resultat har även påvisats för akvatiska miljöer.

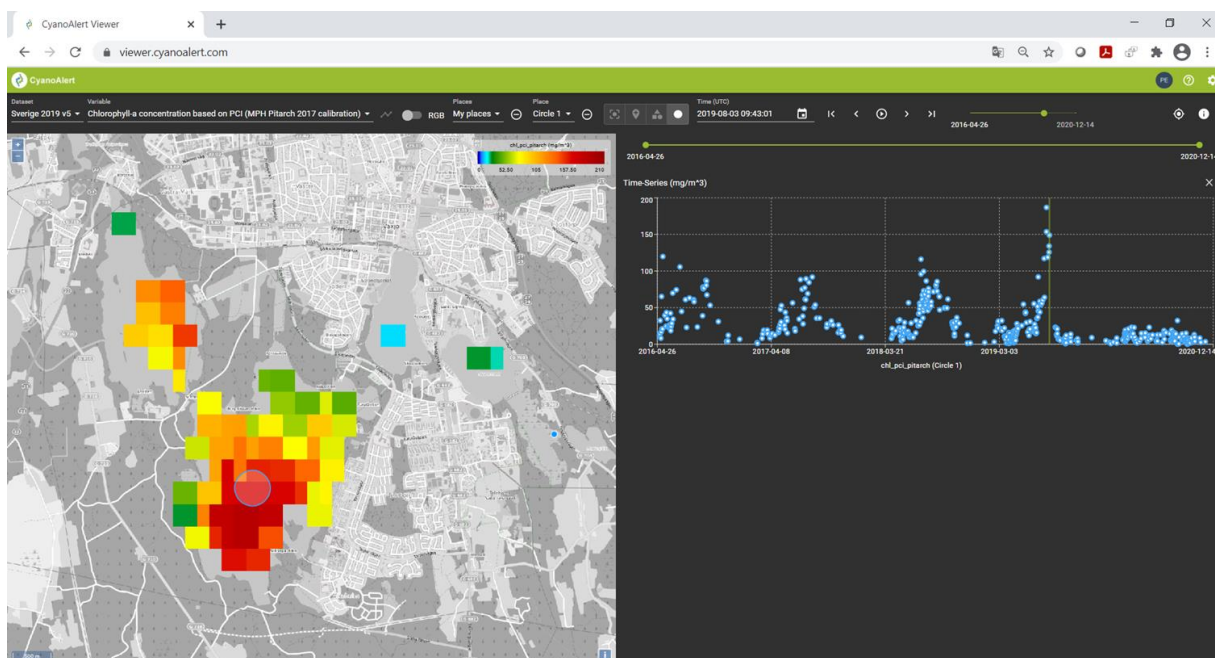
Den av vattnet reflekterade solstrålningen registreras av sensorn på respektive satellit och kan sedan via ett kalibrerings- och processeringsarbete räknas om till olika vattenkvalitetsparametrar. Processeringen resulterar i koncentrationskartor (Figur 2) för de aktuella parametrarna som sedan har bearbetas vidare.



Figur 1 Sentinel-3 bild (vänster) och Sentinel-2 bild (höger) över Växjö den 14 augusti 2020. ©Copernicus data (2020), Databearbetning: CyanoAlert.

Framställning av vattenkvalitetsinformation

Alla Sentinel-3 och Sentinel-2 bilder registrerade under 2016-2020, respektive 2015-2020, har ingått i utvärderingen och flera alternativa algoritmer för skattning av klorofyllkoncentration, turbiditet, siktdjup och absorption av organiskt material har utvärderats (Se referenslista). Förutom dessa parametrar har en satellitbaserad cyanobakterieindikator beräknats och utvärderats. Data har framställts för sjöarna Örken, Innaren, Helgasjön, Norra Bergundasjön, Södra Bergundasjön, Växjösjön och Trummen och jämförts med data från fältbaserad provtagning. I ett förbearbetningssteg filtreras pixlar motsvarande land, blandade land-vattenområden, moln, molnskugga och dis bort. Efter filtrering beräknas vattenkvalitetsinformationen för kvarvarande pixlar. Bearbetningen resulterar i koncentrationskartor, som under pilotservicen 2021 kommer göras tillgängliga via CyanoAlert Viewer (Figur 2).



Figur 2 Skärmdump av CyanoAlert Viewer som visar klorofyllkoncentrationen i Växjösjöarna den 3 augusti 2019. Innehåller Copernicus data (2020), Databearbetning: CyanoAlert.

Förutom vattenkvalitetskartorna finns motsvarande färgbilder också tillgängliga i viewern.

För valideringen har data extraherats från bilderna för 21 fördefinierade stationer som är av intresse för miljöövervakningsprogrammet och/eller allmänheten med avseende på närhet till bad. De definierade stationerna redovisas i Tabell 1.

Alla stationer, utom utloppsstationerna S2-1, S2-2, Arabyviken NO samt Evedalsstationerna, motsvarar läget för befintliga sjöstationer inom övervakningsprogrammet. Arabyviken NO flyttad i angiven riktning från platsen för den befintliga stationen för att komma bort en bit från land och holmar, vilket är bättre med avseende på data från Sentinel-3, som begränsas av bildupplösningen på 300 m. Evedalsstationerna är ett tillägg för att validera möjligheten att övervaka badplatsnära vatten.

Tabell 1 Stationer för valideringen. Koordinater angivna i WGS84.

Station	Latitud	Longitud
Örken norra delen	57.14845959	15.00396069
Örken södra delen	57.06519309	15.04367185
Örkens utlopp	57.08632425	15.00779338
N Örkens utlopp	57.0953	15.021615
N Örkens utlopp S2-1	57.087064	15.009196
N Örkens utlopp S2-2	57.092497	15.019298
Innaren (Rottneån)	56.99897307	14.94136024
Arabyviken (Helgasjön)	56.90403842	14.75571972
Arabyviken (Helgasjön) NO	56.904046	14.757965
Helgasjön Bolångsviken	56.928819	14.766397
Helgasjöns utlopp Bergsnäs	56.88575128	14.75008075
Trummen mitt	56.86144895	14.82714991
Växjösjön mitt	56.86780491	14.81320977
Södra Bergundasjön	56.84749424	14.78359226
Norra Bergundasjön	56.86447934	14.75899335
Helgasjön. Evedal	56.925107	14.830921
Helgasjön. Evedal S2	56.922103	14.824076

Data extraktionen från de filtrerade rasterkartorna motsvarande 3x3 pixlar centrerat runt referensstationernas koordinater (Tabell 1). För varje datum och för alla godkända (ej moln m.m.) pixlar har sedan medelvärde, standardavvikelse och antal pixlar (1-9 pixlar) som ligger till grund för beräkningen framställts. Ett exempel på data visas i Tabell 2.

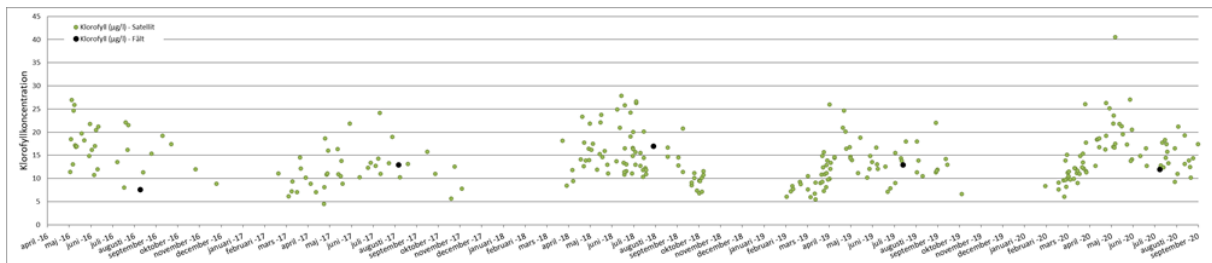
Tabell 2. Exempel ur datafil motsvarande klorofyllskattningarna för station Södra Bergundasjön första veckan i juli 2018.

Namn	Datum Tid	Kfyll (medel)	Kfyll (Stddev)	Kfyll (Antal pixlar)
Södra Bergundasjön	2018-07-01 09:00	43,6	19,9	6
Södra Bergundasjön	2018-07-02 10:14	25,9	3,4	8
Södra Bergundasjön	2018-07-03 09:48	43,3	13,9	8
Södra Bergundasjön	2018-07-03 09:48	27,1	4,0	8
Södra Bergundasjön	2018-07-04 09:22	64,2	21,5	8
Södra Bergundasjön	2018-07-04 09:22	56,2	21,1	8
Södra Bergundasjön	2018-07-05 08:56	52,9	1,8	4
Södra Bergundasjön	2018-07-06 10:10	43,1	17,6	8
Södra Bergundasjön	2018-07-06 10:11	39,7	11,3	9
Södra Bergundasjön	2018-07-08 09:18	93,1	12,2	9
Södra Bergundasjön	2018-07-08 09:19	107,8	15,3	9

”Kfyll (Antal pixlar)” anger alltså hur många av de 9 pixlarna som passerade filtreringen av land, moln och dis och som därmed klassas som ”godkända”. Filtreringen är dock inte perfekt utan det kan finnas enstaka pixlar kvar som borde uteslutas och som därmed

påverkar skattningen. Genom att använda sig av medianvärdet istället för medelvärdet, begränsas påverkan av avvikande värden. Inför pilotservicen 2021 föreslår vi att prenumerationstjänsten baseras på medianvärdet av de 1-9 pixlarna.

För valideringen mellan fält- och satellitbaserade skattningar levererades fält data av Håkan Olofsson Madestam, Synlab. Håkan har ansvarat för provtagningen i de aktuella sjöarna 2015-2020. Klorofyll och växtplankton tas som samlingsprov av 5 delprov. Varje delprovet tas med ett 2 meter långt rör d.v.s. från ytan ner till 2 meters djup (detta ändrades dock år 2018 i N Örken 0-6 meter, Innaren 0-6 meter och Helgasjön 0-3 meter). Det första delprovet tas på koordinaten men de övriga fyra delproven sprids ut i sjön kring koordinaten med ca 50-100 meters diameter. Undantaget Norra Bergundasjön där de övriga fyra delproven tas mer i sydvästlig riktning. Ett exempel på en tidsserie av satellitbaserade observationer (gröna punkter) och fältbaserade provresultat (svarta punkter) för station Helgasjön – Arabyviken mellan 2016-2020 visas i Figur 3. Samtliga stationer och år redovisas i "Resultat" nedan.



Figur 3. Satellitbaserade skattningar av klorofyll för station Helgasjön – Arabyviken, 2016-2020 i grönt. De gröna punkterna motsvarar ett medelvärde av 1-9 pixlar centrerade kring stationen., svarta punkter motsvarar ett samlingsprov från 0-2 meters djup.

Resultat

Tabellen nedan är en summering av potentialen för att mäta klorofyll, turbiditet, siktdjup och aCDOM med hjälp av data från Sentinel-3. Grön färg indikerar god potential, gul medelgod och röd dålig potential. Slutsatsen baseras på de framställda tidsserier och jämförelser med fältmätta prover som redovisas i kapitel "Tidsserier" nedan.

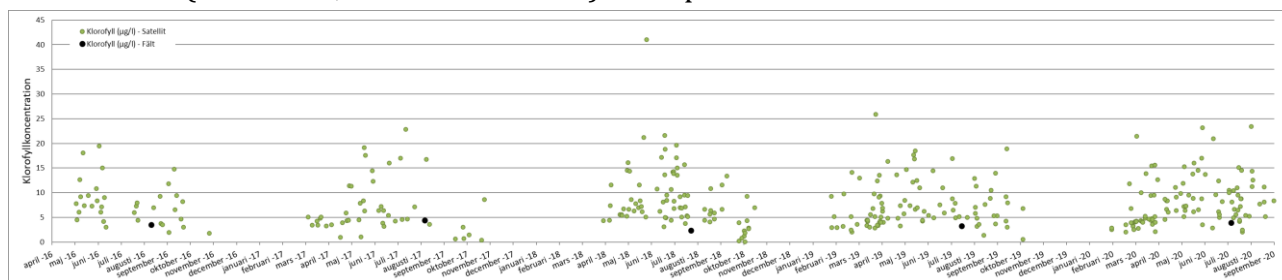
Tabell 3 Potentialen för att mäta olika vattenkvalitetsparametrar med data från Sentinel-3. Grön = god, Gul = medelgod och Röd = dålig.

	Klorofyll	Turbiditet	Siktdjup	aCDOM
Örken norra	Röd	Gul	Röd	Röd
Örken södra	Gul	Gul	Röd	Röd
Helgasjön - Arabyviken	Gul	Gul	Röd	Röd
Helgasjön - Evedal	Röd	Gul	Röd	Röd
Innaren	Gul	Gul	Röd	Röd
Södra Bergundasjön	Grön	Grön	Röd	Röd
Norra Bergundasjön	Grön	Grön	Röd	Röd
Trummen	Grön	Röd	Röd	Röd
Växjösjön	Grön	Röd	Röd	Röd

I följande kapitel redovisas en tidsserie per station och parameter, samt en kort kommentar till resultatet.

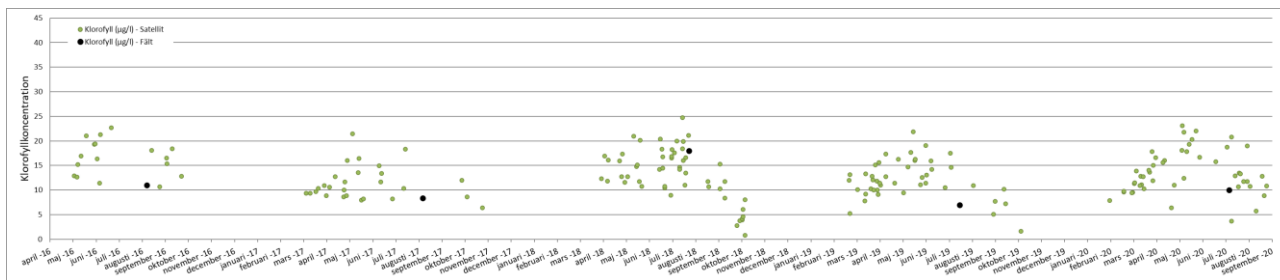
Tidsserier - Klorofyll

Örken norra (Fält 0-2 m, 0-6 m 2018-2020) – 3-9 pixlar



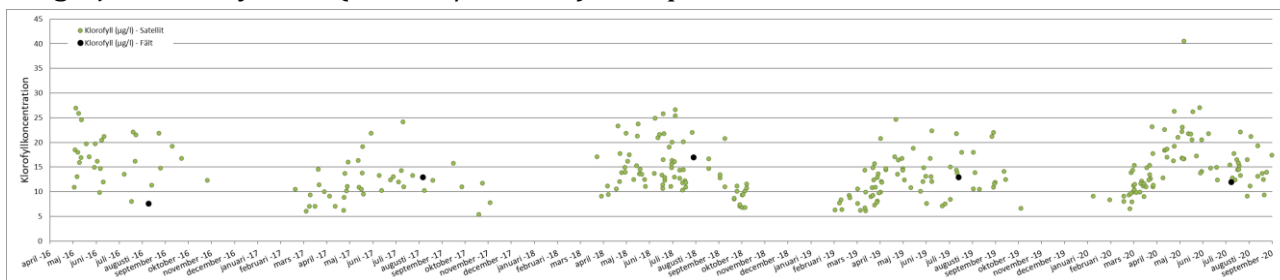
Kommentar: Stor spridning på de satellitbaserade skattningarna, samt överskattade koncentrationnivåer som verkar för stora för att bero på skillnaden i mätt vattenvolym (yta respektive 0-2/0-6 meter). **Kan ej rekommenderas för övervakning med Sentinel-3. Inväntar resultat från den mer högupplösta Sentinel-2.**

Örken södra (Fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



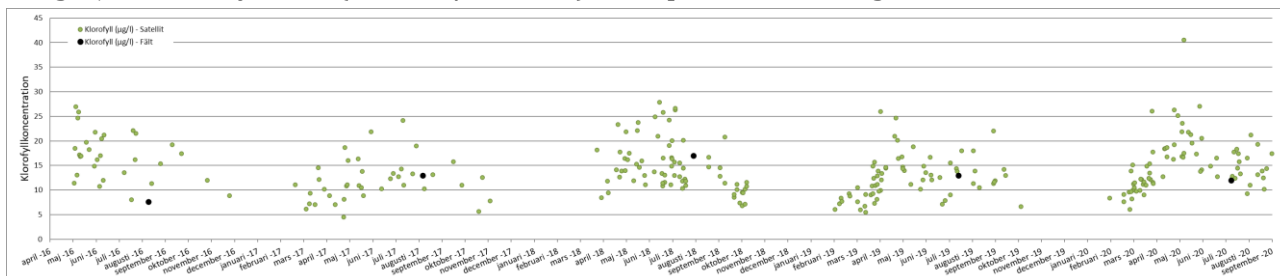
Kommentar: Rimlig spridning av de satellitbaserade skattningarna, samt något överskattade koncentrationnivåer. Kan dessa bero på skillnaden i mätt vattenvolym (yta respektive 0-2 meter). **Medelgod potential för övervakning med Sentinel-3.**

Helgasjön – Arabyviken (Fält 0-2/3 meter) - 3-9 pixlar



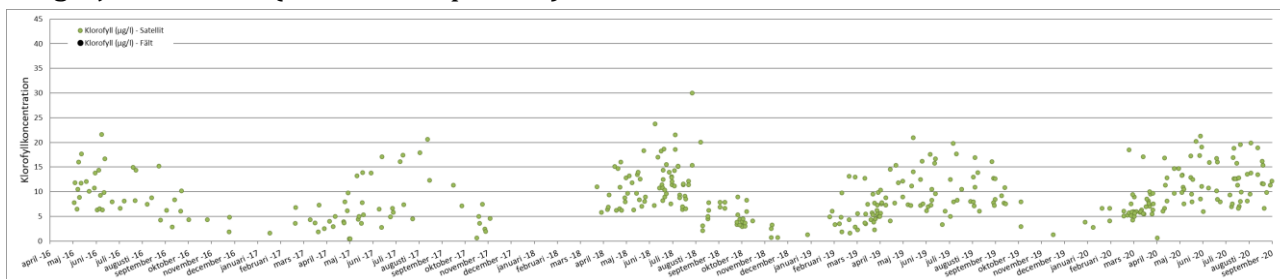
Kommentar: Rimlig spridning av de satellitbaserade skattningarna. Avvikelser kan bland annat bero på skillnaden i mätt vattenvolym (yta respektive 0-2/3 meter). **Medelgod potential för övervakning med Sentinel-3.**

Helgasjön – Arabyviken (Fält 0-2/3 meter) - 3-9 pixlar. OBS! Något NO om stationen.



Kommentar: Rimlig spridning av de satellitbaserade skattningarna och lite bättre än från originalstationen ovan. Avvikelser kan bland annat bero på skillnaden i mätt vattenvolym (yta respektive 0-2/3 meter). **Medelgod potential för övervakning med Sentinel-3.**

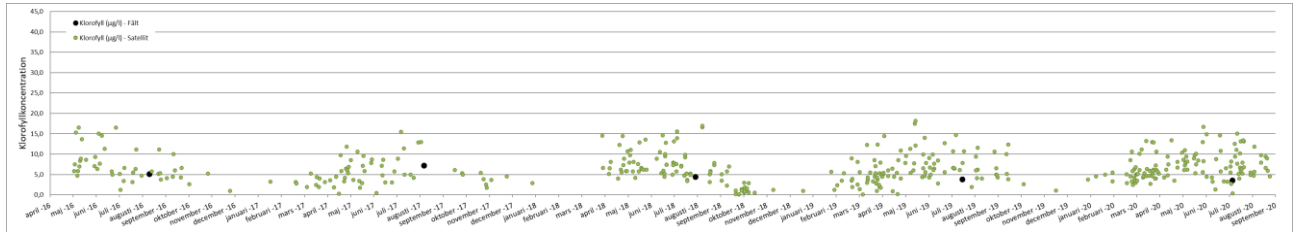
Helgasjön – Evedal (utan för badplatsen).



Kommentar: Stor spridning på de satellitbaserade skattningarna. Svårt att bedöma

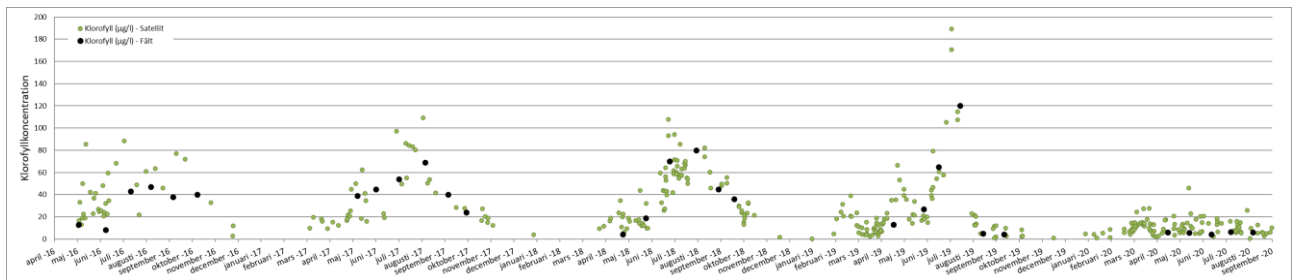
möjligheterna när spridningen av skattningarna är så pass stor. **Kan ej rekommenderas för övervakning med Sentinel-3.** *Inväntar resultat från den mer högupplösta Sentinel-2 som även kan plockas närmare badplatsen.*

Innaren (Fält 0-2 m, 0-6 m 2018-2020) – 3-9 pixlar



Kommentar: Rimlig spridning av de satellitbaserade skattningarna. Avvikelser kan bland annat bero på skillnaden i mätt vattenvolym (yta respektive 0-2/3 meter). **Medelgod potential för övervakning med Sentinel-3.**

Södra Bergundasjön (Fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



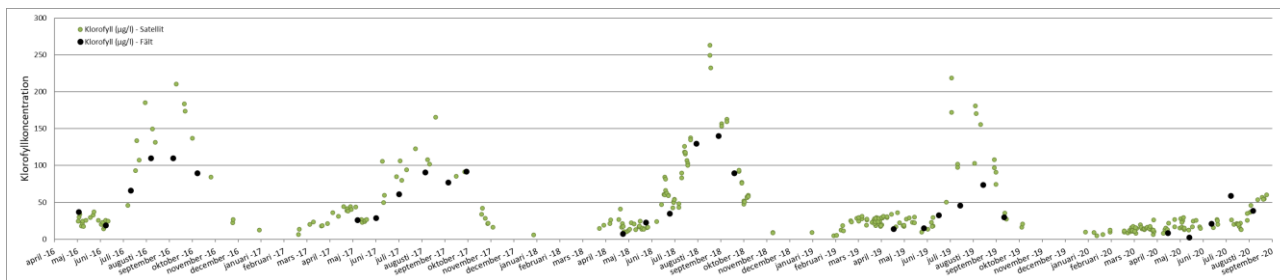
Kommentar: God överensstämmelse mellan fält och de satellitbaserade skattningarna. **God potential för övervakning med Sentinel-3.**

Södra Bergundasjön 2020 (Fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



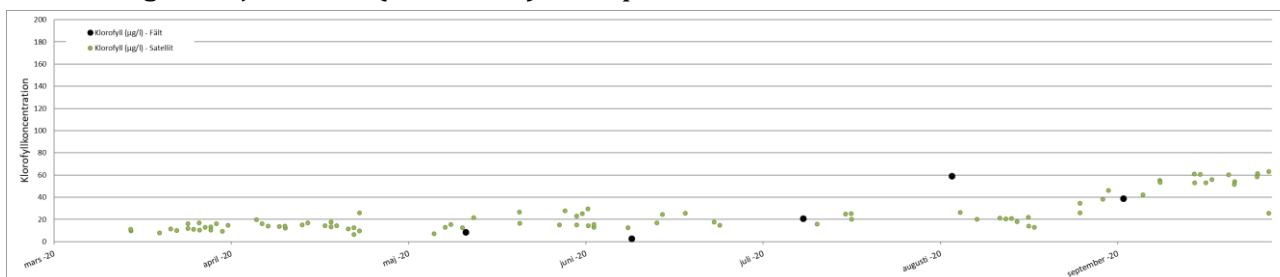
Kommentar: Detalj över 2020. Trots att större spridning uppvisas av de satellitbaserade ytskattningarna, är det relativt god överensstämmelse med fält baserade prover. **God potential för övervakning med Sentinel-3.**

Norra Bergundasjön (Fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



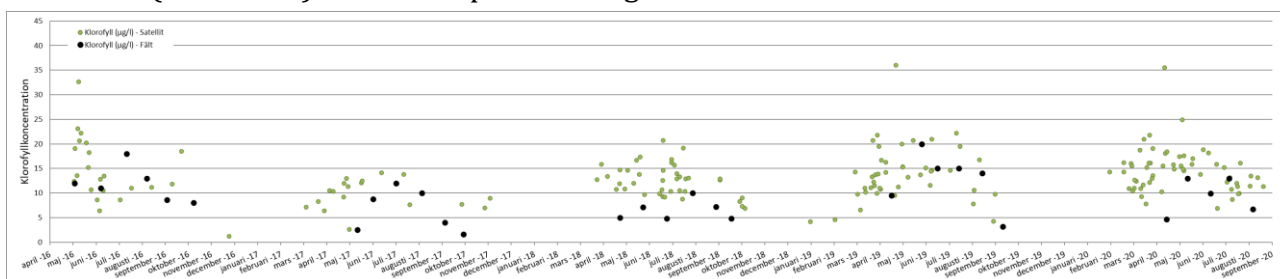
Kommentar: God överensstämmelse mellan fält och de satellitbaserade skattningarna. **God potential för övervakning med Sentinel-3.**

Norra Bergundasjön 2020 (Fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



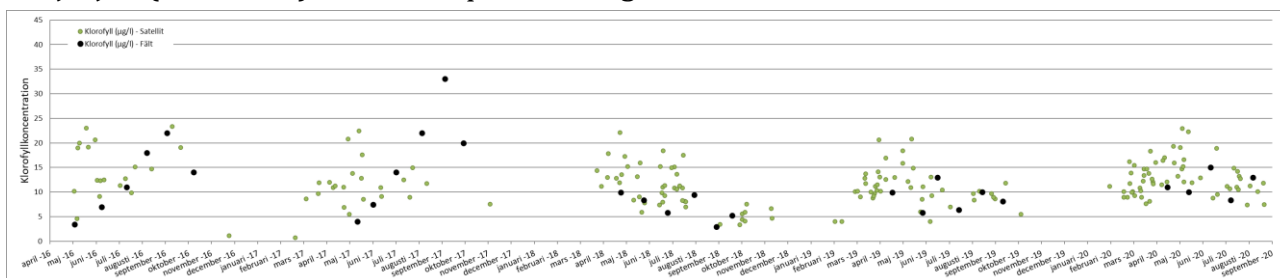
Kommentar: Detalj över 2020. God överensstämmelse mellan fält och de satellitbaserade skattningarna. **God potential för övervakning med Sentinel-3.**

Trummen (Fält 0-2 m) – OBS! 1-2 pixlar vanligtvis max.



Kommentar: God överensstämmelse mellan fält och de satellitbaserade skattningarna trots att sjön är lite och antal godkända pixlar är få. **God potential för övervakning med Sentinel-3. Inväntar resultat från den mer högupplösta Sentinel-2.**

Växjösjön (Fält 0-2 m) – OBS! 1-3 pixlar vanligtvis max.

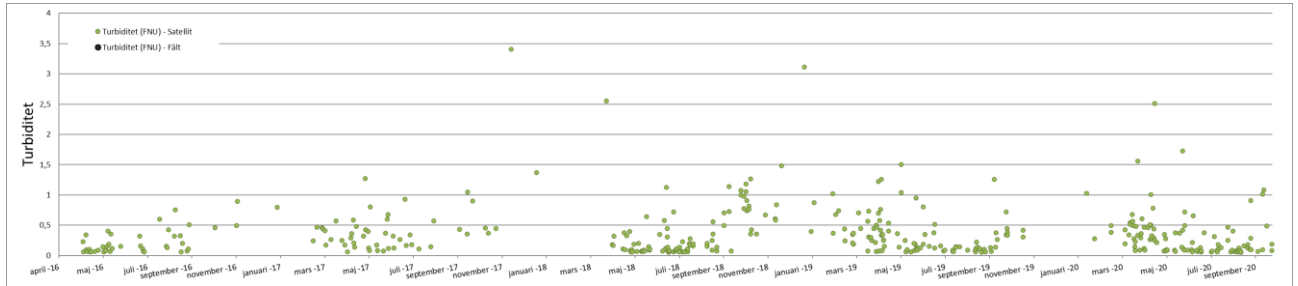


Kommentar: God överensstämmelse mellan fält och de satellitbaserade skattningarna trots att sjön är lite och antal godkända pixlar är få. **God potential för övervakning med Sentinel-3. Inväntar resultat från den mer högupplösta Sentinel-2.**

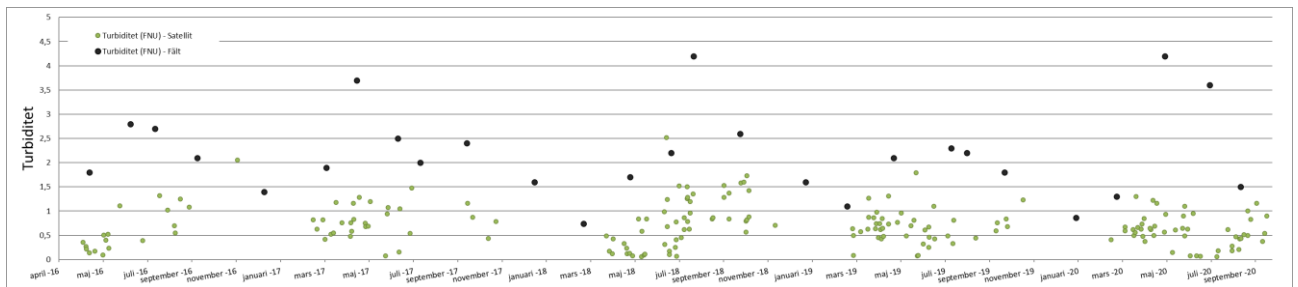
Tidsserier – Turbiditet

För de flesta stationerna saknas fältmätt turbiditet och nivåerna är generellt sett mycket låga. För Trummen och Växjösjön blir antalet observationer mycket få och tidsserierna redovisas inte nedan. *Inväntar resultat från den mer högupplösta Sentinel-2, för att se om den fungerar bättre i dessa mindre sjöar.*

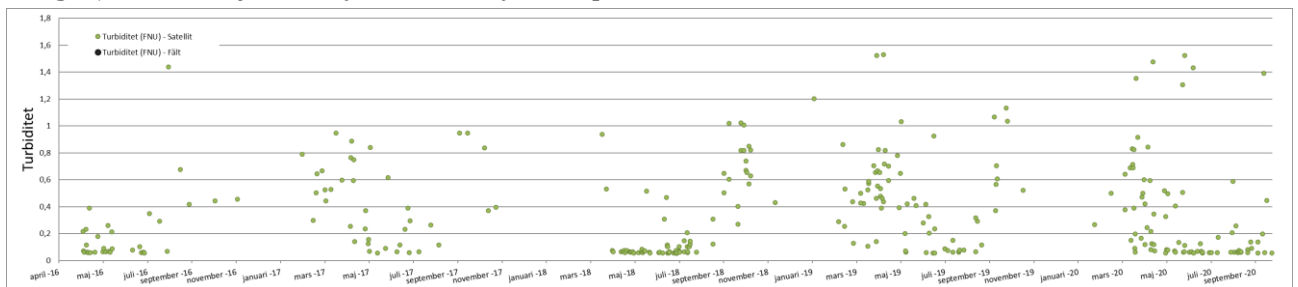
Örken norra (Fält saknas) – 3-9 pixlar



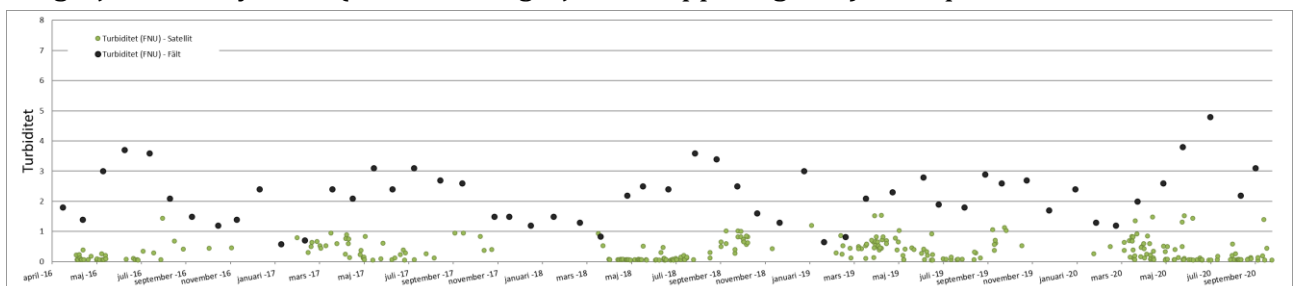
Örken södra (Fält från Örkens utlopp) – 3-9 pixlar



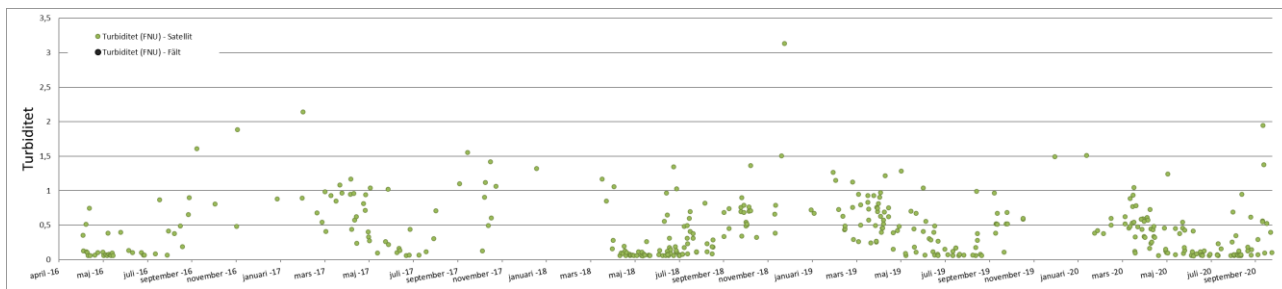
Helgasjön – Arabyviken (Fält saknas) - 3-9 pixlar



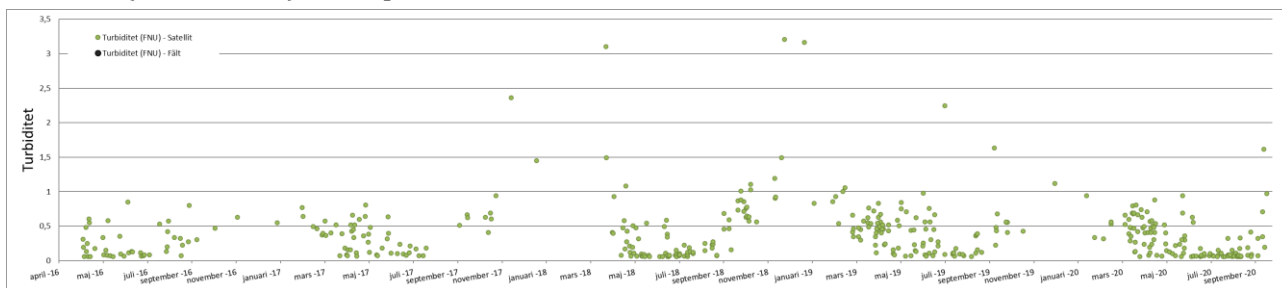
Helgasjön – Arabyviken (Fält från Helgasjöns utlopp Bergsnäs) – 3-9 pixlar



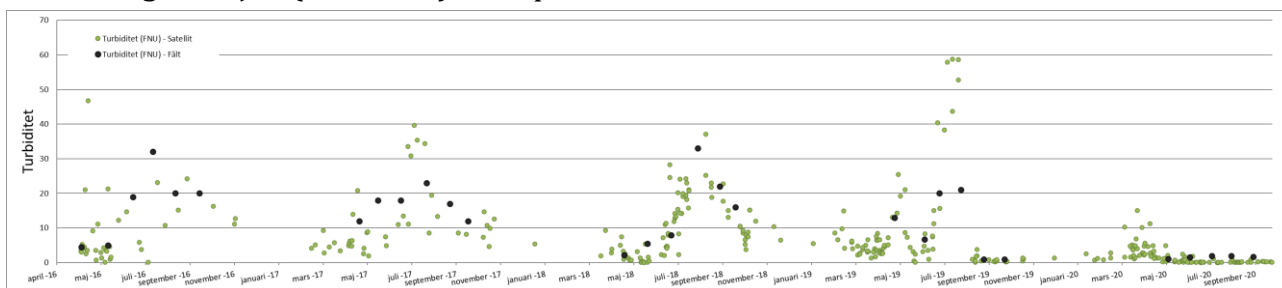
Helgasjön – Evedal (utan för badplatsen). (Fält saknas) - 3-9 pixlar



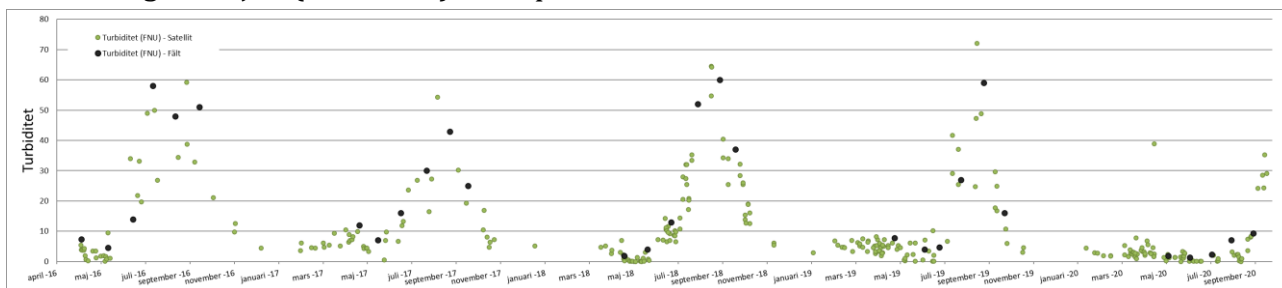
Innaren (Fält saknas) – 3-9 pixlar



Södra Bergundasjön (Fält 0.5 m) – 3-9 pixlar



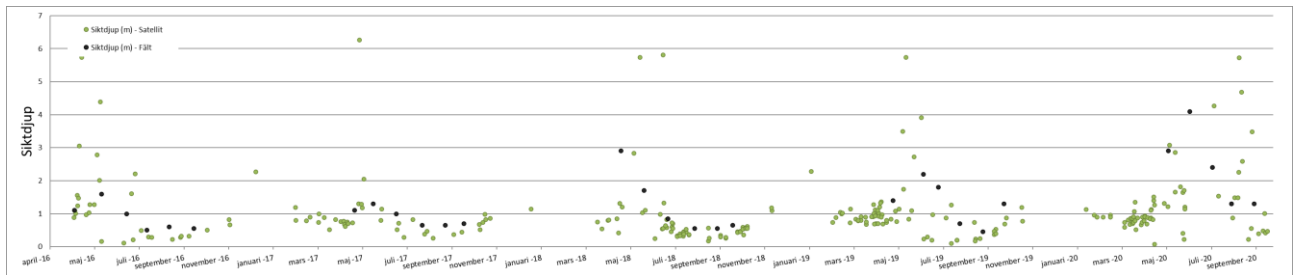
Norra Bergundasjön (Fält 0.5 m) – 3-9 pixlar



Tidsserier – Siktdjup

Ingen av de befintliga och utvärderade siktdjupsalgoritmerna genererade några tillförlitliga resultat baserat på Sentinel-3 data i Växjösjöarna. Resultaten för Norra och Södra Bergundasjön ser intressanta ut, men behöver utvärderas vidare. Tidsserien för Norra Bergundasjön visas som ett exempel nedan.

Norra Bergundasjön – 3-9 pixlar



Kommentar: God överensstämmelse för låga siktdjup, men för större siktdjup blir EO baserade skattningen mycket överskattad. **Medelgod potential för övervakning med Sentinel-3**, men behöver utvärderas vidare.

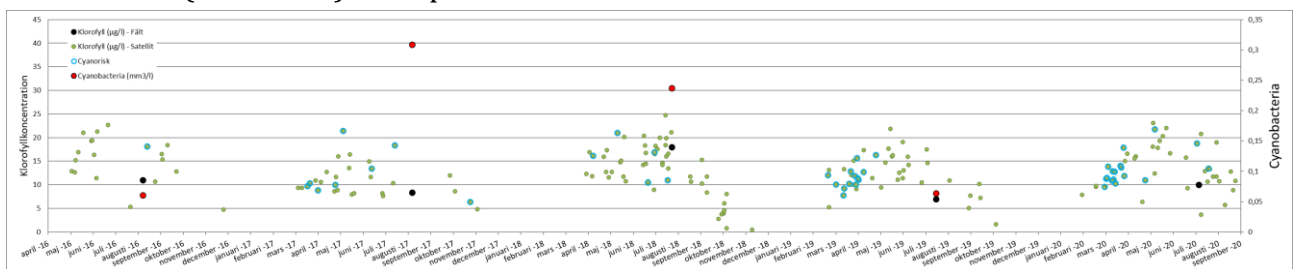
Tidsserier – AbsF/a_{CDOM}

Den utvärderade algoritmen för att skatta absorption av löst organiskt material genererade inte några tillförlitliga resultat baserat på Sentinel-3 data i Växjösjöarna.

Tidsserier – Risk för cyanobakterier

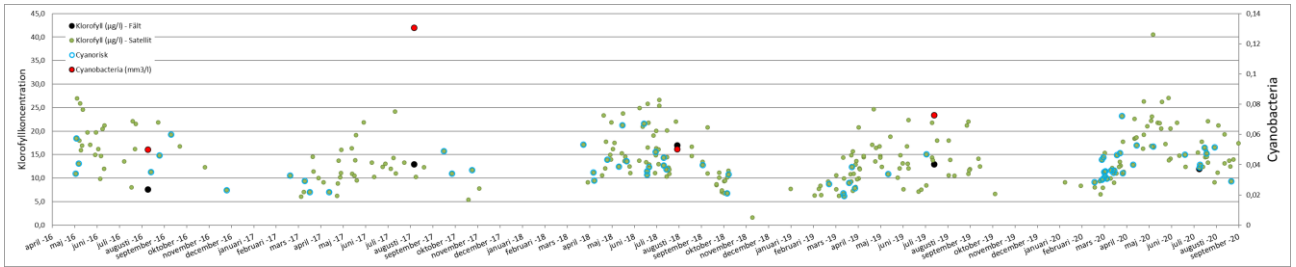
I tidsserierna nedan har alla klorofyllobservationer som via satellitdata även identifierats med "risk för cyanobakterier", markerats med en cyanfärgad ring runt observationen. Indikatorn är inte helt enkel att tolka och bygger på en förändring i den färgsignatur som satelliten mäter. Signaturförändringen sker när den övre vattenvolymen domineras av cyanobakterier i förhållande till andra alger. Det krävs också att klorofyllkoncentrationen, d.v.s. mängden alger/cyanobakterier per volymenhet, är tillräckligt hög (ca. 10 µg/l) för att ge ett mätbart utslag på färgsignaturen. För Växjösjöarna innebär det att det kan finnas cyanobakterier i vattnet oftare, men att koncentrationen (biomassan) är för låg. Förutom markerade klorofyllkoncentrationer ligger liksom tidigare fältmätta koncentrationer med som svarta punkter i tidsserierna. Dessutom har uppmätt biomassa cyanobakterier (mm³/l) inkluderats i grafen. Observera att biomassan redovisas på sekundär y-axel.

Örken södra (Fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



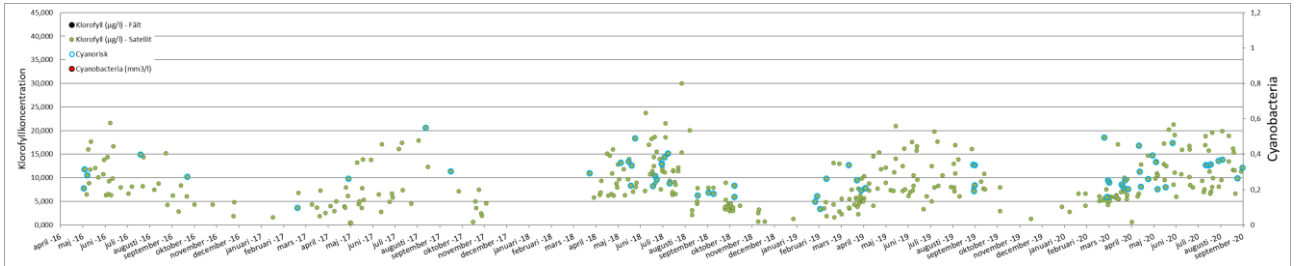
Kommentar: Flest observationer markerade under våren 2019-2020.

Helgasjön – Arabyviken (Fält 0-2/3 meter) - 3-9 pixlar

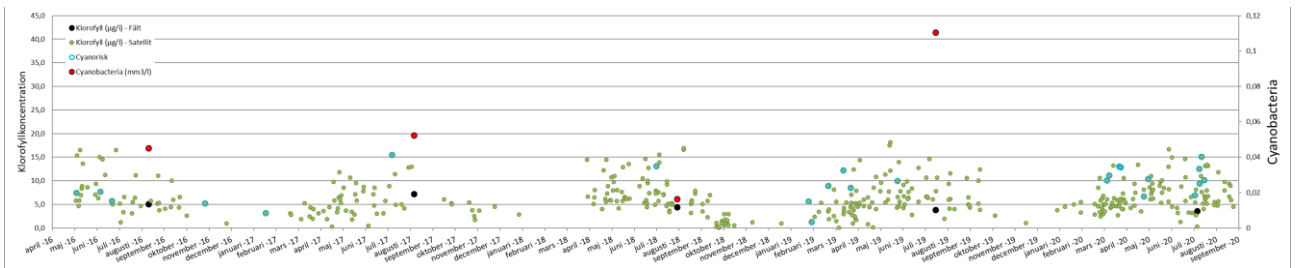


Kommentar: Flest observationer markerade under våren 2019-2020.

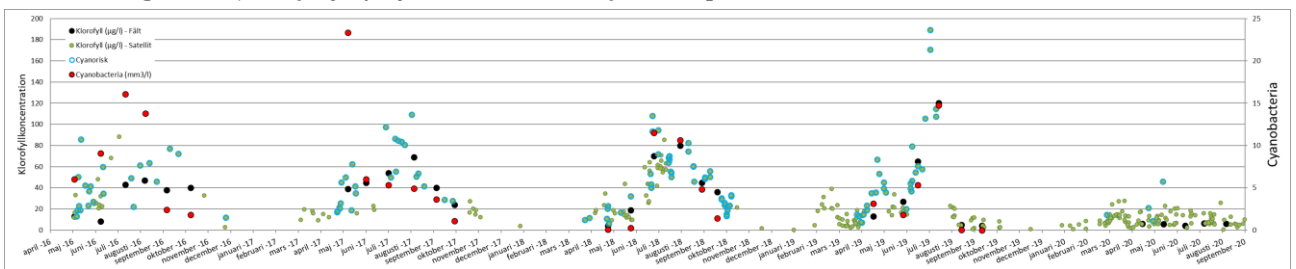
Helgasjön – Evedal (utan för badplatsen).



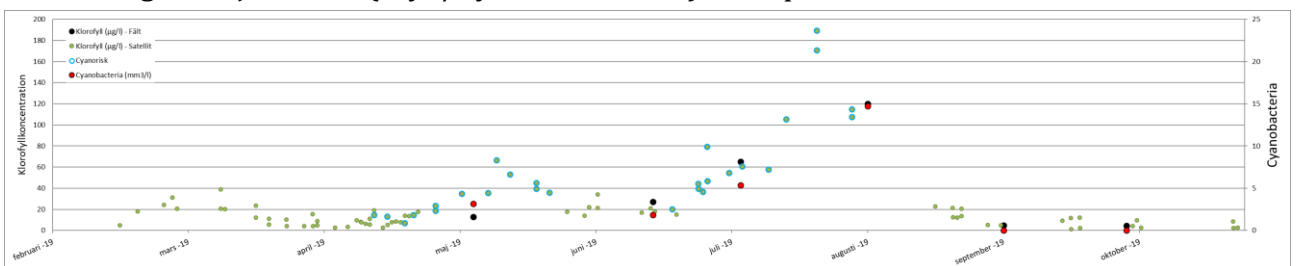
Innaren (Fält 0-2 m, 0-6 m 2018-2020) – 3-9 pixlar



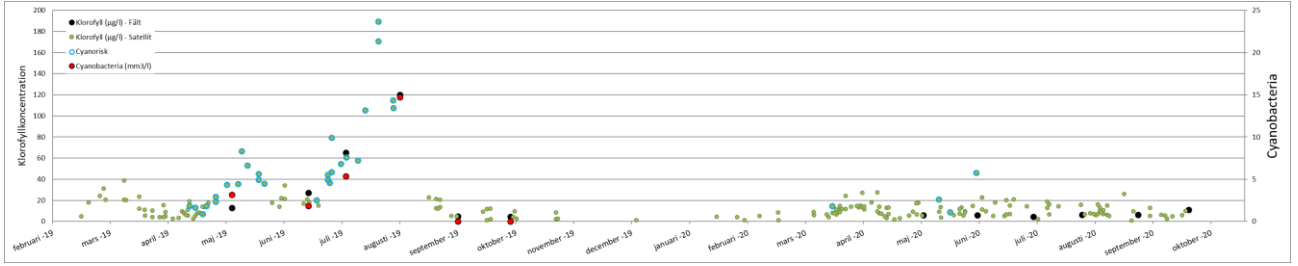
Södra Bergundasjön (Kfyll/Cyano, fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



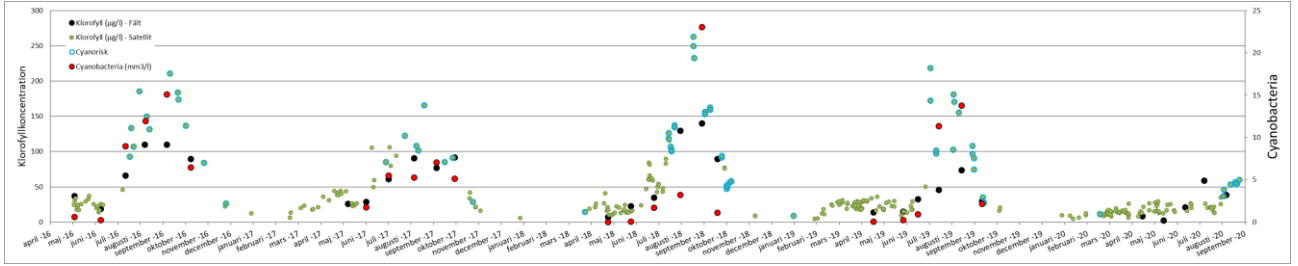
Södra Bergundasjön 2019 (Kfyll/Cyano, fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



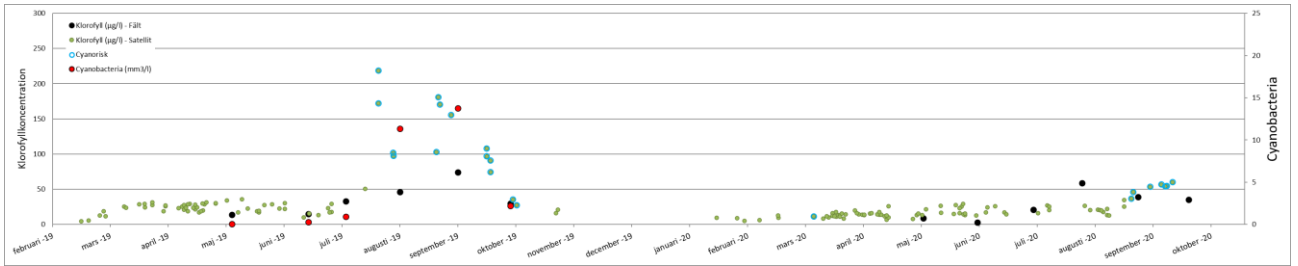
Södra Bergundasjön 2019-2020 (Kfyll/Cyano, fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



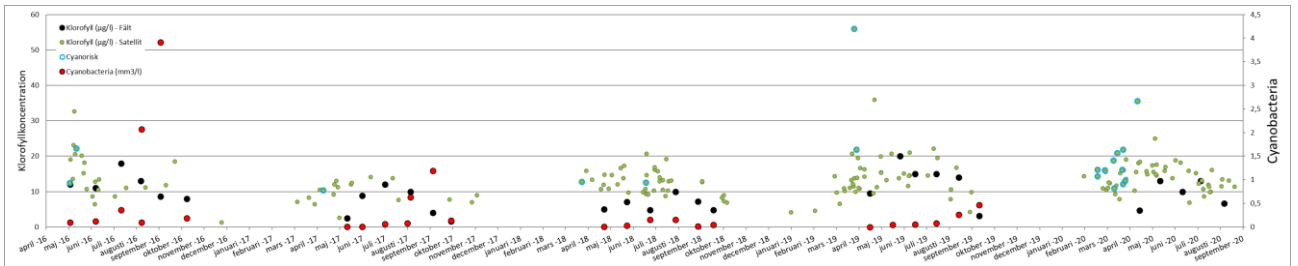
Norra Bergundasjön (Kfyll/Cyano, fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



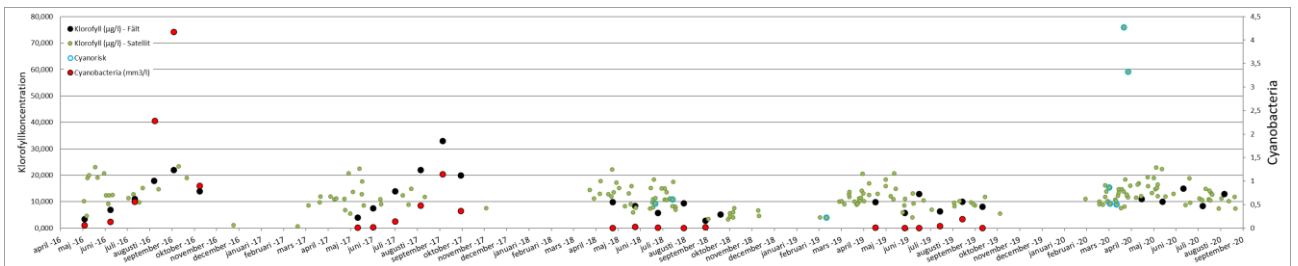
Norra Bergundasjön 2019-2020 (Kfyll/Cyano, fält 0-2 m) – 3-9 pixlar



Trummen (Fält 0-2 m) – OBS! 1-2 pixlar vanligtvis max.

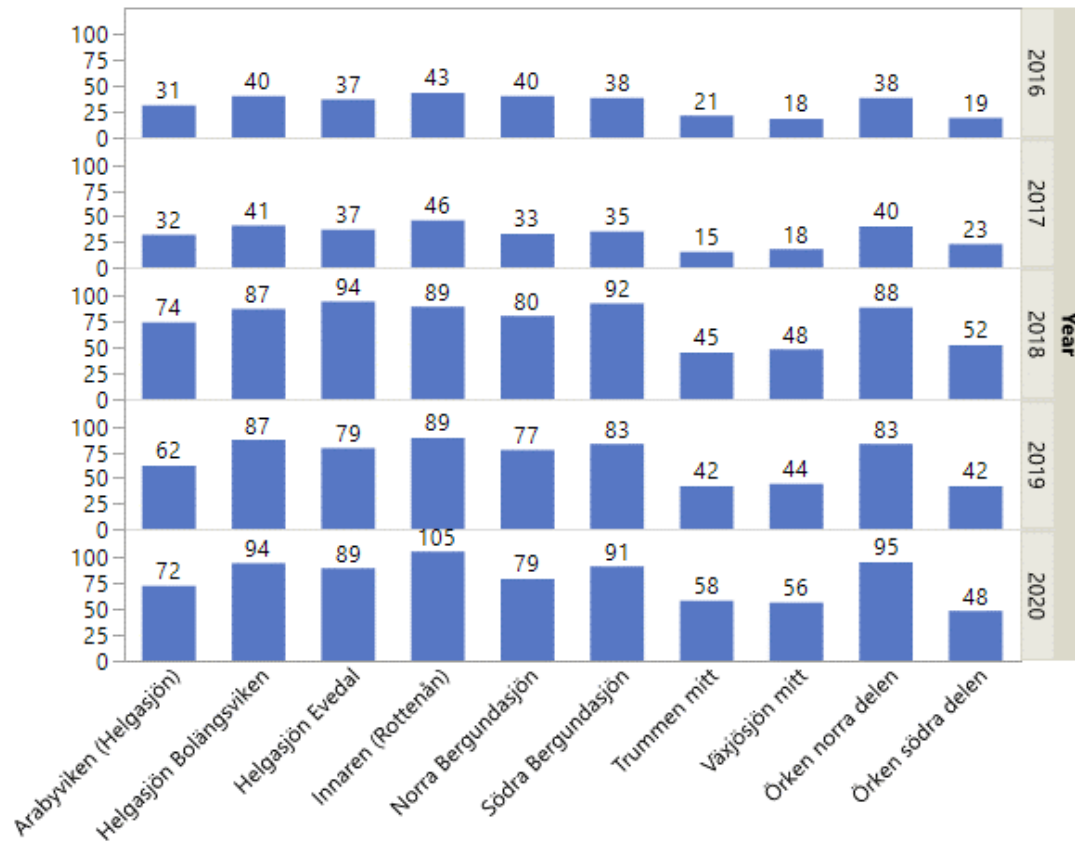


Växjösjön (Fält 0-2 m) – OBS! 1-3 pixlar vanligtvis max.

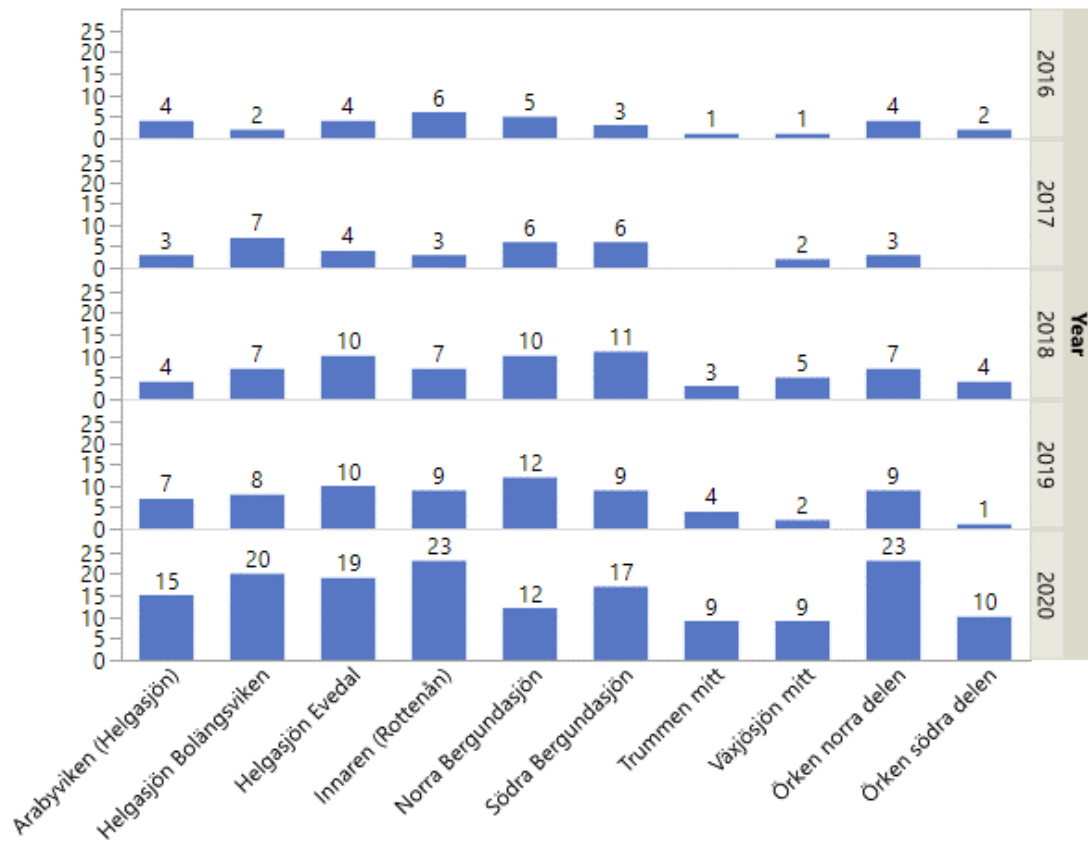


Om Växjösjöarna

Totala antalet klorofyllskattningar för samtliga stationer under april-oktober, 2016-2020, är drygt 2869 stycken och fördelar sig per station och år enligt Figur 4. Figur 5 motsvarar augusti 2016-2020 och omfattar drygt 360 klorofyllskattningar. Från och med 2018 finns det två satelliter av samma sort i omloppsbanan och antalet observationer ökar därför. 2018 var även en solig sommar vilket innebär många molnfria passager och därmed många observationer (Figur 4).

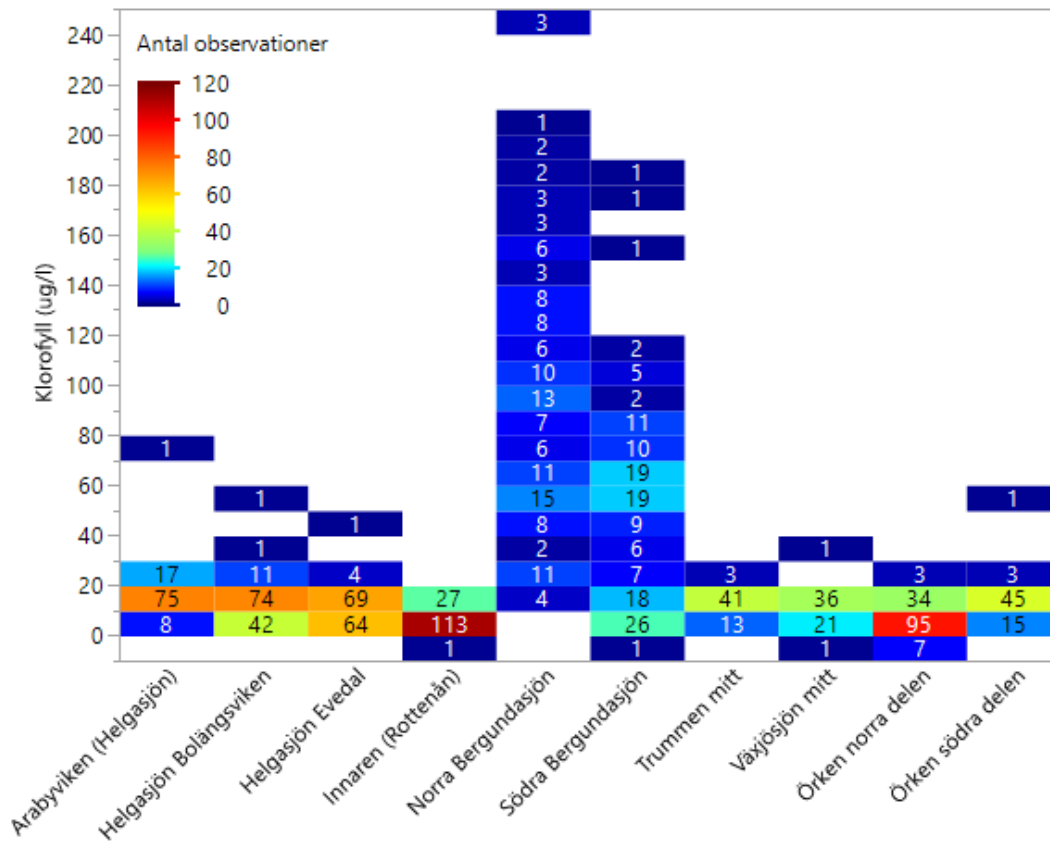


Figur 4. Antal satellitbaserade klorofyllobservationer per station i april-oktober, uppdelat per år.



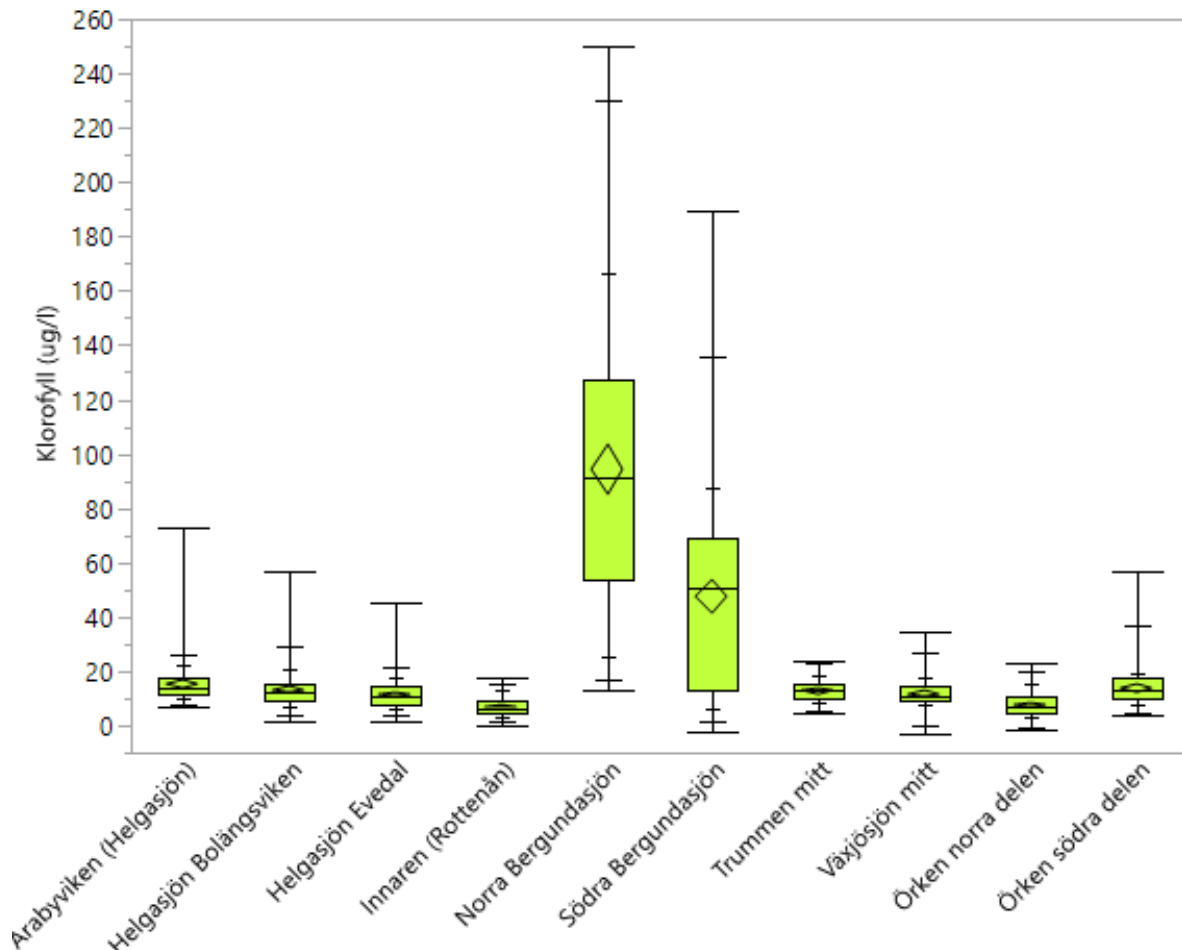
Figur 5. Antal satellitbaserade klorofyllobservationer per station i augusti, uppdelat per år.

Figur 6 är en så kallad "värmekarta" som visar hur många observationer per koncentrationsintervall (y-axeln) och station (x-axeln) som registrerats under perioden juli-september, 2016-2020.



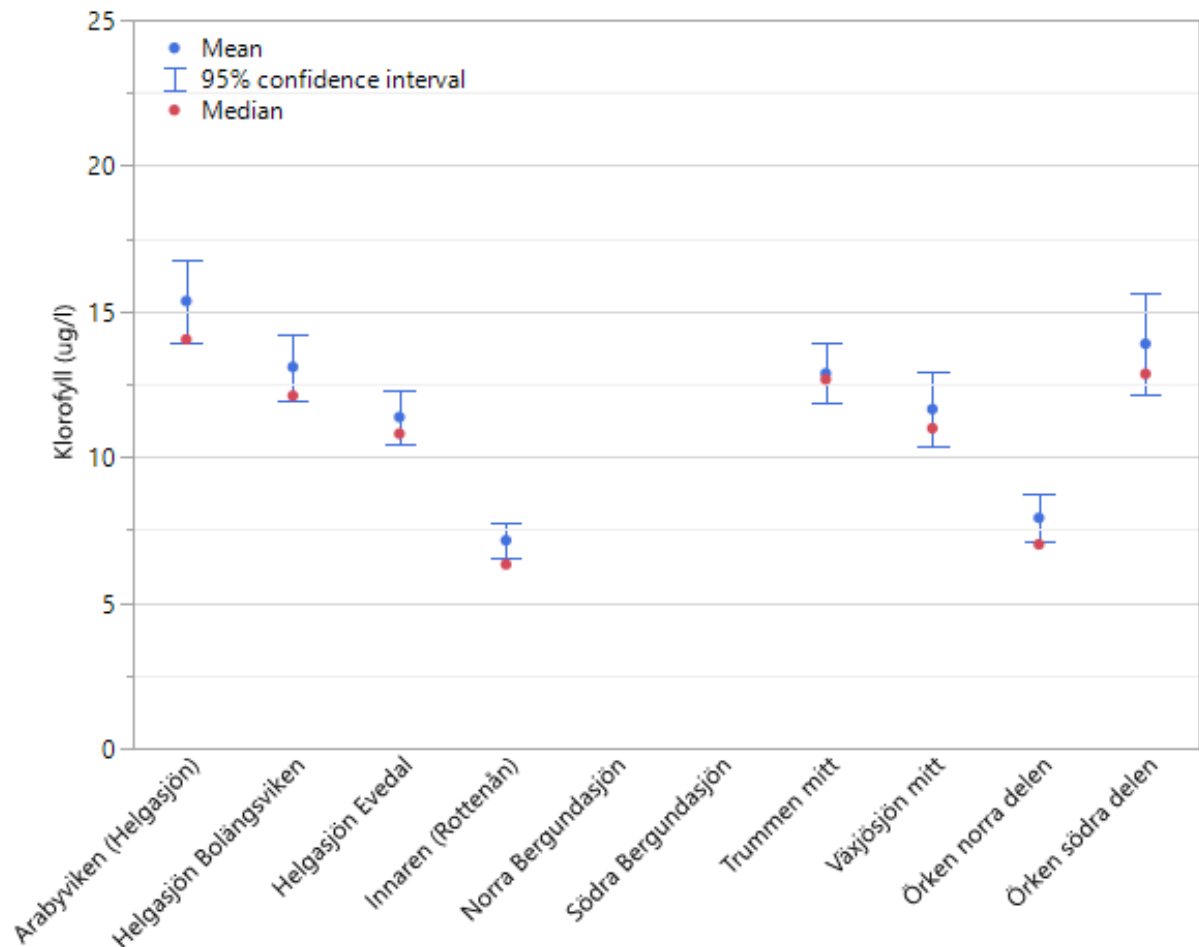
Figur 6. Antal observationer per station och klorofyllintervall i juli-sep, 2016-2020.

Baserat på alla observationer för juli-september, 2016-2020 har ett antal statistiska mått beräknats per station. Figur 7 visar ett låddiagram för samtliga stationer där den gröna lådan motsvarar 50% av alla observationer. Medianvärdet motsvarar det svarta strecket i lådan och medelvärdet representeras av mitten på "diamanten" i lådan. De tre tvärstrecken under och över lådan motsvarar 10-, 2.5- och 0.5-%, respektive 90-, 97.5- och 99.5-%, värdet i datamängden.



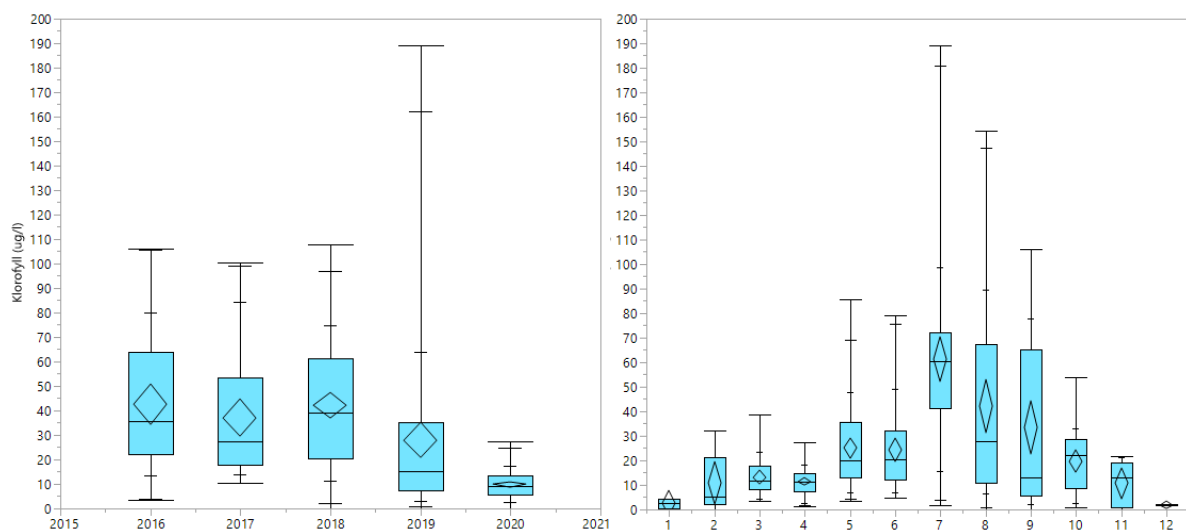
Figur 7. Boxplot med percentiler motsvarande 0.5, 2.5, 10, 25, 50, 75, 90, 97.5 och 99.5-% värdet i datamängden per station.

I Figur 8 är koncentrationsintervallet på y-axeln begränsat till 0-25 ug/l liter för att bättre se skillnaden mellan stationernas medel- och mediankoncentration av klorofyll över hela perioden. Det innebär att Bergundasjöarna ligger utanför intervallet. För medelvärdet är det 95%-iga konfidensintervallet inritat. Om man ser de satellitbaserade observationerna som ett stickprov av observationer, anger intervallet att vi förväntar oss att 95% av alla observationer kommer att ligga inom detta intervall även för fortsatta observationer gjorda under samma förutsättningar.



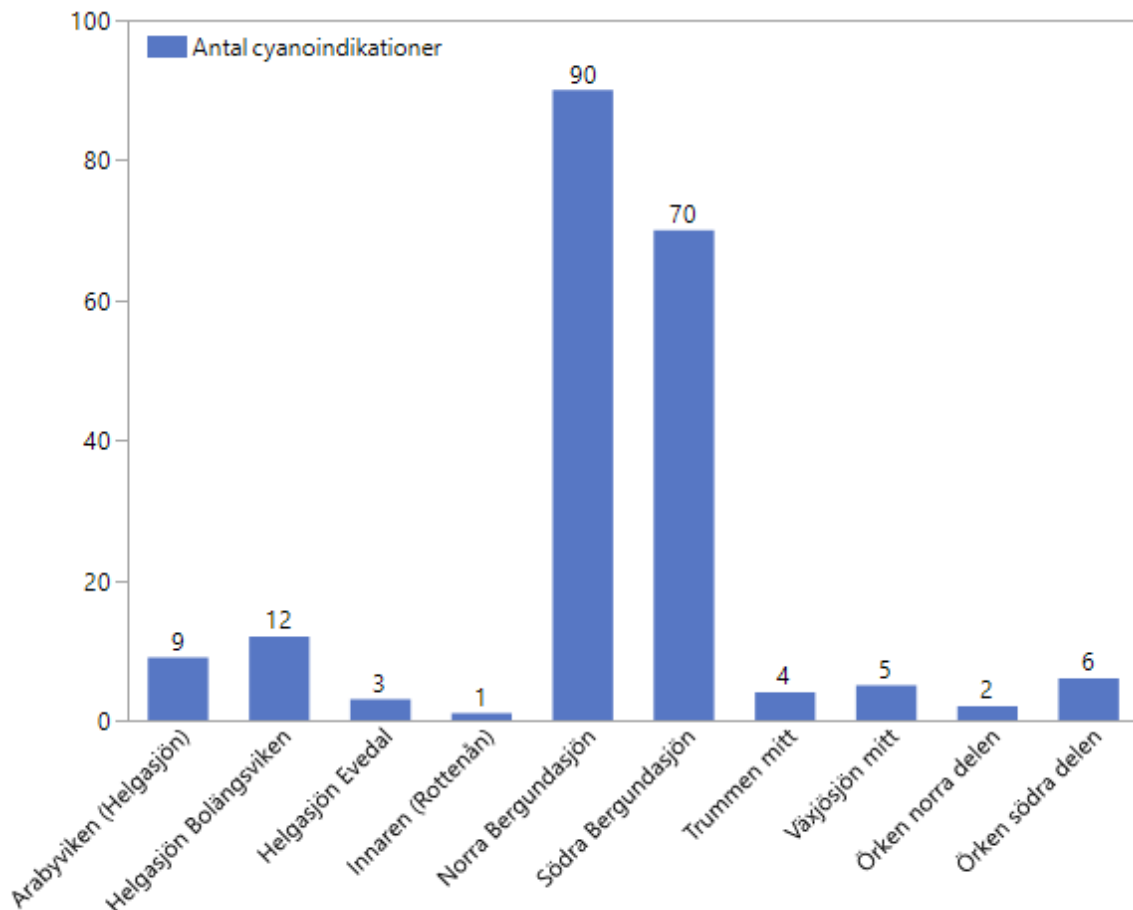
Figur 8. Långtidsmedel (blått) och median (rött) för Växjösjöarnas referensstationer, juli-sep, 2016-2020.

För samtliga figurer ovan kan mer detaljerade grafer uppdelade per station, olika år och olika månader framställas. Figur 9 nedan är ett sådant exempel och en variant på Figur 7 för Södra Bergundasjön där den vänstra visar på variationen för de fem åren och den högra variationen per månad under hela perioden.



Figur 9. Boxplot med percentiler motsvarande data för station Södra Bergundasjön 2016-2020(vänster) samt uppdelad per månad 2016-2020 (höger).

Figur 10 nedan visar hur många gånger (datum) som någon eller flera av pixlarna kring varje station flaggats för förekomst av cyanobakterier (Indikator – Cyanobakterier = 1). Bergundasjöarna har flaggats flest gånger. Som beskrivits tidigare är indikatorn inte helt enkel att tolka och bygger på en förändring i den färgsignatur som satelliten mäter. Signaturförändringen sker när den övre vattenvolymen domineras av cyanobakterier i förhållande till andra alger. Det krävs också att klorofyllkoncentrationen, d.v.s. mängden alger per volymsenhet, är tillräckligt hög (ca. 10 ug/l) för att ge ett mätbart utslag på färgsignaturen. För Växjösjöarna innebär det att det kan finnas cyanobakterier i vattnet betydligt oftare, men att koncentrationen (biomassan) är för låg.



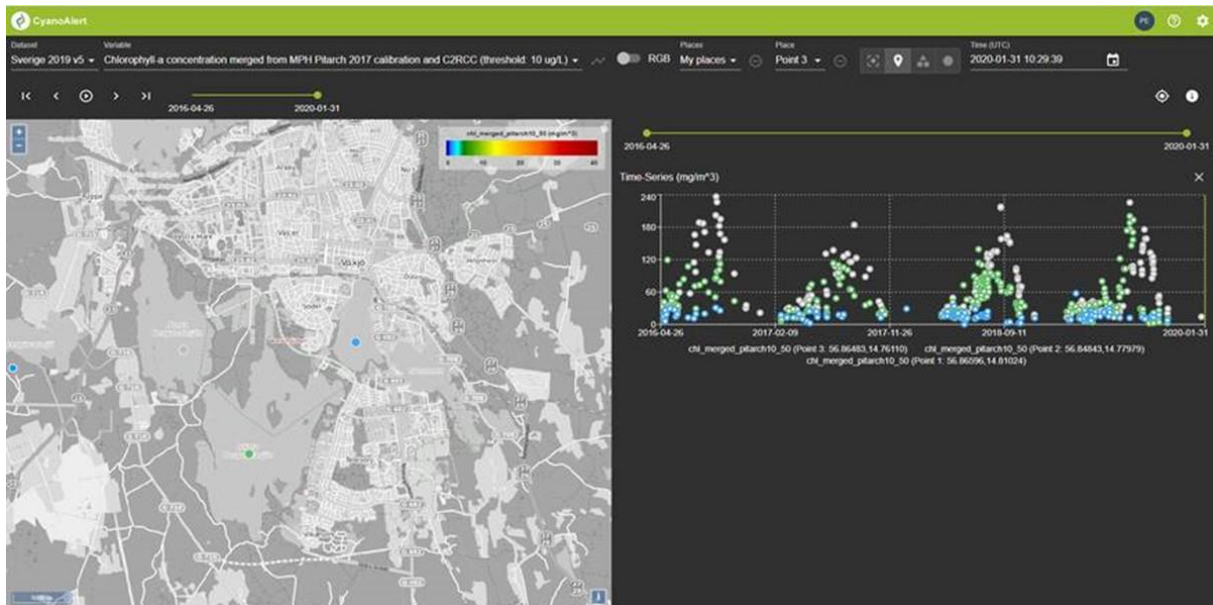
Figur 10. Antal bilder där indikatorn "risk för cyanobakterier" fått värdet "1" (= sant) för en eller flera av de nio pixlarna runt respektive station under juli-sept 2016-2020.

Service sommaren 2021 - CyanoAlert Viewer och App

Servicen kommer att bestå av tre huvuddelar; en prenumerationsservice, en viewer och en app. Prenumerationsservicen består av en nära realtidsservice där information och "varningar" för fördefinierade platser i Växjösjöarna levereras via mail direkt till användaren samma dag som satellitdata registreras.

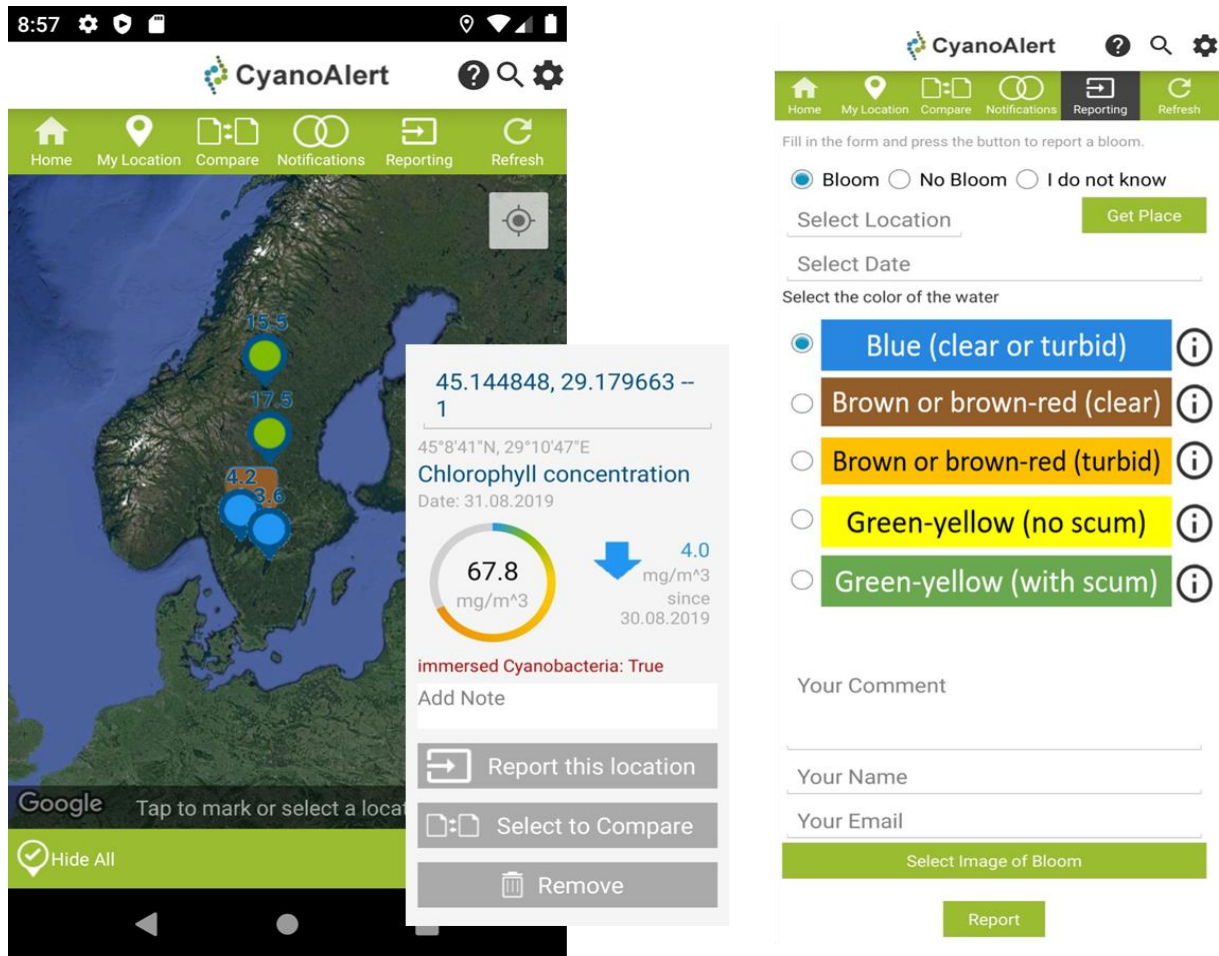
I CyanoAlert servicen ingår även tillgång till en viewer där alla satellitbilder och beräknade koncentrationskartor kan ses samma dag som satelliterna har passerat över

aktuellt område. Som mest kan man, under molnfria förhållanden, få två kartor per dag. I viewern kan även användaren själv definiera punkter och ytor och skapa tidsserier för visualisering och analys av status och trender. Klorofyllkoncentration och cyanoindikator för Växjsjöarna tillsammans med motsvarande satellitbilder i RGB-format kommer att göras tillgängliga för Växjös registrerade användare (Bilaga 2) under juni-september 2021.



Figur 11. Exempel från CyanoAlert Viewer med tidsserier (höger) över klorofyllkoncentrationen för tre valda punkter i Södra Bergundasjön (grön), Norra Bergundasjön (grå) och Växjösjön (blå).

CyanoAlert App finns för närvarande bara tillgänglig för Android, men är öppen och tillgänglig för alla. Via appen kan man få information om den senaste satellitmätta klorofyllkoncentrationen för den valda positionen och en jämförelse med den näst senaste skattningen. Man får även information om risk för cyanobakterier vid samma plats och tidpunkt. Som användare har man även möjlighet att rapportera in observationer och ladda upp ett foto av det man ser. Den rapporterade vattenfärgen för den aktuella positionen blir sedan tillgänglig för alla användare.



Figur 12. Skärmdumpar från CyanoAlert App som visar koncentrationnivåer för positioner valda av användaren, en rapport för en vald punkt samt formuläret där användaren själv kan rapportera in status för det vatten där de befinner sig.

Projektleverans

Skattade värden i form av koncentrationskartor för klorofyll och risk för cyanobakterier tillgängliggörs kontinuerligt i CyanoAlert viewer under serviceperioden. Bilderna laddas ner, bearbetas och läggs till i viewerns datakub (databas) i nära-real-tid, vilket vanligtvis är sen eftermiddag samma dag som bilden registrerats av satelliten.

En sammanställning av vattenkvalitetsinformation i form av klorofyll a koncentration och cyanobakterieindikator sammanställs och levereras i en Excel-fil för utvalda stationer (Bilaga 1) efter avslutad säsong. Filen levereras med ett arbetsblad per referensstation och innehåller statistik samt ett diagram som visar tidserier av klorofyll (både satellitskattade data och fältdata för närmaste motsvarande provtagningspunkt).

Data levereras till kontaktpersoner på Växjö kommun (TBD).

Referenser

- Alikas, K and Kratzer, S. 2017. Improved retrieval of Secchi depth for optically-complex waters using remote sensing data. *Ecological Indicators* 77, 218-227.
- Brockmann, C., Doerffer, R., Peters, M., Stelzer, K., Embacher, S. Ruescas, A. 2016. Evolution of the C2RCC Neural Network for Sentinel 2 and 3 for the Retrieval of Ocean Colour Products in Normal and Extreme Optically Complex Waters. Proceedings of the Living Planet Symposium 9-13 May 2016 in Prague, Czech Republic. Edited by L. Ouwehand. ESA-SP Volume 740, ISBN: 978-92-9221-305-3, p.54.
- Doerffer, R., Brockmann, C., Röttgers, R., Moore, T.S., and Dowell, M.D. 2012. Optical water type based algorithms for CoastColour. Proceedings of 3rd MERIS/(A)ATSR & OLCI/SLSTR Preparatory Workshop, (Frascati, Italy).
- Florén, K., Philipson, P., Strömbeck, N., Nyström Sandman, A., Isaeus, M. and Wijkmark, N. (2012). Satellite derived Secchi depth for improvement of habitat modeling in archipelagic areas 2010-2011 – Project Report , Swedish National Space Board, Dnr 164/09.
- Kratzer, S., Brockmann, C., Moore, G., 2008. Using MERIS full resolution data (300 mspatial resolution) to monitor coastal waters—a case study from Himmerfjärden, a fjordlike bay in the north-western Baltic Sea. *Remote Sensing of the Environment* 112, 2284–2300.
- Nechad, B., Ruddick, K.G. and Park, Y. 2010. Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of total suspended matter in turbid waters. *Remote Sensing of Environment* 114 (4), 854-866.
- Pitarch, J., Ruiz-Verdú, A., Sendra Cabrera, M D. and Santoleri, R. 2017. Evaluation and reformulation of the maximum peak height algorithm (MPH) and application in a hypertrophic lagoon. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 122 (2), 1206-1221. DOI: 10.1002/2016JC012174

Bilaga 1 - Prenumerationservice

Stationer

Prenumerationstjänsten kommer att implementeras för **TBD** platser i Växjösjöarna. Koordinaterna för platserna (WGS84) listas i tabellen nedan. **Nedanstående är ett exempel och underlag för diskussion och beslut.**

Station	Latitud	Longitud
Örken norra delen	57.14845959	15.00396069
Örken södra delen	57.06519309	15.04367185
Örkens utlopp	57.08632425	15.00779338
N Örkens utlopp	57.0953	15.021615
N Örkens utlopp S2-1	57.087064	15.009196
N Örkens utlopp S2-2	57.092497	15.019298
Innaren (Rottneån)	56.99897307	14.94136024
Arabyviken (Helgasjön)	56.90403842	14.75571972
Arabyviken (Helgasjön) NO	56.904046	14.757965
Helgasjön Bolängsviken	56.928819	14.766397
Helgasjöns utlopp Bergsnäs	56.88575128	14.75008075
Trummen mitt	56.86144895	14.82714991
Växjösjön mitt	56.86780491	14.81320977
Södra Bergundasjön	56.84749424	14.78359226
Norra Bergundasjön	56.86447934	14.75899335
Helgasjön. Evedal	56.925107	14.830921
Helgasjön. Evedal S2	56.922103	14.824076

Formattering av data

Vid framställning av daglig information för prenumerations servicen gäller nedanstående kriterier, tröskelvärden och meddelanden. **Nedanstående är ett exempel och underlag för diskussion och beslut.**

	Tröskelvärden	Meddelande
Station (3x3 MP)	(median(chl) > 10 och median(chl) < 20)	“Låg risk för algblooming”
Station (3x3 MP)	(median(chl) > 20 och median(chl) < 40)	“Risk för algblooming”

Station (3x3 MP)	<code>median(chl) > 40 or antal(floating_cyano == 1) > 3</code>	“Hög risk för algblooming”
Station (3x3 MP)	<code>antal(immersed_cyano == 1 or floating_cyano == 1) ≥ 1</code>	“Risk för cyanobakterier”

P = Pixlar

MP = Makropixel

Bilaga 2 - Viewer

Geografisk täckning

SWEREF 99 TM

Namn	Nord	Öst
UL	6341216	479548
LR	6297290	505273

WGS84

Namn	Nord	Öst
UL	57.214032	14.663315
LR	56.819296	15.086975

Variabler

Namn i viewer	Beskrivning	Enhet	Algoritm
Klorofyll-a	Klorofyll - Eutrofa vattenförekomster	ug/l	Chlorophyll-a concentration (Pitarch et al.)*
Indikator - Cyanobakterier	Cyanobakterieindikator	Enhetslös - "1" om pixeln har klassats som optiskt dominerad av cyanobakterier	Immersed cyanobacteria indicator (Pitarch et al.)

*För riktigt klara och bruna vatten finns inget på förhand valbart bästa alternativ och produkterna måste därmed användas med stor försiktighet tills att tillräcklig validering genomförts.

Platser

Stationer enligt Bilaga 1.

Licenser

Användarlicens (inloggningsuppgifter) för tillgång till CyanoAlert Viewer ingår för följande användare:

Namn	Email
Signe Noresson	signe.noresson@vaxjo.se
Namn	Kultur och fritid

Namn	VA
Namn	Miljö och hälsa

Listan kan ändra eller utökas under servicen gång.