

## Komplettering till avsnitt 3.2 i Utredning av Ryaverkets påverkan på recipienten avseende ekologisk status av biologiska kvalitetsfaktorer.

Sandra Andersson och Kerstin Fransson, Marine Monitoring AB

2019-05-22

### 1. Bakgrund

Avsnitt 3.2 i "Utredning av Ryaverkets påverkan på recipienten avseende ekologisk status av biologiska kvalitetsfaktorer" (Andersson 2017) behandlar Ryaverkets påverkan på växtplanktonproduktionen i recipienten. Tidigare studier indikerar att mätstationerna Älvsborgsbron och Skalkorgarna är påverkade av Ryaverkets utsläpp av ammonium. Samtidigt verkar Ryaverkets utsläppshalter av fosfor ha en obetydlig påverkan (DHI 2016, Rydberg 2008, Andersson 2017). Det största tillskotten av fosfor i recipienten transporteras istället via Kattegattvatten (Rydberg 2008, Isaeus 2005).

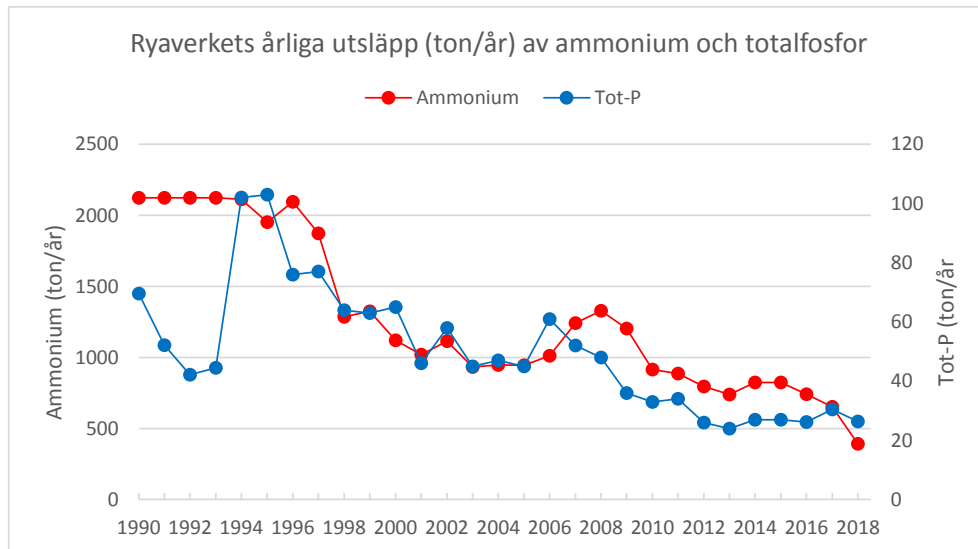
I Länsstyrelsens yttrande över Gryaab:s ansökan om tillstånd till Ryaverkets avloppsreningsverk i Göteborgs kommun (daterad 2019-02-20) diskuteras verksamhetens påverkan från ökande näringsutsläpp på statusen hos enskilda kvalitetsfaktorer. Enligt Länsstyrelsens bedömning kan det inte uteslutas att den ansökta verksamheten riskerar att sänka statusen för vissa kvalitetsfaktorer, framförallt kvalitetsfaktorn Växtplankton.

All växtproduktion kräver solljus och biotillgängliga näringsämnen, dvs. oorganiskt kväve (ammonium, nitrit och nitrat) och fosfor (fosfat) för tillväxt. En ökad belastning av näringsämnen i vattenmassan kan resultera i kraftiga blomningar av växtplankton. I Rivö fjord är produktionen främst fosforbegränsad då tillförseln av kväve till området är så stor att det finns ett överskott av oorganiskt kväve i vattenmassan. Med ökat tillskott av fosfor finns således en risk att mängden växtplankton ökar.

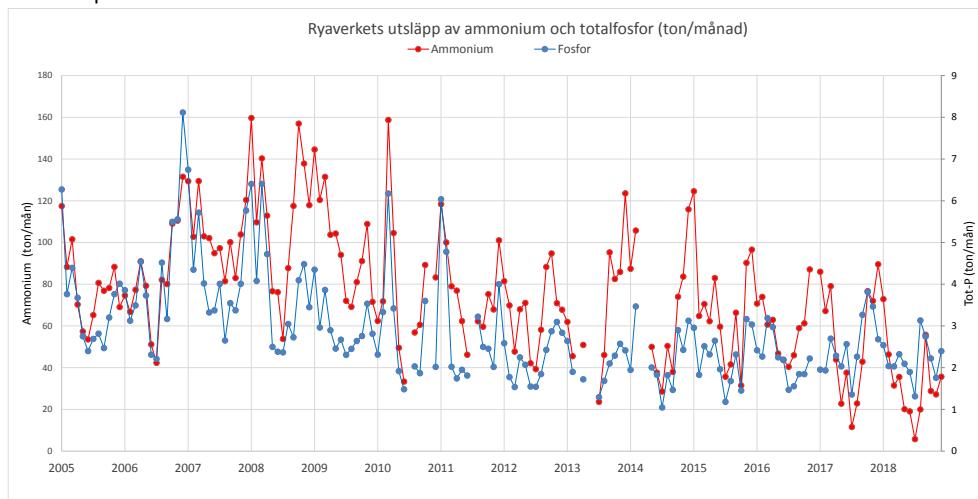
För att underlätta bedömningen av Ryaverkets påverkan från ett ökat utsläpp av fosfor på produktionen av växtplankton efterfrågar Länsstyrelsen ytterligare underlag i form av:

- Bedömning av statusen för växtplankton för åren 2016-2018, då klorofyll a har försämrats (ökat) i Rivö fjord.
- Tydligare jämförelser mellan förändringar i halten näring och klorofyll a i recipienten.
- Redovisning av orsakerna till växtplanktonökningen 2016-2018. Eventuella kopplingar mellan Ryaverkets utsläpp av biotillgängliga näringsämnen under sommaren och halten klorofyll i recipienten.

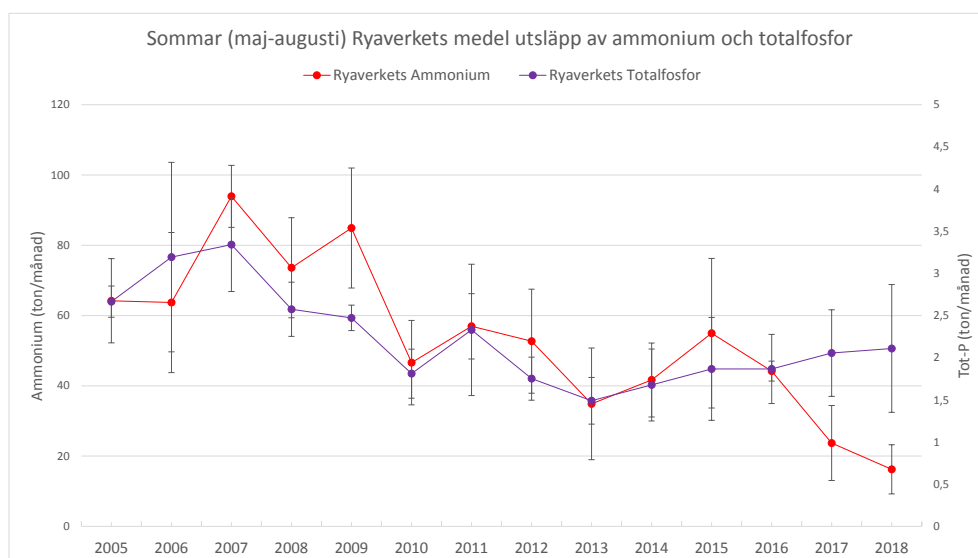
I Länsstyrelsens yttrande framförs även att ett ökat näringsutsläpp från Ryaverket under ombyggnaden år 2016 sammanföll med ökad klorofyllhalt i vattnet vid mätstationen Skalkorgarna. Ryaverkets årsutsläpp mellan åren 1990 och 2018 och månadsvisa utsläpp mellan åren 2005 och 2018 presenteras i figur 1 respektive figur 2. Vid en grafisk visualisering av utsläppsdata finns det inget som tyder på att utsläppen av totalfosfor och ammonium ökade under 2016. Ryaverkets utsläpp under sommarmånaderna (maj-augusti) presenteras i figur 3. Under sommaren riskerar Ryaverkets utsläpp av näring att påverka produktionen och därmed miljöstatusen för kvalitetsfaktorn Växtplankton. Under perioden maj till augusti år 2016 minskade utsläppen av ammonium och utsläppen av fosfor var oförändrad i jämförelse med året innan. Därefter har utsläppen av ammonium fortsatt att minska medan data indikerar att Ryaverkets utsläpp av fosfor har ökat i samband med att klorofyll ökat vid Skalkorgarna under åren 2016-2018. Detta samband testades statistiskt vilket inte gav några signifikanta resultat (se vidare avsnitt 5).



Figur 1. Ryaverkets utsläpp av ammonium och totalfosfor mellan åren 1990 och 2018 presenterat som ton per år.



Figur 2. Ryaverkets utsläpp av ammonium och totalfosfor mellan åren 2005 och 2018 presenterat som ton per månad.



Figur 3. Ryaverkets medel utsläpp av ammonium och totalfosfor under sommaren (maj-aug), månader som Ryaverket riskerar att påverka miljöstatusen för Växtplankton vid Skalkorgarna, mellan åren 2005 och 2018. Variationen presenteras som standardavvikelse.

## 2. Miljöstatus kvalitetsfaktorn Växtplankton i Rivö fjord (Skalkorgarna)

Länsstyrelsen efterfrågar en bedömning av miljöstatusen för växtplankton för åren 2016-2018, då klorofyll a har försämrats i Rivö fjord. Statusklassning av växtplankton utförs årligen inom Bohuskustens vattenvårdsförbunds övervakning och presenteras i årsrapporter.

För statusklassning av växtplankton används antingen klorofyll a eller en sammanvägd bedömning av både klorofyll a och biovolym på de stationer där båda parametrarna mäts. Klorofyll a är ett pigment som återfinns i växtplankton och indikerar således växtplanktonbiomassa i vattenmassan. Miljöstatusen baseras på 3 års insamlad data i ytvattnet (0-10 m) från juni till augusti. Klorofyll a har provtagits 1 gång i månaden vid mätstationen Skalkorgarna sedan början av 1990-talet. Sedan 2015 har även planktonanalyser utförts på Skalkorgarna och biovolym har vägts samman i statusklassningen sedan 2017 (Skjevik och Johansen 2019). Baserat på klorofyll a har miljöstatusen av växtplankton försämrats från *God* till *Måttlig* och *Otillfredsställande* de senaste tre åren (2016-2018) vid Skalkorgarna. I en sammanvägd bedömning av både klorofyll a och biovolym är miljöstatusen istället *God* åren 2017 och 2018 (Tabell 1; Skjevik och Johansen 2019). Fortsättningsvis utreds endast kopplingar mellan Ryaverkets utsläpp av näringsämnen och halten av klorofyll a då Länsstyrelsen endast fokuserar på klorofyll och inte biovolym i sitt yttrande daterat 2019-02-20.

Tabell 1. Statusklassning av kvalitetsfaktorn Växtplankton vid mätstationen Skalkorgarna i Rivö fjord mellan åren 1992 och 2018. Klassningen utförs årligen av Bohuskustens vattenvårdsförbund och resultaten är hämtade ur SMHI:s årsrapport 2018 (Skjevik och Johansen 2019). I tabellen presenteras statusklassning baserat på både klorofyll a och en sammanvägd bedömning av klorofyll a och biovolym åren 2017 och 2018. Färgskalan illustrerar olika miljöstatus: *Otillfredsställande*, *Måttlig* och *God*.

Skalkorgarna	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Klorofyll a																											
Klorofyll a + Biovolym																											

## 3. Jämförelser mellan förändringar i halten näring och klorofyll a i recipienten.

Länsstyrelsen efterfrågar tydligare jämförelser mellan förändring av halten näring och klorofyll i recipienten. För att utreda samband mellan halter av näring och växtplanktonblomningar (klorofyll a) under sommaren i Ryaverkets recipient presenteras data från mätstationerna Skalkorgarna och Älvsborgsbron. Data är hämtat från SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK) och baseras på månadsvis provtagning inom regional miljöövervakning. Den årliga statusklassningen av näring och klorofyll a som utförs av Bohuskustens vattenvårdsförbund baseras på data från ytvattnet, vilket motsvarar 0-10 m vid Skalkorgarna och 0-2 meter vid Älvsborgsbron. Anledningen till att klassningen endast baseras på de översta djupmetrarna vid Älvsborgsbron är ett resultat av påverkan från sötvattenstillrinning och ett ytligare språngskikt (haloklin). Fortsättningsvis baseras presenterad data från Skalkorgarna och Älvsborgsbron på samma djupmetrar och månader som statusklassningen.

Halter av biotillgängliga näringsämnen i ytvattnet sjunker snabbt under sommaren då de tas upp av växtplankton och binds till biomassa. Av den anledningen klassificeras inte miljöstatusen för löst oorganiskt kväve (DIN) och oorganiskt fosfor (DIP) under sommaren. Det går således inte att analysera samband mellan halterna av DIN och DIP i ytvattnet och halten klorofyll a under sommaren vid Skalkorgarna, då statusklassningen för Växtplankton bedöms. Att jämföra klorofyllhalten med totalmängder kväve och fosfor är inte heller lämpligt under sommaren då det motsvarar allt kväve och fosfor som finns i vattnet, både löst och bundet i partiklar och biomassa vilket inkluderar

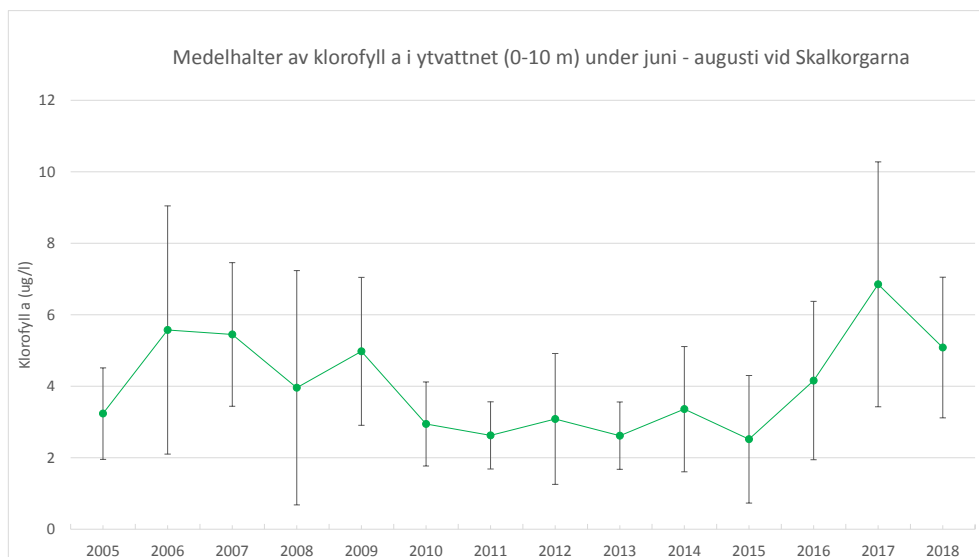
växtplanktonbiomassa. Under vinterhalvåret, då växtplanktonproduktionen är låg, klassificeras både totala mängder och löst oorganiskt kväve och fosfor. Miljöstatusen baseras på data från december till mars (HVMFS 2018:17) då halterna i vattnet ger ett mått på den närsaltspool som är tillgänglig för produktion. De mest representativa halterna av näring i ytvattnet vid Skalkorgarna som kan kopplas till klorofyllhalten i vattnet under sommaren är således halter under vinterhalvåret.

Vid Älvsborgsbron är växtplanktonproduktionen ljusbegränsad till följd av Göta älvs grumliga vatten varpå det kan finnas oorganiska näringsämnen kvar i vattenmassan, tillgängliga för produktionen längre ut i recipienten. Vid en jämförelse med näringshalterna i ytvattnet vid Älvsborgsbron och klorofyllhalten vid Skalkorgarna presenteras därmed data både från vintern och sommaren.

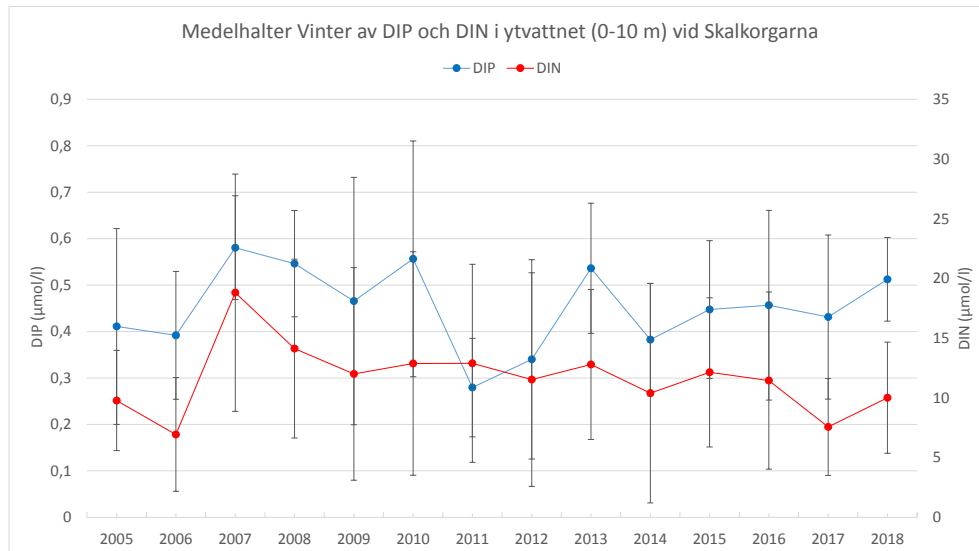
I figur 4 presenteras halter av oorganiskt kväve och fosfor i ytvattnet under vinterhalvåret och i figur 5 klorofyllhalten under sommaren vid Skalkorgarna. Resultaten demonstrerar stora variationer i dataserierna men det finns indikationer på att fosfat ökat de senaste åren då även klorofyllhalterna ökat. Oorganiskt kväve har istället minskat under samma tidsperiod. Vid Älvsborgsbron noteras samma trend; att oorganiskt kväve har minskat och en tydligare ökning av oorganiskt fosfor de senaste 6 åren, både under sommaren och vintern (figur 6-7).

För att undersöka om det finns ett samband mellan koncentration av oorganiskt fosfor vid Älvsborgsbron (sommar och vinter) och Skalkorgarna (vinter) och halter av klorofyll a vid Skalkorgarna över åren 2005–2018, genomfördes linjära korrelationstester med Pearsons korrelationskoefficient. Då kraven på normalfördelning inte uppfylldes testades data med Kendalls tau och Spearmans rangkorrelation istället, vilka ej har samma krav på normalfördelning.

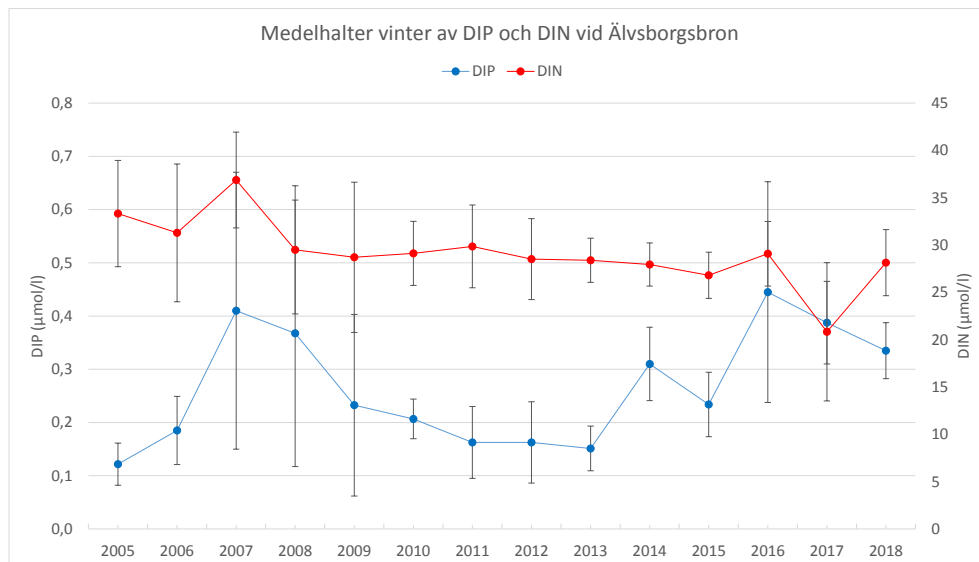
Ett statistiskt signifikant samband ( $p < 0,05$ , korrelationskoefficient 0,58) hittades endast mellan medelhalter av oorganiskt fosfor vid Älvsborgsbron under vintern (december-mars) och medelhalter av klorofyll a på sommaren (juni-augusti) vid Skalkorgarna (figur 4,6 och 8).



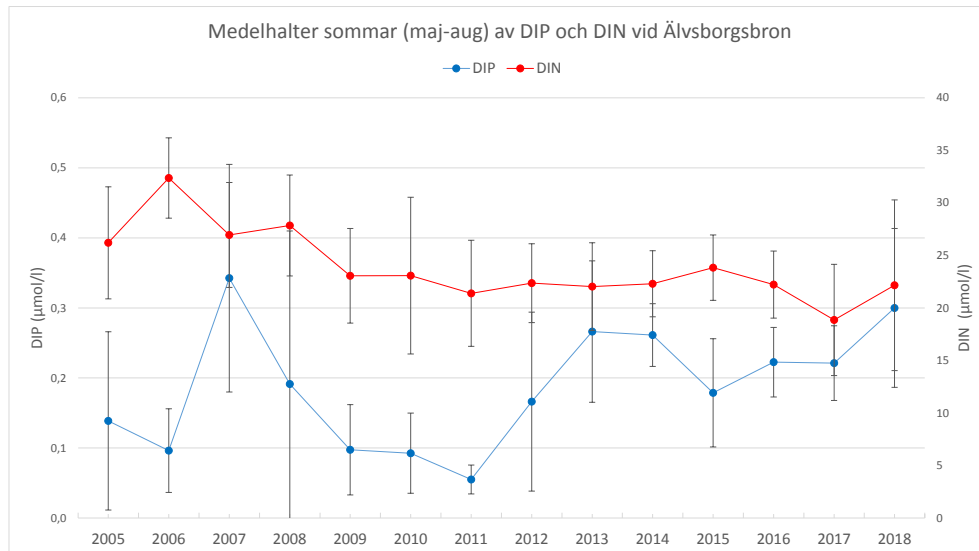
Figur 4. Medelhalter av klorofyll a i ytvattnet (0-10 m) från sommaren (juni-aug) vid Skalkorgarna. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



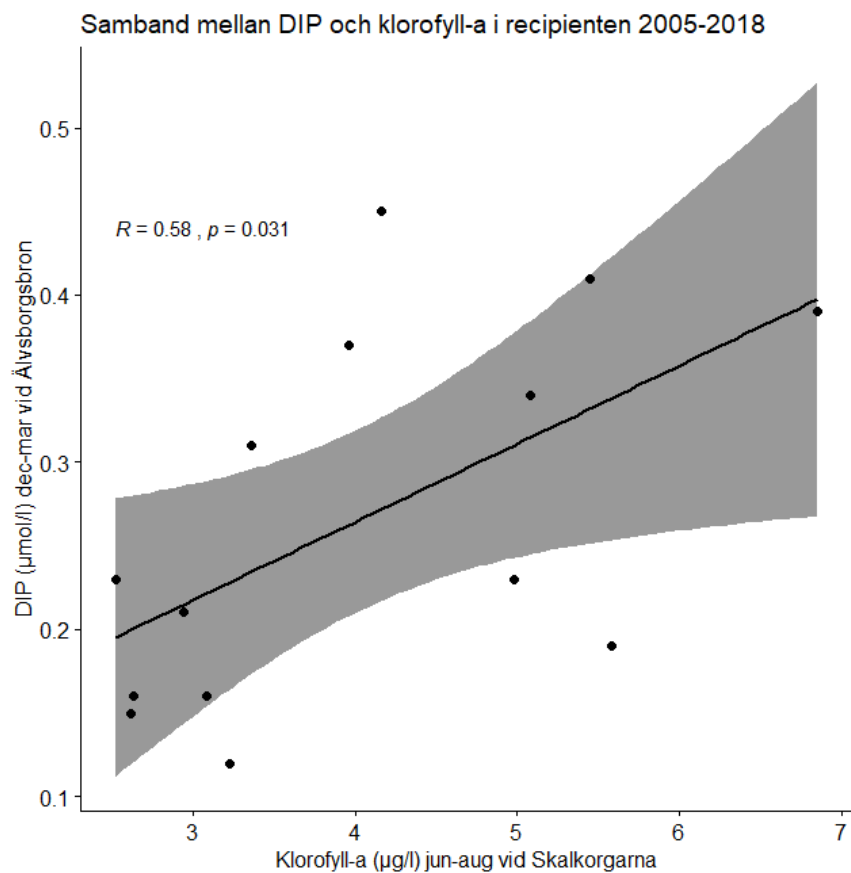
Figur 5. Medelhalter av oorganisk fosfor (DIP) och oorganiskt kväve (DIN) i ytvattnet (0-10 m) under vintern (dec-mars) vid Skalkorgarna mellan åren 2005-2018. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 6. Medelhalter av oorganisk fosfor (DIP) och oorganiskt kväve (DIN) i ytvattnet (0-10 m) under vintern (december-mars) vid Älvsborgsbron. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 7. Medelhalter av oorganisk fosfor (DIP) och oorganiskt kväve (DIN) i ytvattnet (0-10 m) under sommaren (maj-aug) vid Älvsborgsbron. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 8. Samband mellan medelkoncentration av DIP (µmol/l) under perioden dec-mar vid Älvsborgsbron och medelkoncentration av klorofyll a (µg/l) under perioden jun-aug vid Skalkorgarna för åren 2005–2018. Det linjära sambandet med 95 % konfidensintervall samt korrelationskoefficienten R och p-värde visas även i grafen.

## 4. Orsaker till ökande fosfathalter i ytvattnet

Baserat på insamlad data av halter av näring och klorofyll a inom den regionala miljöövervakningen indikerar resultaten att orsaken till ökningen av klorofyll a i Rivö fjord är ett resultat av förhöjda halter av oorganiskt fosfor i ytvattnet. Detta styrks av att produktionen av växtplankton i Rivö fjord begränsas av tillgången på fosfat då det råder ett kraftigt kväveöverskott vid Skalkorgarna (Andersson 2017). Det innebär att fosfat är produktionens bränsle, ökar fosfathalten ökar även produktionen och vice versa. Det finns dock få signifikanta samband mellan halter av fosfat och klorofyll a i ytvattnet vilket kan förklaras av den stora dynamiken inom recipienten, både hos biologin och vattenomsättningen, som maskerar eventuella samband mellan näring och växtplanktonproduktion.

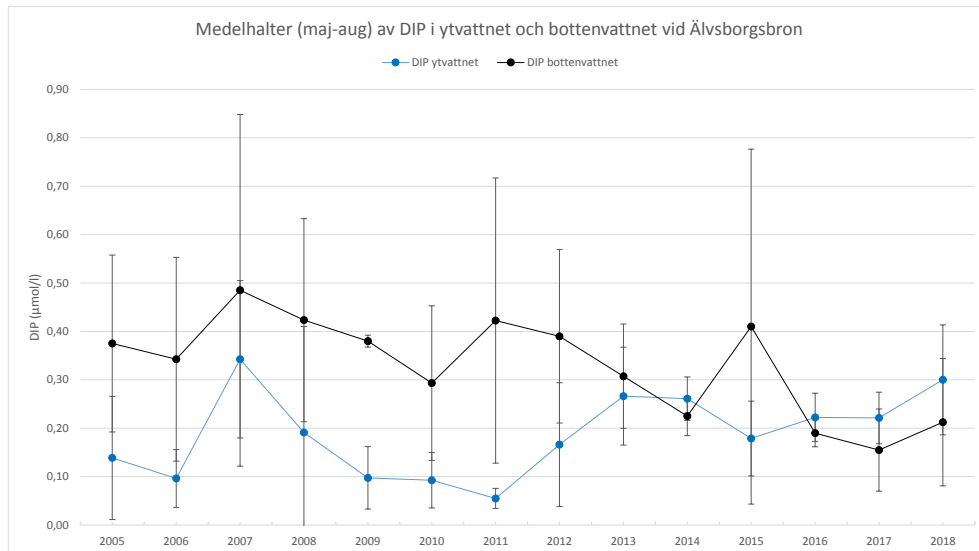
### 4.1 Faktorer som kan påverka halter av fosfat i ytvattnet

Orsaken till de förhöjda halterna av fosfat i ytvattnet är svårt att fastställa. I följande avsnitt diskuteras olika utomstående faktorer som kan påverka halterna av fosfat i ytvattnet i Ryaverkets recipient. Ryaverkets påverkan redovisas separat i avsnitt 4.2.

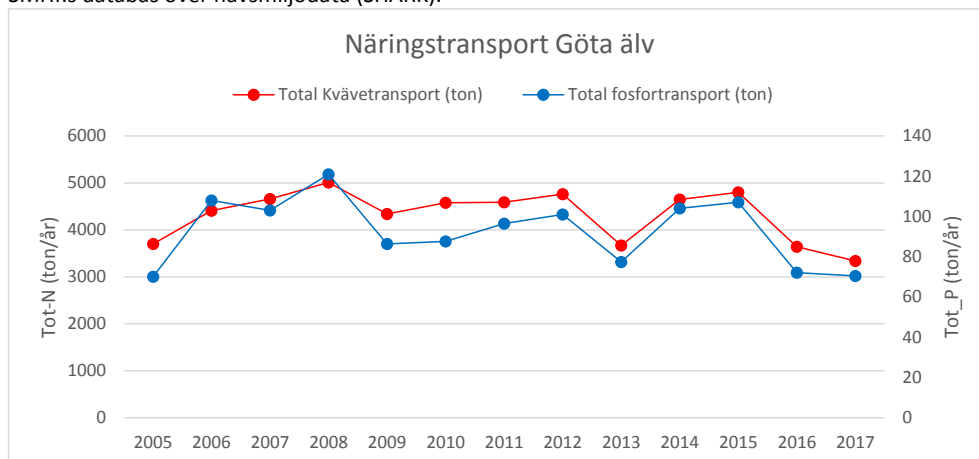
I tidigare utredningar har det konstateras att fosfathalterna ökar med djupet både vid Skalkorgarna och Älvsborgsbron (DHI 2016), vilket kan förklaras av att det finns mer fosfat i Kattegattvattnet än i Göta älv som transporteras in i området. Detta samband har förändras de senaste åren till följd av förhöjda halter i ytvattnet (figur 9). Fosfathalterna i ytvattnet är i regel högre vid Skalkorgarna än övriga mätstationer längs Bohuskusten (Andersson 2017). En förklaring till de högre halterna i ytvattnet är att fosfat från Kattegattvattnet transporteras till ytvattnet via en för estuarium typisk ingående saltvattenström (reaktionsström) som orsakas av Göta älv och som i tidigare studier ansågs vara den dominerande källan av fosfat till Göta älvs mynning (Isæus m.fl. 2005). Det finns emellertid inga indikationer på att fosfathalterna ökat i bottenvattnet (Kattegattvatten) vid Älvsborgsbron (figur 9). Det finns inte heller något som tyder på att fosfathalterna i ytvattnet ökat i Kattegatt och Skagerrak enligt en trendanalys som gjordes av SMHI 2017 (Edman 2017a). Däremot har halter av totalfosfor ökat. Trendanalysen baseras på data mellan åren 1990 och 2016 och resultaten demonstrerar att fosfathalterna istället har minskat på mätstationer längs Bohuskusten. I den senaste rapporten från den regionala miljöövervakningen (Andersson och Edman 2019) finns det dock indikationer på att miljöstatusen av oorganisk fosfor (bedöms endast under december-mars) försämrats något på de sydliga mätstationerna (Valö, Danafjord, Skalkorgarna och Älvsborgsbron) de senaste 4-5 åren vilket tyder på högre halter i ytvattnet. Notera att detta påstående inte analyserats statistiskt och att samma miljöstatus noteras i perioder tidigare under mätserien som pågått sedan 1990.

I SMHI:s årsrapporter från den regionala miljöövervakningen beror förhöjda halter av fosfat vid Älvsborgsbron vissa tider på året antingen på ovanligt stor uppblandning av näringsrikt djupvatten (Edman 2018) eller hög tillrinning av näringsrikt vatten från land (Edman 2017b). Om uppblandningen av näringsrikt djupvatten ökat utreds inte vidare i denna undersökning.

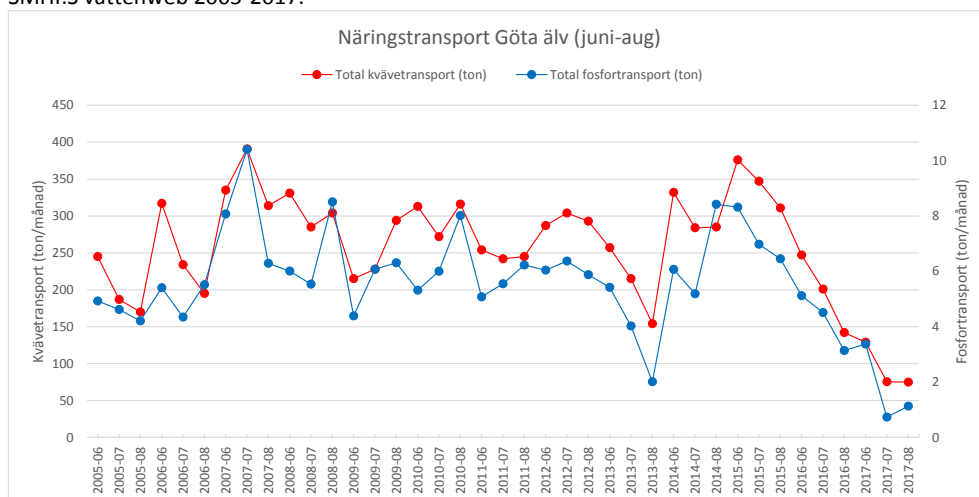
Det finns emellertid inget som indikerar att den totala näringstransporten ökat från Göta älv i samband med att klorofyllhalterna ökat (2016-2017) i Rivö fjord, varken under året eller under sommarmånaderna (figur 10 resp. 11). Istället tyder resultaten på att näringstransporten av både kväve och fosfor minskat. Informationen som illustreras i figur 10 och 11 är hämtat från SMHI:s vattenweb och baseras på modelldata (2005-2017). Data motsvarar huvudavrinningsområde 108 Göta älv som mynnar i havet strax uppströms Ryaverket och beräkningarna har utförts med hydrologiska modellen S-HYPE.



Figur 9. Halter av oorganiskt fosfor (DIP) i ytvattnet (0-2 m) och bottenvattnet vid mätstation Älvsborgsbron i Göta älvs mynningsområde. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 10. Totala mängden kväve och fosfor (ton/år) som passerar utloppet av delavrinningsområdet till Rivö fjord, inklusive bidrag från eventuella delavrinningsområden uppströms. Modelldata från SMHI:S vattenweb 2005-2017.



Figur 11. Totala mängden kväve och fosfor per månad under sommaren som passerar utloppet av delavrinningsområdet till Rivö fjord, inklusive bidrag från eventuella delavrinningsområden uppströms. Modelldata från SMHI:S vattenweb 2005-2017.



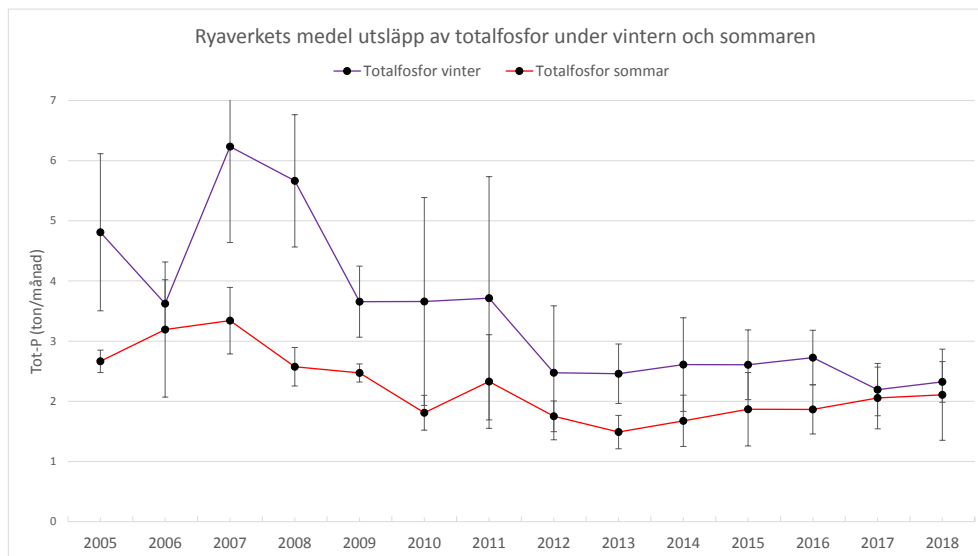
## 4.2 Samband mellan utsläppen av fosfor från Ryaverket och halter av fosfor i ytvattnet vid Älvsborgsbron och Skalkorgarna.

Baserat på en grafisk visualisering av medel utsläpp och medelhalter av fosfor i ytvattnet mellan åren 2005-2018 finns det indikationer på samband vissa år mellan Ryaverkets utsläpp av totalfosfor (figur 12) och halter av fosfor vid Älvsborgsbron (figur 13 och 14). Vid Skalkorgarna är däremot eventuella samband mellan Ryaverkets utsläpp och halter i ytvattnet svårare att detektera (figur 15 och 16). Ryaverkets eventuella påverkan på halter av fosfor i ytvattnet vid Älvsborgsbron och Skalkorgarna har vidare utretts genom statistiska linjära korrelationstester av data från vintern (december-mars) och sommaren (maj-augusti) under åren 2005-2018. Korrelation testades för:

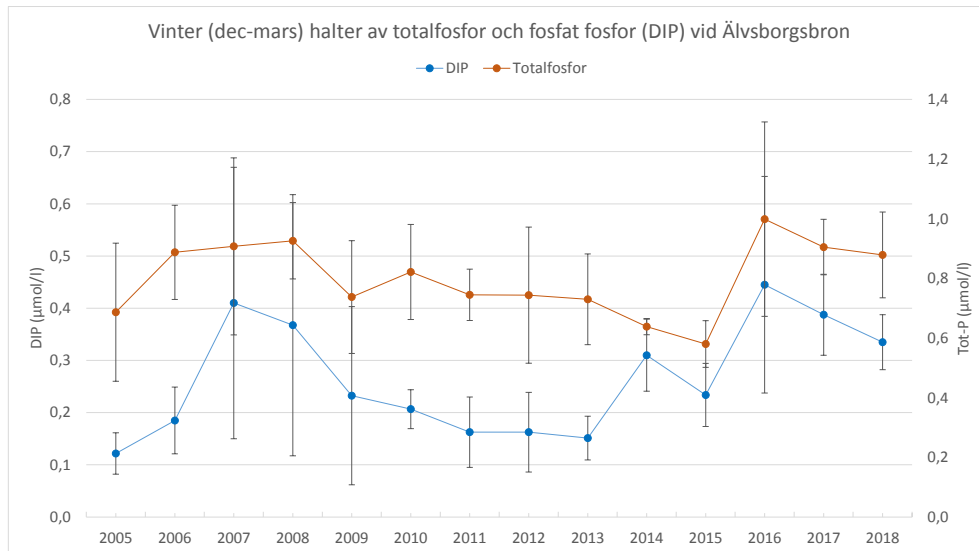
1. Vinter: Ryaverkets utsläpp av totalfosfor med fosfat och totalfosfor vid Älvsborgsbron och Skalkorgarna.
2. Sommar: Ryaverkets utsläpp av totalfosfor med fosfat och totalfosfor vid Älvsborgsbron och totalfosfor vid Skalkorgarna.

Eftersom fosfat tas upp av växtplankton och binds i biomassa under sommaren har endast sambandet mellan Ryaverkets fosforutsläpp och halter av totalfosfor testats vid Skalkorgarna. Vid Älvsborgsbron är produktionen ljusbegränsad och sambandet har därför även testats för oorganiskt fosfor under sommaren.

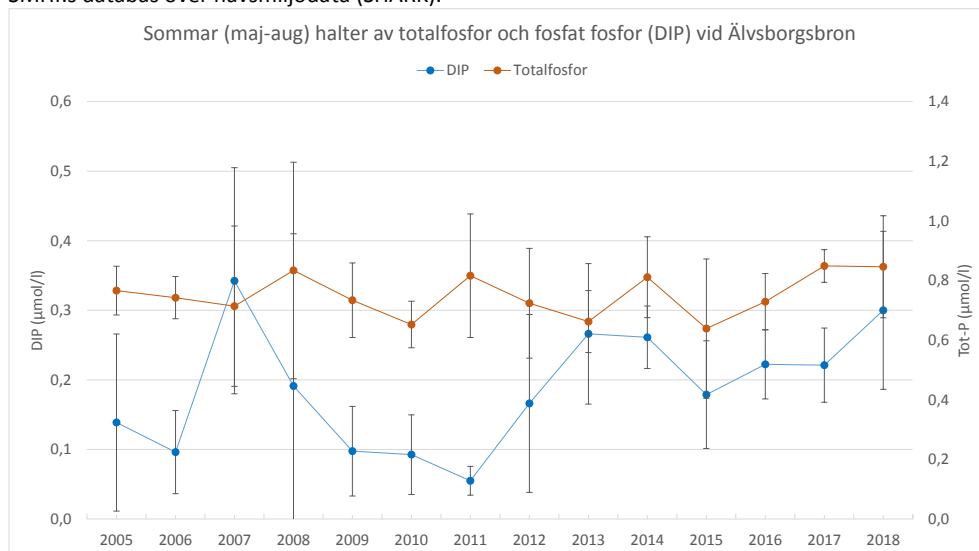
Resultaten visade inga signifikanta samband mellan Ryaverkets utsläpp och halter av fosfor i ytvattnet vid Älvsborgsbron och Skalkorgarna, varken under vintern eller sommaren.



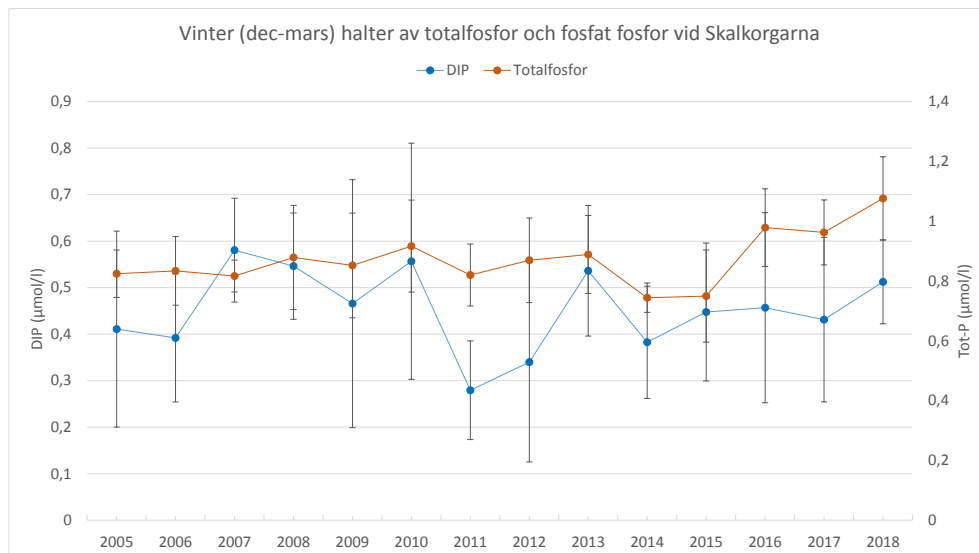
Figur 12. Ryaverkets medelutsläpp av Totalfosfor under vintern (december till mars) och sommaren (maj-augusti) mellan åren 2005 och 2018. Variationen presenteras som standardavvikelse.



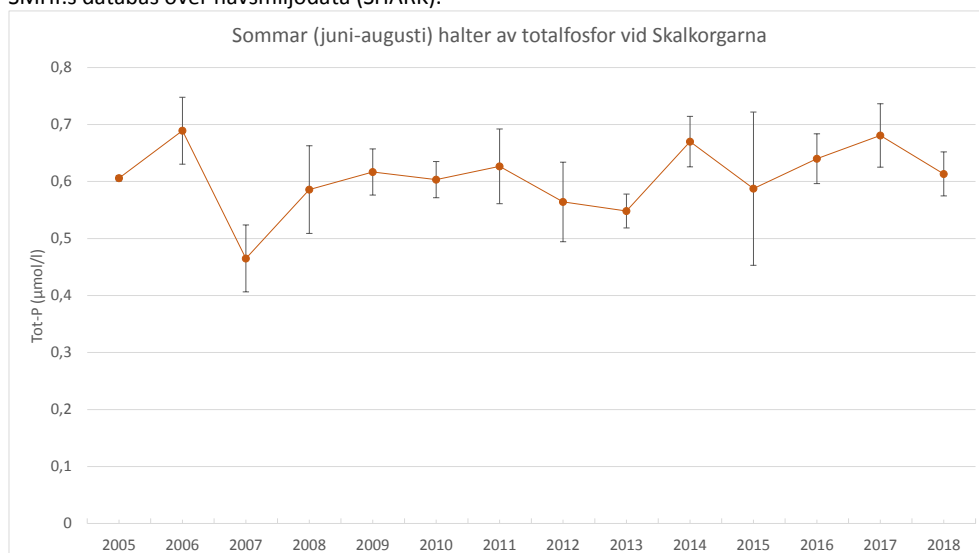
Figur 13. Medelhalter av totalfosfor och oorganisk fosfor (DIP) under vintern (december till mars) mellan åren 2005 och 2018 vid Älvsborgsbron. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 14. Medelhalter av totalfosfor och oorganisk fosfor (DIP) under sommaren (maj-augusti) mellan åren 2005 och 2018 vid Älvsborgsbron. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 15. Medelhalter av totalfosfor och oorganisk fosfor (DIP) under vintern (december till mars) mellan åren 2005 och 2018 vid Skalkorgarna. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



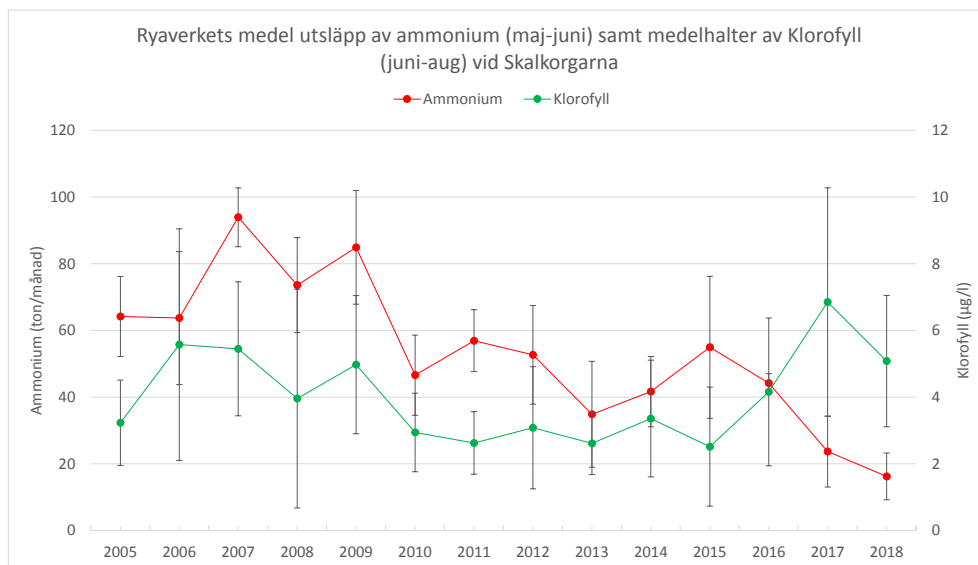
Figur 16. Medelhalter av totalfosfor under sommaren (juni-augusti) mellan åren 2005 och 2018 vid Skalkorgarna. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).

## 5. Kopplingar mellan utsläppen av kväve och fosfor från Ryaverket och klorofyll vid Skalkorgarna

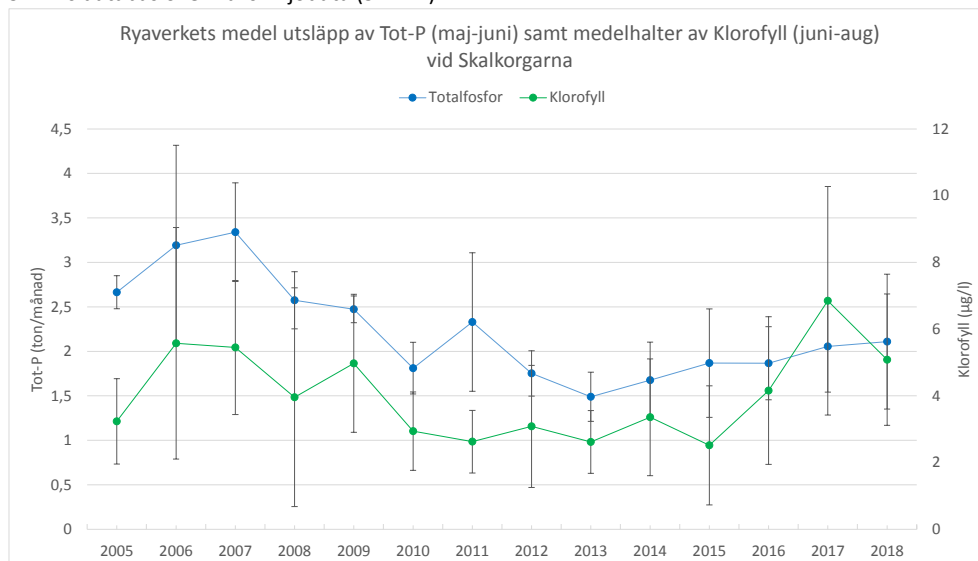
I Länsstyrelsens yttrande efterfrågas slutligen kopplingar mellan Ryaverkets utsläpp av biotillgängliga näringsämnen under sommaren och halten klorofyll a i recipienten. Statusklassning av växtplankton baseras på klorofyll a i ytvattnet under juni till augusti. Då klorofyll a mäts i början av varje månad vid Skalkorgarna har Ryaverkets medelutsläpp av näring från maj till augusti testats mot klorofyll a vid Skalkorgarna under juni till augusti.

Vid en grafisk visualisering har Ryaverkets utsläpp av ammonium minskat och utsläpp av totalfosfor ökat något i samband med att klorofyll a ökat vid Skalkorgarna (figur 17 respektive 18). För att verifiera ett eventuellt samband mellan Ryaverkets fosforutsläpp och klorofyllhalten vid Skalkorgarna utfördes ett linjärt korrelationstest (Pearsons korrelation) av data från åren 2005-2018. Resultaten visade inga

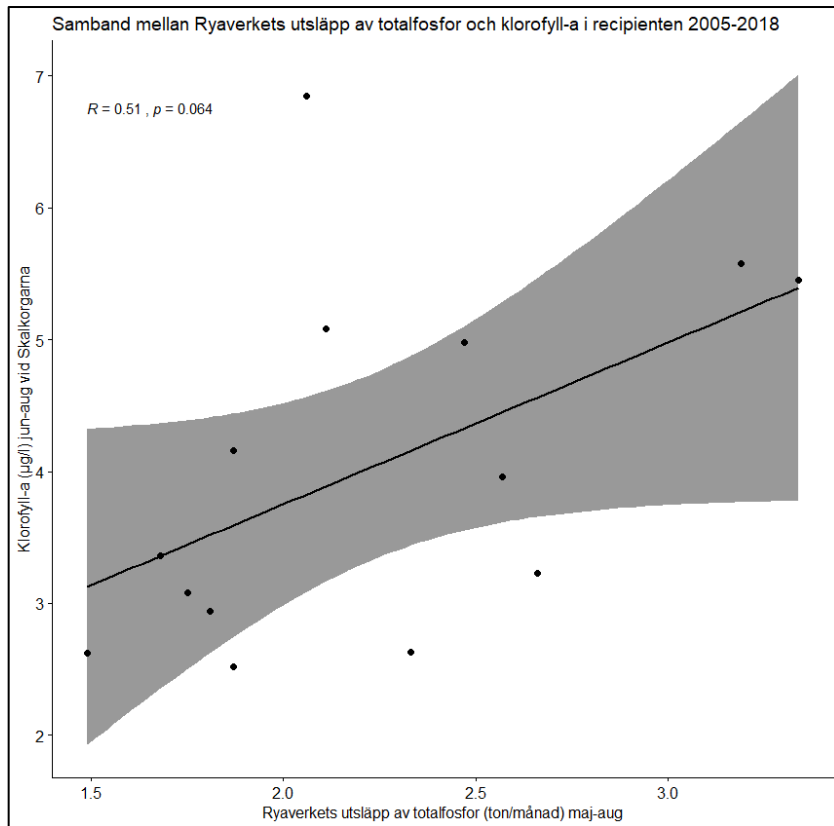
signifikanta samband (figur 19). Vidare grupperades samma data in i tre tidsperioder baserat på förändringar i miljöstatus av växtplankton vid Skalkorgarna (bedömning av parametern klorofyll a), vilken visade *god* status mellan åren 2012–2015 och *måttlig* eller *otillfredsställande* status mellan åren 2005–2011 och 2016–2018 (tabell 1). En statistisk analys av Ryaverkets utsläpp av totalfosfor och klorofyllhalterna vid Skalkorgarna påvisade att koncentrationen klorofyll hade ökat signifikant under perioden 2016-2018 jämfört med perioden 2012-2015 ( $p < 0,05$ ). Däremot har inte Ryaverkets utsläpp av totalfosfor ökat under samma period varpå det inte går att se något samband mellan Ryaverkets utsläpp och en ökad klorofyllhalt och en sämre miljöstatus vid Skalkorgarna de senaste åren (figur 20).



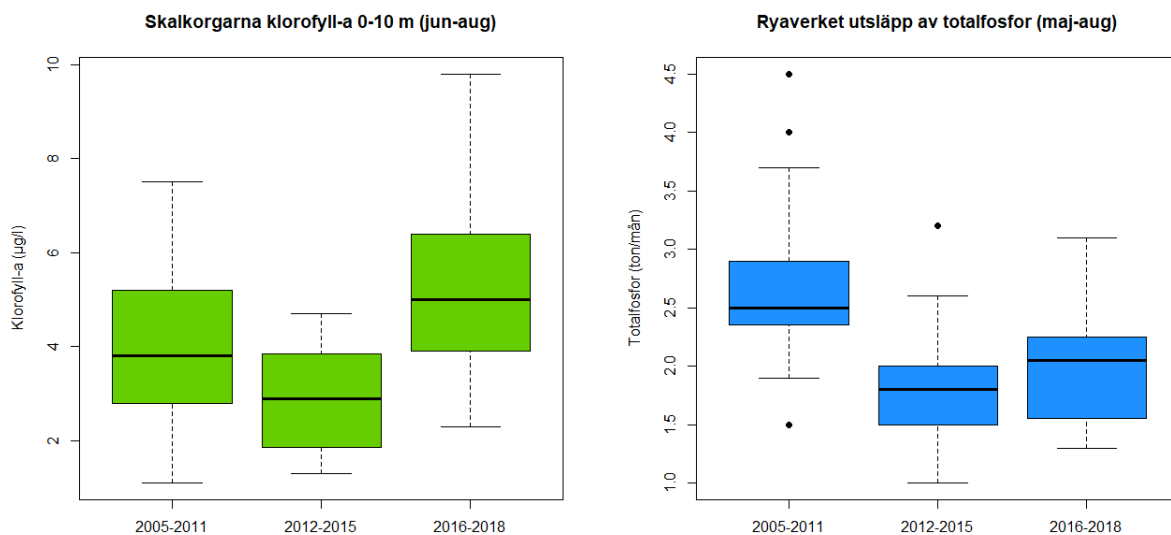
Figur 17. Ryaverkets medel utsläpp av ammonium under maj-aug samt medelhalt av klorofyll a vid Skalkorgarna under juni-aug (månader som statusklassningen av kvalitetsfaktorn Växtplankton baseras på), mellan åren 2005 och 2018. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 18. Ryaverkets medel utsläpp av totalfosfor under maj-aug samt medelhalt av klorofyll a vid Skalkorgarna under juni-aug (månader som statusklassningen av kvalitetsfaktorn Växtplankton baseras på), mellan åren 2005 och 2018. Variationen presenteras som standardavvikelse. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 19. Samband mellan medelkoncentration av Ryaverkets utsläpp av totalfosfor (ton/månad) under perioden maj-augusti och medelkoncentration av klorofyll a ( $\mu\text{g/l}$ ) under perioden juni-augusti vid Skalkorgarna för åren 2005–2018. I grafen presenteras det linjära sambandet med 95 % konfidensintervall samt korrelationskoefficienten R och p-värde.



Figur 20. Halter av klorofyll vid Skalkorgarna och totalfosfor vid Älvsborgsbron under sommaren. Data presenteras i en box-and-whiskers plot och anges som medianvärde, undre och övre kvartilen (25-75 % av värdena) max och minvärde samt outliers.

## 6. Sammanfattning och redovisning av orsaker till en ökad växtplanktonproduktion 2016-2018

I sitt yttrande (daterat 2019-02-20) efterfrågar Länsstyrelsen tydligare jämförelser mellan förändring av halten näring och klorofyll i recipienten samt eventuella kopplingar med Ryaverkets näringsutsläpp. Vidare efterfrågas även en redovisning av orsakerna till växtplanktonökningen och den försämrade miljöstatusen vid Skalkorgarna 2016-2018.

Några tydliga orsaker till en ökad växtplanktonproduktion vid Skalkorgarna har inte gått att fastställa utifrån befintlig data och de analyser som har utförts i denna utredning. Resultaten indikerar dock att en förhöjd halt av oorganiskt fosfat i ytvattnet vid Älvsborgsbron de senaste åren kan vara en av anledningarna till att växtplanktonproduktionen ökat. Fosfor är dessutom begränsande för produktionen i den inre delen av recipienten om inte ljustillgången är begränsande.

Det har inte gått att hitta någon specifik orsak till den ökande halten av oorganisk fosfor i ytvattnet. Transporten av fosfor från Göta älv har enligt modellerad data från SMHI:s vattenweb minskat i samband med att fosfathalterna ökat vid Älvsborgsbron. En ökad uppblandning av näringsrikt bottenvatten från Kattegatt kan vara en orsak till förhöjda fosfathalter men har inte utretts vidare i denna studie.

Ryaverkets påverkan från utsläpp av ammonium och totalfosfor på halter av näring och klorofyll a i recipienten har analyserats statistiskt men några signifikanta samband har inte detekterats. Enligt Länsstyrelsen i deras yttrande motsvarar Ryaverkets nuvarande utsläpp av fosfor 3,8 % av den totala tillförseln till Rivö fjord. Eventuellt är Ryaverkets utsläpp för lågt i förhållande till andra påverkanskällor inom recipienten för att detektera eventuella samband med halter av näring och klorofyll i recipienten. Därtill hyser området en hög vattenomsättning som tillsammans med många påverkansfaktorer kan resultera i att eventuella samband mellan näring och klorofyll inte fångas upp i den månatliga provtagningen inom den regionala miljöövervakningen.

## 7. Referenser

- Andersson S. 2017. Utredning av Ryaverkets påverkan på recipienten avseende ekologisk status av biologiska kvalitetsfaktorer. Marine Monitoring AB.
- Andersson M., Edman A. 2019. Årsrapport Hydrografi 2018. Bohuskustens Vattenvårdsförbund. SMHI Rapport Nr. 2019-6.
- DHI 2016. Analys av miljö tillståndet 2005-2015. Gryaab AB. Uppdragsnr. 12803297. DHI Sverige AB
- Edman A. 2018. Årsrapport Hydrografi 2017. Bohuskustens Vattenvårdsförbund. SMHI Rapport Nr. 2018-3.
- Edman A. 2017a. Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2016. Bohuskustens vattenvårdsförbund. SMHI Rapport Nr. 2017-6.
- Edman A. 2017b. Årsrapport Hydrografi 2016. Bohuskustens Vattenvårdsförbund. SMHI Rapport Nr. 2017-2.
- HVMFS 2018:17. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten.
- Isæus M., Stålnacke P., Stenström P., Magnusson J., Norderhaug K-M 2005. Utredning kring effekterna av ett minskat utsläpp av fosfor från Ryaverken. NIVA Rapport LNR 4947-2005
- Rydberg L. 2008. Nutrient reductions in the Gothenburg waste water treatment plant and their effects on nutrient concentrations and chlorophyll in the estuary of river Göta älv. VATTEN 64:103-119.
- Skjevik A-T., Johansen M. 2019. Årsrapport växtplankton 2018. Bohuskustens Vattenvårdsförbund. SMHI Rapport Nr. 2019-7.