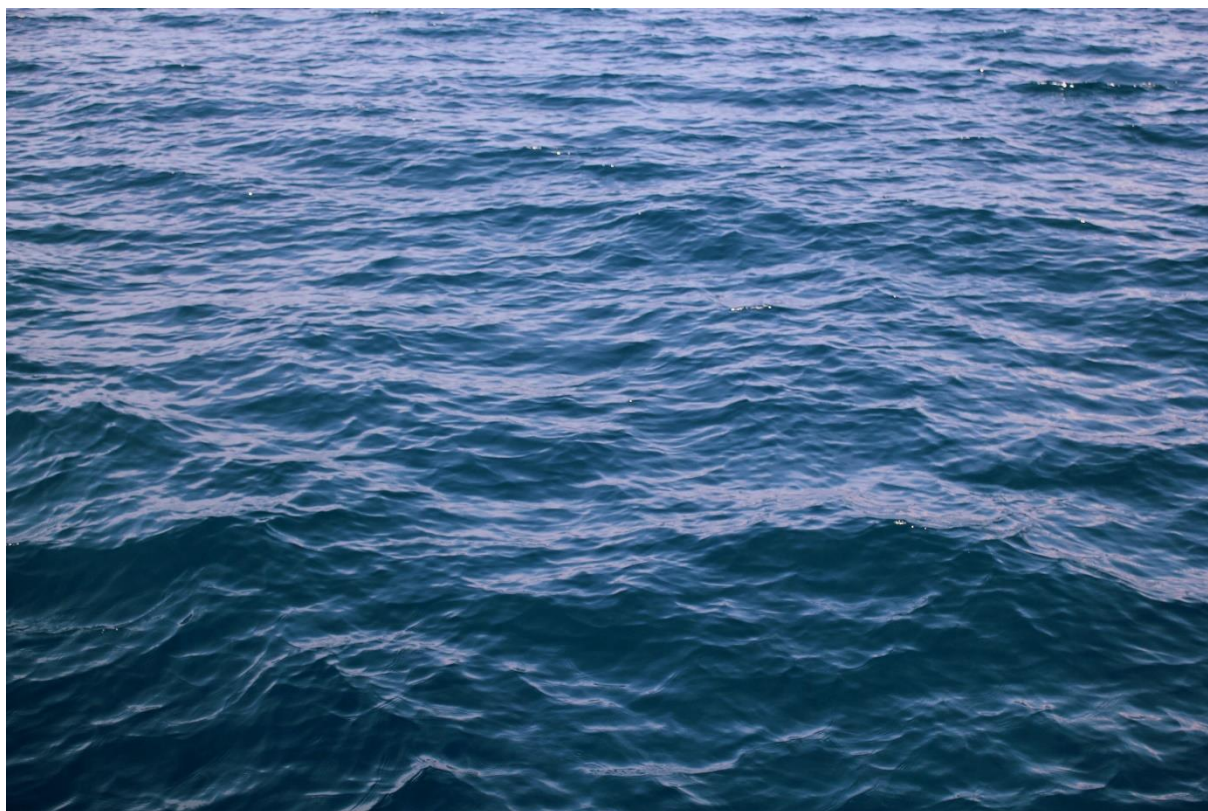


Modellerade samband mellan utsläpp av kväve och fosfor från Ryaverket och halten klorofyll i Rivöfjord



Gryaab AB

Rapport

Maj 2019

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Modellerade samband mellan utsläpp av kväve och fosfor från Ryaverket och halten klorofyll i Rivöfjord

Framtagen för Gryaab AB
Kontaktperson Jan Mattsson



Matthew Kosloski

Projektledare	Sofia Hjalmarsson
Kvalitetsansvarig	Lars Jonasson
Handläggare	Sofia Hjalmarsson
Uppdragsnummer	12804400
Godkänd datum	2019-05-20
Version	Slutgiltig 1.0
Klassificering	Öppen



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund	1
2	Sammanfattning	1
3	Befintliga utredningar	2
3.1	Fosfor	2
3.1.1	Applicering på sökt tillstånd	2
3.2	Kväve	4
3.2.1	Applicering av resultaten på Ryaverkets sökta tillstånd.....	5
4	DIN och DIP i recipienten.....	6
5	Referenslista.....	6

FIGURER

Figur 3-1	Modelldomän i utredningen från rapporten 2008.....	4
-----------	--	---

TABELLER

Tabell 3-1	Sammanställning av indata för utförda modelleringar 2002.....	5
------------	---	---

1 Bakgrund

DHI har på uppdrag av Gryaab tagit fram ett underlag baserat på att det i Länsstyrelsens yttrande 2019-02-20 efterfrågas modelleringar av lösta oorganiska näringsämnen kopplat till klorofyll under sommaren baserade på ansökt maxutsläpp. Denna rapport är delvis ett komplement till den tidigare levererade rapporten "Utreda möjligheter till spridning av löst oorganiskt kväve och löst oorganiskt fosfor från Ryaverket".

2 Sammanfattning

DHI har på uppdrag av Gryaab AB gått igenom de modelleringar som finns på hur utsläpp av kväve och fosfor från Ryaverket påverkar halten klorofyll i recipienten. Gryaab har 2005 och 2008 genomfört modellberäkningar med en kopplad fysikalisk-ekologisk modell (MIKE och ECOLab) på effekterna av minskade utsläpp av kväve och fosfor. Vi har i detta uppdrag inte haft tillgång till modelldata från studierna, men resultaten från dessa modelleringar är fortfarande användbara då det finns representativa scenarion som kan appliceras på de villkorhalter som Gryaab ansöker om för Ryaverket.

En ökning motsvarande det ansökta maxutsläppet bedöms motsvara en ökad halt klorofyll på mellan 0,001–0,1 µg/l i Rivöfjord. Modelleringarna visar att produktionen under våren och hösten vid utsläppspunkten begränsas av ljuset på grund av suspenderat material från älven. Därmed är tillväxten vid utsläppspunkten mycket lägre än den möjliga maximala tillväxten. Det medför att den största påverkan visar sig en bit från utsläppspunkten, men då har de utsläppta lösta näringsämnena hunnit spädas ut vilket leder till att effekterna blir små relativt den utsläppta mängden. Både vid modelleringen från 2005 där man minskade mängden fosfor och 2008 när man varierade mängden kväve är slutsatsen att nära kusten förbrukades all löst oorganisk fosfor oavsett mängden tillgängligt löst oorganiskt kväve. Därför bör man lägga störst vikt vid modelleringen av fosfor.

Detta motiveras också av att modellområdet för fosfor är mindre och har bättre upplösning i Rivöfjord där påverkan blir som störst. Vid modelleringen av kväve valde man ett större modellområde (och därmed sämre upplösning i Rivöfjord) eftersom man vid modelleringen av fosfor noterade att fosfor var begränsande nära kusten medan kvävet från Ryaverket förbrukades när det kommit längre ut från kusten där kväve är begränsande, vilket även Länsstyrelsen nämner i sitt yttrande.

Vid modelleringen av fosfor som utfördes 2005 minskades Ryaverkets utsläpp med 16 ton per år. Då, år 2002, låg den absoluta klorofyllkoncentrationen typiskt på 2–4 µg/l under sommaren och de minskade utsläppen av fosfor som modellerades då innebar att koncentrationen av klorofyll i de kustnära områdena minskade med 0,01–0,1 µg/l, vilket motsvarade en minskning med 0,5–3 %. Närmast Ryaverkets utsläppspunkt blev minskningen mindre, 0,001–0,01 µg/l beroende på det begränsande ljuset.

De mätningar av klorofyll som genomförs av SMHI och BVVF vid Skalkorgarna har en rapporterad noggrannhet på 0,1 µg/l så det är inte sannolikt att mätningarna skulle påvisa förändringen. Eftersom den minskning som modellerades är i samma storleksordning som den ökning Gryaab ansöker om kan man anta att ett ökat utsläpp med 19 ton per år ger en motsatt effekt på klorofyll då de yttre faktorerna, t ex belastningen från älven fortfarande är jämförbar.

3 Befintliga utredningar

3.1 Fosfor

2005 gjorde DHI på uppdrag av Gryaab och BVVF en analys av effekterna av att minska utsläppet av totalfosfor med 16 ton per år från Ryaverket, ref /1/. I utredningen presenteras två metoder för att titta på effekterna, dels en analys där man tittat på linjär regression mellan källor och effekter i ytvattnet baserat på historiska data och dels en 3D modellering av hydrodynamiken kopplad till en ekologisk modell.

Vid stationen Skalkorgarna som är den station som ligger närmast Ryaverket och som används för att klassa vattenförekomsten Rivö fjord fann man att det är ljuset som är begränsande för algernas produktion på våren, på grund av det suspenderade materialet från Göta älv. Under sommaren är det fosfor som är begränsande.

Regressionsanalysen mellan tillförseln av näringsämnen från Göta älv, Nordre älv samt mindre punktkällor visade signifikanta linjära samband mellan tillförsel och koncentration av näringsämnen och klorofyll i ytvattnet. Den visade på att en minskning med 16 ton totalfosfor per år från Ryaverket skulle innebära en minskad klorofyllkoncentration på 0,08 µg/l under sommaren.

För den ekologiska modelleringen som användes för att ytterligare analysera effekterna av en minskad fosforbelastning från Ryaverket valdes år 2002 som simuleringsperiod. Man har simulerat två scenarion, året 2002 med en koncentration av 0,35 mg/l samt året 2002 med en koncentration på 0,22 mg/l. Minskningen motsvarar 16 ton totalfosfor per år.

Studien visar att en minskning med 16 ton fosfor per år skulle leda till att:

- Halten löst oorganiskt fosfor minskar med upp till 1 µg/l närmast Ryaverkets utlopp och med upp till 0,1 µg/l över ett ca 20 km långt och 5 km brett kustområde.
- För klorofyll uppgår reduktionen till 0,1 µg/l i den yttre delen av Göteborgs hamn och en reduktion på 0,01 µg/l i det mesta av kustvattnet ut till ca 10 km från kusten.

Slutsatsen av studien är att effekterna av en minskning med 16 ton fosfor per år är positiva för vattenkvaliteten men mycket moderata. Förändringarna förväntas inte kunna dokumenteras med ett vanligt övervakningsprogram. Både den ekologiska modelleringen och regressionsanalysen ger en samstämmig generellt positiv, men mycket begränsad effekt av den tänkta reduceringen.

3.1.1 Applicering på sökt tillstånd

Ryaverket presenterar i sin ansökan två alternativ för framtiden, dels en utsläppsmängd om 21 ton fosfor per år, dels en utsläppsmängd på 37 ton fosfor per år. Det ansökta maxutsläppet ligger på 46 ton totalkväve.

Nuläget representeras i ansökan av år 2014 då man släppte ut totalt 27 ton totalfosfor.

3.1.1.1 Modellberäkningar

Gryaabs ansökan innebär en ökning med 19 ton per år vilket innebär att ökningen är i nivå med den minskning på 16 ton som simulerades för året 2002 givet osäkerheterna. Eftersom den modellerade minskningen är i samma storleksordning som den ökning Gryaab ansöker om kan man anta att ett ökat utsläpp med 19 ton per år ger en motsatt effekt på klorofyll då de yttre faktorerna, t ex belastningen från älven fortfarande är jämförbara.

Det som skiljer är andelen löst oorganisk fosfor i Ryaverkets utsläpp lägre än 2002. Då modellerades att 50 % av totalfosfor var i löst form. Mätningar från de senaste 10 åren visar att halten löst oorganisk fosfor ut från Ryaverket minskat något och ligger mellan 20 – 40 %. Det innebär att halten klorofyll, baserat på resultaten från den ekologiska modellen, sannolikt inte kommer överstiga 0,1 µg/l inom vattenförekomsten Rivöfjord.

3.1.1.2 Regressionsanalys

I rapporten från 2005, ref /1/, anges de framtagna linjära sambanden för mätstationer i närområdet som togs fram med regressionsanalys. För Skalkorgarna var sambandet:

$$0,060 \cdot \text{fosfortillförseln} + 0,190$$

där fosfortillförseln är den sammanlagda tillförseln från Göta Älv, Nordre Älv samt Ryaverket.

Beräknat utifrån att älven tillför lika mycket fosfor som 2014 (403 ton) skulle det ansökta maxutsläppet på 46 ton jämför med dagens 27 ton leda till en ökning av klorofyllhalten vid Skalkorgarna på 0,1 µg/l. Skalkorgarna ligger i den norra delen av vattenförekomsten som är mest påverkad av utsläppen från Ryaverket och effekterna på klorofyll är därmed störst där även om de fortfarande är väldigt små.

De andra scenariona som lyfts i ansökan, 21 respektive 37 ton skulle baserat på det framtagna linjära sambandet ge en minskning av klorofyll halten på 0,03 µg/l respektive en ökning med 0,05 µg/l vid stationen Skalkorgarna.

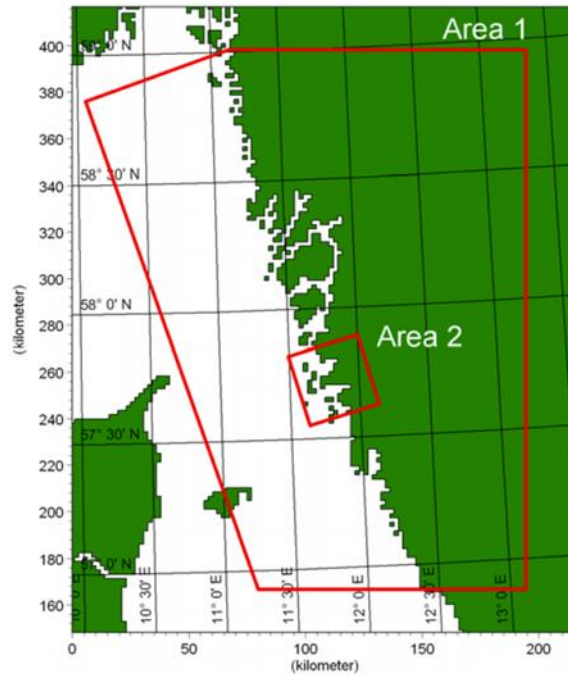
3.1.1.3 Slutsats

Både modellberäkningarna från 2005 och regressionsanalysen baserat på dagens siffror visar på att effekten i form av ökad halt klorofyll i Rivöfjord av Ryaverkets ansökta maxutsläpp kommer uppgå till 0,1 µg/l i de mest påverkade områdena, vilket innefattar mätstationen Skalkorgarna. I de mindre påverkade områdena av Rivöfjord kan halten komma att öka med ca 0,01 µg/l. Närmast utsläppspunkten och så långt ut som ljuset är begränsande för produktionen blir ökningen som minst, mellan 0,001–0,01 µg/l.

I SMHI:s databas presenteras klorofylldata med en noggrannhet på 0,1 µg/l så även om det ansökta maxutsläppet innebär en försämring vid Skalkorgarna skulle den precis kunna fångas upp av SMHI / BVVF:s mätprogram. I den största delen av vattenförekomsten skulle ökningen av halten klorofyll inte gå att fånga i mätningarna.

3.2 Kväve

2008 gjorde DHI på uppdrag av Ryaverket en utredning "Analysis of changes in N and P Discharge from Ryaverket", ref /2/. I detta arbete ställdes en ekologisk modell upp som täckte hela Skagerrak och även ett mindre område runt Ryaverket, se Figur 3-1. Den stora arean användes främst för att kunna göra en massbudget.



Figur 3-1 Modellområde i utredningen från rapporten 2008.

Modellen kördes för året 2002 då det fanns indata för detta projekt samt att det var innan ett stort muddringsprojekt startade i Göteborgs hamn vilket bedömdes kunna ha en påverkan på halterna vid provtagningsstationerna under kommande år.

I rapporten modellerades ett referens-scenariot som motsvarade förhållandena 2002 samt ytterligare 5 scenarier med kvävekoncentrationer från 0,7 mg/l till 20 mg/l i det utgående vattnet. Dessa jämfördes med referensscenariot. Scenario 4 är särskilt intressant då det motsvarar det man då såg skulle kunna uppnås med "Best Available Technology", år 2010, se Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Sammanställning av indata för utförda modelleringar 2002.

Relevanta scenarion	Flöde från Rya m ³ /s	Renat avloppsvatten		Bräddning		Fördelning NH ₄ / NO ₃ /DN		Fördelning DIP/DP	
		N mg/l	P mg/l	N mg/l	P mg/l	Renat vatten	Bräddning	Renat vatten	Bräddning
Referensscenariot	3,5	9,5	0,2	10,8	0,4	83/6/11	49/0/51	30/70	25/75
Scenario 4	3,5	6,0	0,22	10,8	0,4	83/6/11	49/0/51	30/70	25/75

Utgångspunkten för modelleringen av kväve 2008, ref /2/ var dock att titta på påverkan i ett större område än vid modelleringen av fosfor 2005 ref /1/. Vid modelleringen 2005, när fokus låg på fosfor såg man att kvävet hade en påverkan utanför det modellområde man satte upp då, detta eftersom fosfor är begränsande nära kusten medan kvävet blir begränsande längre ut från kusten. När modellområdet ökade minskades upplösningen, dvs beräkningsnätet blir grövre, det innebär att Rivöfjord representeras med färre beräkningsceller i modelleringen för kväve 2008 än i modelleringen av fosfor 2005. Följaktligen simuleras de processer som sker i älvmyningen och vid Ryaverkets utsläppspunkt noggrannare i fosformodelleringen än i kvävemodelleringen vilket leder till större osäkerheter i vattenförekomsten Rivöfjord.

Resultaten från studien visade att löst oorganiskt fosfor förbrukades helt oberoende av kvävekoncentrationen. Detta stämmer med att fosfor är begränsande nära kusten. Längre från kusten såg man dock att kväve blev kontrollerande och att klorofyllhalterna svarade på variationerna i kvävebelastningen. Skillnaderna mellan referensscenariot och scenario 4 var dock mindre än 0,1 µg/l i hela det lilla modellområdet.

3.2.1 Applicering av resultaten på Ryaverkets sökta tillstånd

Scenario 4 från modelleringen 2008 (Tabell 3-1) representerar relativt bra de förhållanden som rådde år 2014, inklusive flödet ut från verket. Det som har förändrats är fördelningen mellan löst kväve (NO₃ + NH₄) och partikulärt kväve i det utgående vattnet. Andelen ammonium har minskat från 83 % till 72 % av totalkvävehalten mellan 2002 och 2014.

Referensscenariot motsvarar ganska väl ett framtida maxutsläpp 2030. Det innebär att den skillnad i klorofyll som presenteras i rapporten för det lilla modellområdet (se Figur 3-1) kan anses vara reversibel och att en ökning av Ryaverkets utsläpp från nuläget (2014) till maxutsläpp 2030 sannolikt innebär att en ökning av klorofyll med under 0,1 µg/l i det lilla modellområdet. Eftersom syftet med modelleringen från 2008 var att titta på möjliga haltförändringar i ett större område och beräkningsnätet är grovt bör resultaten inte användas för att titta på mindre områden än det i Figur 3-1, därmed kan inte effekterna i vattenförekomsten Rivöfjord bedömas helt. Dock var slutsatsen att skillnaden mellan det scenario (4) som relativt bra representerar nuläget och referensscenariot som relativt bra representerar år 2030 var mindre än 0,1 i hela det lilla modellområdet.

Både modelleringen av kväve (utförd 2008) och modelleringen av fosfor (utförd 2005) visade att löst oorganiskt fosfor förbrukades helt oberoende av kvävekoncentrationen kustnära vilket indikerar att det ökade utsläppet av kväve kommer ha en mindre påverkan i vattenförekomsten Rivöfjord än utsläppet av fosfor.

4 DIN och DIP i recipienten

DIN och DIP kan klassificeras endast på vintern då halterna under sommaren är så låga att de är svåra att mäta. Vid modelleringen 2005 av fosfor fann man att halten löst oorganisk fosfor minskar med upp till 1 µg/l närmast Ryaverkets utlopp och med upp till 0,1 µg/l över ett ca 20 km långt och 5 km brett kustområde på grund av den modellerade reduktionen på 16 ton per år.

Om modelleringen för nuläget (år 2014) skalas upp motsvarande det ansökta maxutsläppet och med ett antagande om att 30 % av fosfor under vintern släpps ut i löst form beräknas ökningen vid Skalkorgarna bli 0,1 µg/l. Vilket är helt i linje med modellberäkningen. Skalkorgarna klassas idag med god status avseende DIN och en förändring med 0,1 µg/l förändrar inte denna klassning (ingen förändring i ekologisk kvot).

När löst oorganiskt kväve skalas upp på motsvarande sätt, med ett antagande om att 80 % kommer ut i löst form (72 % kommer ut som ammonium), beräknas ökningen vid Skalkorgarna till 3 µg/l. Skalkorgarna klassas idag med otillfredsställande status, en ökning med 3 µg/l innebär inte heller någon förändring av den ekologiska kvoten för DIN.

5 Referenslista

- /1/ DHI, 2005, *Utredning av effekterna av fosforutsläpp från Ryaverket*, rapport för Gryaab AB samt Bohuskustens vattenvårdsförbund. Går att ladda ned från BVVF:s hemsida
- /2/ DHI, 2008, *Analysis of the changes in N and P Discharge from Ryaverket*, rapport för Gryaab AB, Projektnummer 54617.

