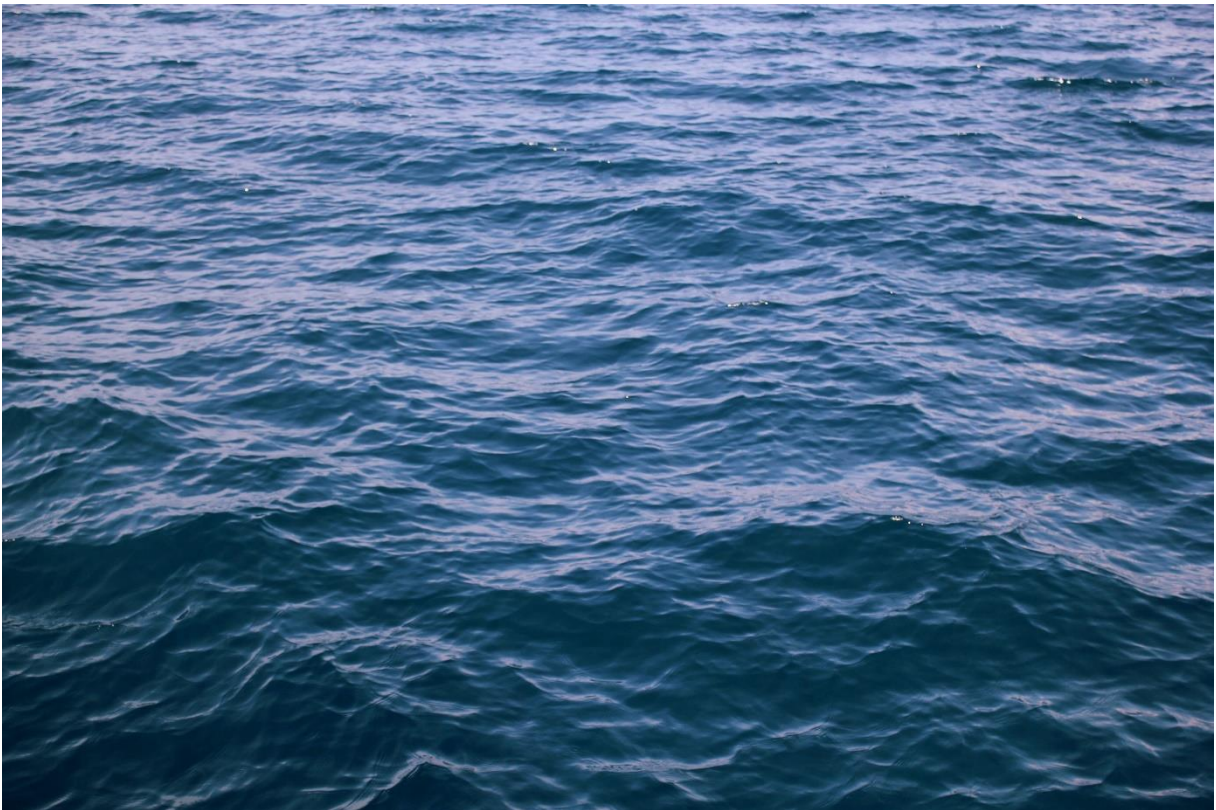


## Tillførsel av näringsämnen till Bohuskusten 1998-2015



Bohuskustens vattenvårdsförbund

Rapport

Augusti 2017

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



## Tillförel av näringsämnen till Bohuskusten 1998-2015

Framtagen för            Bohuskustens vattenvårdsförbund  
Kontaktperson        Monica Dahlberg



Projektledare	Sofia Hjalmarsson
Kvalitetsansvarig	Christin Eriksson
Handläggare	Sofia Hjalmarsson Patricia Moreno Arancibia
Uppdragsnummer	12803496
Godkänd datum	2017-09-04
Version	Slutlig 1.0
Klassificering	Öppen



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>Sammanfattning .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Metodik .....</b>	<b>2</b>
2.1	Området .....	2
2.2	Typer av källor för näringsämnen .....	5
2.3	Datakällor och beräkningar .....	5
<b>3</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>6</b>
3.1	Svenska landbaserade källor 1998-2015 .....	6
3.2	Jämförelse mellan olika flöden.....	8
<b>4</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>11</b>



## 1 Sammanfattning

Denna rapport, framtagen på uppdrag av Bohuskustens vattenvårdsförbund, syftar till att översiktligt sammanställa omfattningen av näringstillförseln till Bohuskustens vattenområde för åren 1998-2015. Parametrarna som sammanställts är totalfosfor och totalkväve och utgår från tillgängliga datakällor och publicerad litteratur. Den omfattning som ursprungligen offererades har utökats något för att inkludera grova uppskattningar av atmosfärsdeposition, utbytet med omgivande hav samt eventuell nettotillförsel från sedimenten.

Sammanställningen inkluderar dels svenska källor (avrinning och punktkällor) och dels tillförsel via avrinning från Norge, atmosfäris deposition och utbyte med sedimenten. Tillförseln från Sverige domineras av Göta älv beroende på vattenföringen, dvs mängden nederbörd under året. De år som nederbörden är stor är också medelvattenföringen i Göta älv stor. Ju större medelvattenföringen är desto större blir närsaltstillförseln. I och med att tillförseln från Sverige domineras av tillförseln från Göta älv, så är också den totala tillförseln från Sverige stor de åren som nederbörden är stor.

Belastningen från Ryaverket har under de senaste åren, varit lägre jämfört med de tidiga åren i tidsserierna (1998-2015). Detta gäller både för totalkväve och för totalfosfor.

Observera att de övriga punktkällornas bidrag, dvs samtliga punktkällor exklusive Ryaverket, kan vara något underskattade då det finns luckor i indata. Man bör därför vara försiktig med att försöka identifiera någon trend i bidraget från punktkällorna. Felet blir också försumbart relativt de stora verksamheternas bidrag (t ex Ryaverket).

Den totala tillförseln av totalkväve domineras av tillförseln från Göta älv och Glomma, vilka tillsammans står för ca 80 % av belastningen. De övriga källorna är betydligt mindre men inte helt försumbara.

Den totala tillförseln av totalfosfor är osäker eftersom den domineras av utbytet med sedimenten (ca 50 %). Omfattningen av nettoläckaget från sedimenten är svår att beräkna och därmed osäker. De presenterade värdena är grova uppskattningar baserade på vetenskapliga publikationer. För att förbättra uppskattningarna fordras sannolikt mer undersökningar i området.

## 2 Metodik

### 2.1 Området

Huvuddelen av Bohuskustens vattenområde ligger ur geografisk synvinkel i Skagerrak, men även till viss del i Kattegatt. Gränsen mellan dessa två vattenområden kan variera men brukar anges som ett snitt från Skagen till Marstrand.

Vattnet längs Bohuskusten härstammar till stor del från Kattegatt. På grund av färskvattentillförseln till Östersjön transporteras en stor mängd bräckt ytvatten ut från Östersjön via Öresund och Bältsunden, upp längs svenska västkusten och vidare längs norska kusten till Nordsjön. Detta är den s.k. Baltiska strömmen. På vägen blandas omgivande vatten in och strömmen ökar i salthalt samt flöde. I medeltal är transporten i Baltiska strömmen ca 50 000 m<sup>3</sup>/s när den lämnar Kattegatt och går in i Skagerrak. Det bör påpekas att detta generellt sett nordgående flöde ibland kan avstanna eller bli sydgående vid särskilda vädersituationer. Den Baltiska strömmens storlek varierar också med avrinningen till Östersjön.

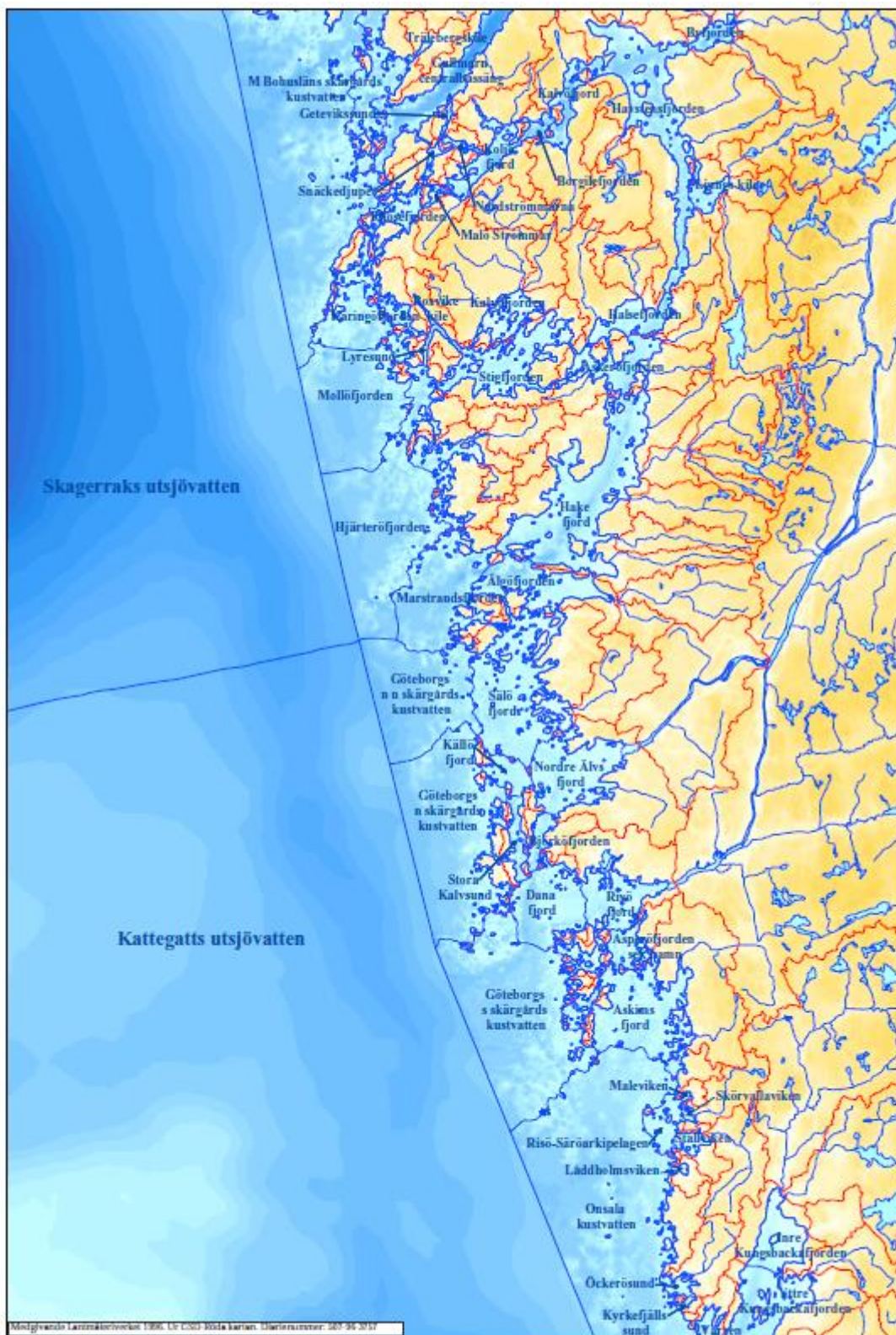
Kustvattnet längs svenska västkusten utgörs alltså av en blandning av vatten från Östersjön, Kattegatt och Skagerrak. Vattnet i Skagerrak är i sin tur en blandning av vatten från Kattegatt, saltare djupvatten från norra delarna av Nordsjön och något mindre salt ytvatten från de södra delarna av Nordsjön. Inflödet av det senare följer ofta den danska nordkusten och brukar betecknas Jutska strömmen. Den beskrivning som här ges av cirkulationen i haven väster om Sverige är en grov förenkling, som exempel är den Baltiska strömmen otydlig i området vid gränsen mellan Norge och Sverige och lokal sötvattentillförsel (Oslofjorden, Glomma, m fl) har sannolikt en viktig påverkan.

I denna studie har Bohuskustens vattenområde definierats utifrån SMHIs havsområdesindelning (ref. /1/). De områden som tagits med sträcker sig från Idefjorden i norr till Göteborgs södra skärgård i söder (se Figur 1 och Figur 2).





Figur 1 Karta över norra Bohusläns kustvatten som visar avgränsningen mot utsjön.



Figur 2 Karta över södra Bohusläns kustvatten som visar avgränsningen mot utsjön.

## 2.2 Typer av källor för näringsämnen

De årliga tillskotten av totalfosfor (Tot-P) och totalkväve (Tot-N) till Kattegatts ytvatten har sammanställts för perioden 1998 till 2015 utifrån ett antal olika datakällor (se avsnitt 2.3). De näringsämneskällor som beaktats är:

- avrinning från land<sup>1</sup>, både via större vattendrag och diffust läckage
- antropogena punktkällor
- atmosfäriskt nedfall (deposition) på vattenytan
- läckage från sediment
- utbyte med utsjön

I denna sammanställning har bidragen av Tot-N och Tot-P kategoriserats enligt följande uppdelning:

1. Göta älv (avrinningsområde 108 enl. ref. /15/),
2. övrig avrinning från Sverige norr om Göta älv (avrinningsområden 109-112 enl. ref. /15/)
3. Ryaverket i Göteborg
4. övriga punktkällor (industrier och avloppsreningsverk) från Göteborg och norrut
5. atmosfärisk deposition på vattenytan
6. nettoläckage från sediment
7. Glomma (Norge)
8. utbyte med utsjön

För de svenska landbaserade källorna 1-4 redovisas tidsvariationerna för hela perioden. För källorna 5-8 saknas information för hela perioden och därför redovisas endast medelvärden av tillgängliga uppskattningar eller beräkningar.

## 2.3 Datakällor och beräkningar

Årliga transporter av Tot-N och Tot-P från avrinningsområdena 108-112 (O-län) har erhållits från SLU, Institutionen för Miljöanalys (<http://info1.ma.slu.se/db.html>).

Tillförseln av Tot-N och Tot-P från Ryaverket har erhållits från de årliga miljörapporterna för Ryaverket (ref. /2/ - /8/), förutom för 2007 då data tillhandahållits av Länsstyrelsen för Västra Götaland.

Data för tillförseln av kväve och fosfor från punktkällor har tillhandahållits av Länsstyrelsen för Västra Götaland. Data är ett utdrag från Svenska Miljörapporteringsportalen (SMP) och utgörs av de mätdata som verksamhetsutövarna har rapporterat in i SMP. Det kan saknas anläggningar med utsläpp av kväve och fosfor till Bohuskusten. Förklaringen är antingen att verksamhetsutövaren inte har fyllt i Emissionsdeklarationen i SMP eller att mängden utsläpp ligger under gränsen för rapportering. (ref. Eva Griphammar Westberg, Länsstyrelsen Västra Götaland).

Värdena för de samlade punktkällorna samt totala tillförseln via avrinning har kontrollerats mot resultaten från TRK-projektet (Transport, Retention och Källfördelning – belastning på havet, SLU och SMHI för Naturvårdsverket; <http://www-nrciws.slu.se/TRK/index.html>). TRK-projektets underlag härstammar från olika år men man har inte skiljt på detta i redovisningen.

Atmosfärisk deposition av kväve har beräknats utifrån depositionskartor som visar resultat från SMHI:s MATCH-modell<sup>2</sup> (ref. /16/). SMHI tog 2010 fram nya metoder för att beräkna

---

<sup>1</sup> Detta kan innefatta både ett antropogent bidrag och naturlig urläkning.

depositionen (ref. /18/) och värdena för 2005 till 2008 räknades då om i 2009-års rapport (ref. /12/). De värden för 2011-2015 som presenteras i denna rapport bygger på ytterligare utvecklade metoder (ref. /19/). Det uppskattade nedfallet per kvadratmeter för Bohuskusten har multiplicerats med arean på de havsområden som beaktas (c 2828 km<sup>2</sup> enligt SMHI:s havsområdesindelning; ref. /14/). Depositionen av fosfor har beräknats på samma sätt men utifrån ett nedfall på 0,5 kg fosfat per km<sup>2</sup> och månad (ref. /17/).

Ingen information avseende nettoläckaget från sedimenten av kväve har hittats. Denitrifikation, som sker i sedimenten antas utgöra en sänka för kväve eftersom kvävet vid denitrifikation inte återgår till vattenmassan. Huruvida denitrifikation är en viktig sänka i Bohuskusten eller om sedimenten här kan utgöra en källa för kväve är ännu inte utrett.

För fosfor i sedimenten har överslagsberäkningar gjorts utifrån två olika litteraturkällor (ref. /1/ och /10/). Vid beräkningarna har antagits att den relevanta mjukbottenarean är lika stor som hela Bohuskustens vattenarea (se ovan), vilket innebär en överskattning. Ett medel-värde har bestämts utifrån dels min- och maxvärden beräknade utifrån flödesmätningar i Skagerrak (ref. /10/), dels beräkningar utförda av DHI (ref. /1/). Denna siffra är därför osäker och bör betraktas som en grov uppskattning.

Tillförsel via Glomma har hämtats från OSPAR-kommissionens datarapporter avseende "Riverine inputs and direct discharges (RID)" ([www.ospar.org](http://www.ospar.org)). Här anges flera källor till nordöstra Skagerrak, men eftersom Glomma utgör ca hälften av den totala tillförseln till nordöstra Skagerrak och dessutom är den källa som tydligast påverkar Bohuskustens vattenområde (ref. /17/), så redovisas endast Glommas bidrag här. Observera att det inte är säkert att hela tillförseln via Glomma hamnar inom Bohuskustens vattenområde. Dessutom har punktkällor nedströms mätpunkten i Glomma tagits med, men endast t.o.m. 2003 eftersom dessa därefter inte längre särredovisas. Punktkällorna utgör ca 15 % av Glommas totala tillförsel.

Nettoutbytet med utsjön har hämtats från SMHIs beräkningar med kustzonssystemet för Bohusläns skärgård (ref. /17/).

Slutligen har Göta älvs vattenvårdsförbund tillhandahållit årsmedelvattenföringen vid Lilla Edet (ref. /9/).

## 3 Resultat

### 3.1 Svenska landbaserade källor 1998-2015

I Figur 3 och Figur 4 redovisas den årliga variationen av svenska landbaserade källor för totalkväve respektive totalfosfor samt årsmedelvattenföringen i Göta älv vid Lilla Edet. De landbaserade källorna är uppdelade i bidraget från Göta älv, övrig avrinning, Ryaverket och övriga punktkällor (dvs alla punktkällor förutom Ryaverket).

För både kväve och fosfor domineras tillförseln av Göta älv som i sin tur beror på vattenföringen i älven. Vattenföringen i sin tur beror på nederbörden under året. Generellt gäller att mer regn ger högre vattenföring och därmed större tillförsel av kväve och fosfor till kustvattnet.

---

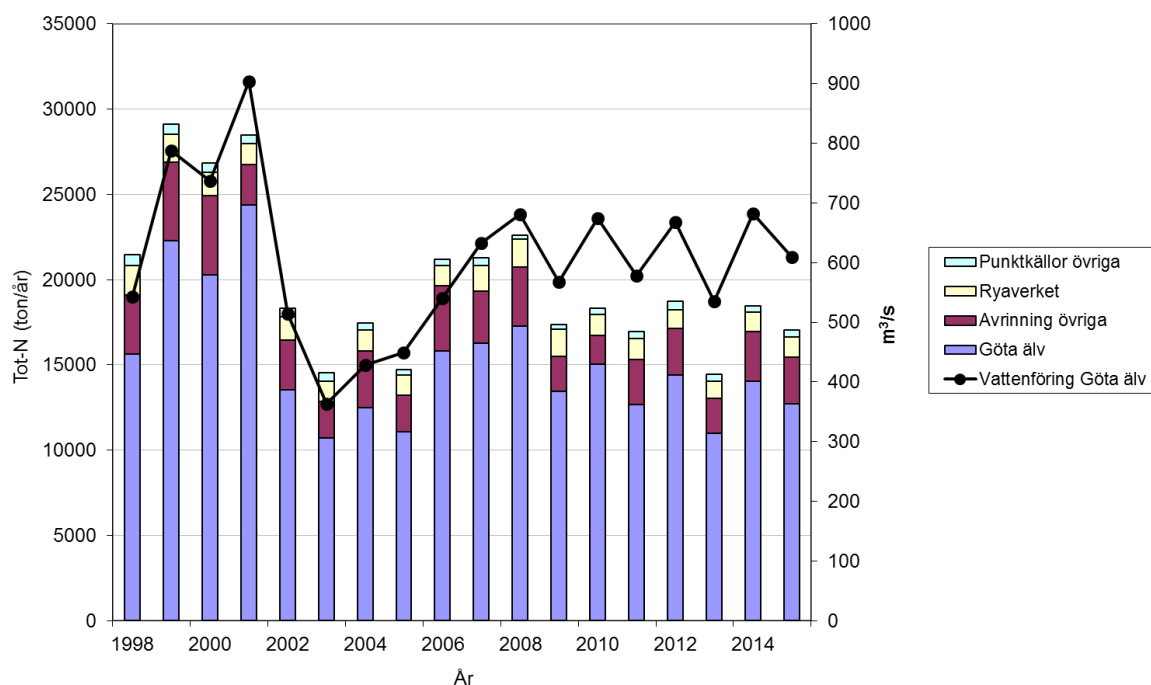
<sup>2</sup> Nationell kartläggning av atmosfärs-kemiska data för Sveriges miljöövervakning framtaget av SMHI på uppdrag av Naturvårdsverket.

Det går inte att se någon klar trend i tillförseln från Sverige under perioden 1998-2015. Som framgår av figurerna är variationer från år till år i huvudsak ett resultat av variationer i avrinning. Här urskiljer sig däremot år 2006, då tillskottet av totalfosfor var lika högt som under åren 1999-2001 trots en lägre medelvattenföring i Göta älv.

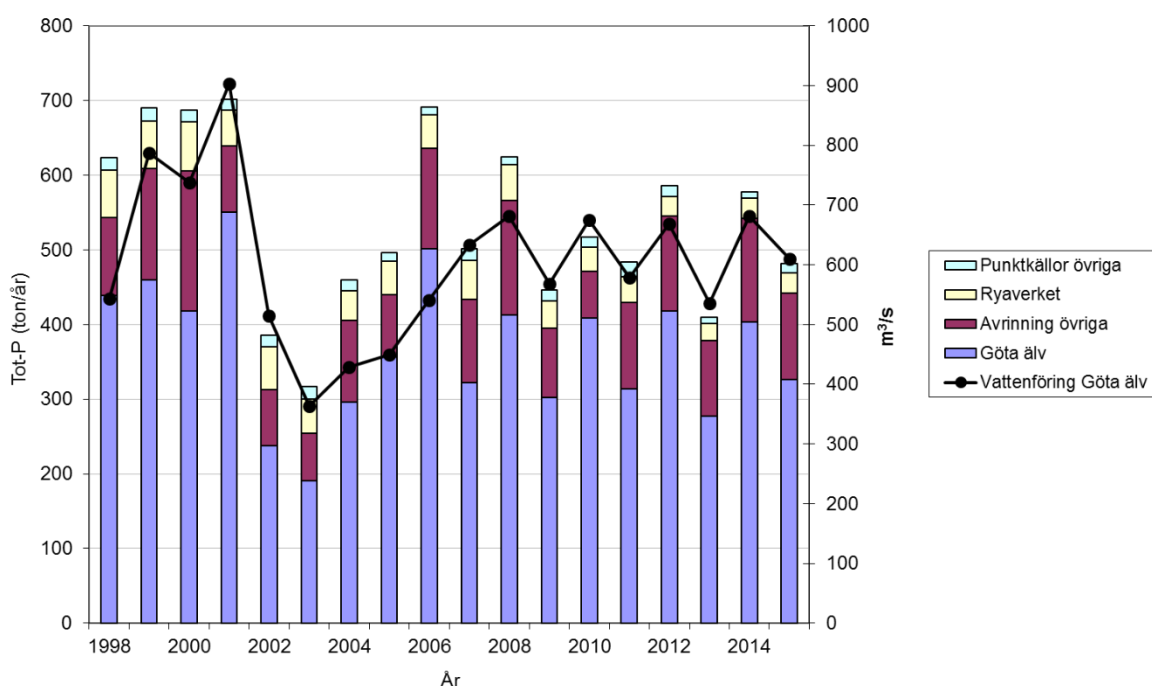
Under de senaste åren har 2009, 2011 och 2013 varit relativt torra år med längre näringsämnestillförsel via avrinningen. Åren 2010, 2012 och 2014 var medelvattenföringen i Göta älv relativt hög vilket återspeglas i tillförseln av totalkväve och totalfosfor.

Belastningen från Ryaverket har under de senaste åren, varit lägre jämfört med de tidiga åren i tidsserier (1998-2015). Detta gäller både för totalkväve och totalfosfor.

Observera att de övriga punktkällornas bidrag kan vara något underskattade pga. luckor i datarapporteringen. Man bör därför vara försiktig med att försöka identifiera någon trend i detta bidrag. Felet är däremot försumbart relativt Ryaverkets bidrag.



Figur 3 Årsvariation i tillflödet av Tot-N från svenska landbaserade källor samt årsmedelvattenföringen i Göta älv vid Lilla Edet.



Figur 4 Årsvariation i tillflödet av Tot-P från svenska landbaserade källor samt årsmedelvattenföringen i Göta älv vid Lilla Edet.

### 3.2 Jämförelse mellan olika flöden

I Tabell 1 jämförs medelvärdet för den totala tillförseln av totalkväve respektive totalfosfor till Bohuskustens vattenområde med de värden som togs fram inom TRK-projektet. Värdena är inte direkt jämförbara, TRK-resultaten bygger på underlag från ett begränsat antal år, men en jämförelse bör i alla fall indikera om det föreligger några uppenbara orimligheter. Resultaten av de två analyserna ligger inom 10-20 % av varandra, vilket får anses rimligt med tanke på osäkerheterna och skillnaderna i analysmetod.

Tabell 1 Jämförelse mellan medelvärdet av här presenterade data samt resultaten från TRK-projektet.

	Avrinning		Punktkällor	
	Medelvärde 1998-2015	TRK	Medelvärde 1998-2015	TRK
Tot-N (ton/år)	18101	23218	1752	2036
Tot-P (ton/år)	480	563 <sup>3</sup>	57	78

Figur 5 visar i medeltal den relativa fördelningen mellan de olika källorna av totalkväve i Bohuskustens vattenområde. Jämfört med perioden 1998-2010 (ref. /12/) syns ingen förändring. Den totala kvävetillförseln domineras av Göta älv och Glomma (81 %). De övriga källorna: övrig

<sup>3</sup> Beräknad utifrån summan av tillflödena via avrinning minus tillflödena från punktkällor.

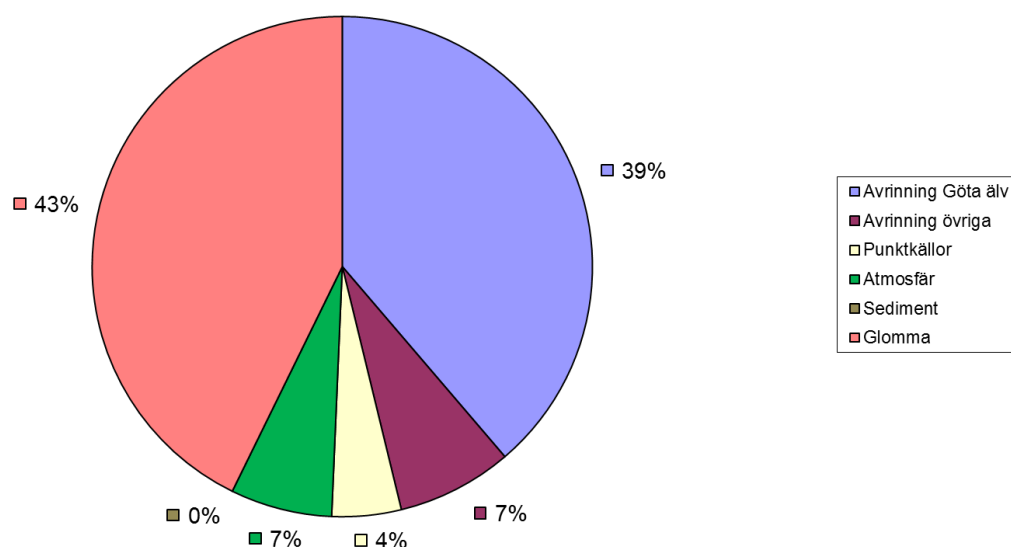
avrinning, punktkällor och atmosfärisk deposition är betydligt mindre men inte försumbara (totalt 19 %).

Den totala tillförseln av kväve till Bohuskusten uppgår i medeltal till drygt 39 100 ton/år. Detta ska jämföras med en beräknad export av totalkväve till utsjön på ca 40 000 ton/år (ref. /17/). Denna siffra bygger på en modellstudie och är skillnaden mellan två stora avrundade tal då kustvattnet importerar ca 680 000 ton Tot-N/år och exporterar ca 720 000 ton Tot N/år.

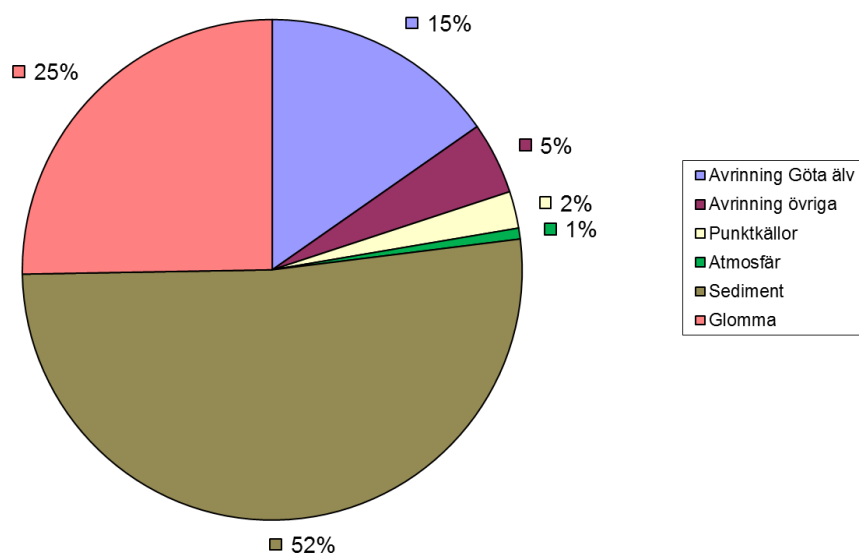
Figur 6 visar i medeltal den relativa fördelningen mellan de olika källorna av totalfosfor i Bohuskustens vattenområde. Fördelningen är i princip identisk med den för perioden 1998-2014. Tillförseln domineras av bidraget från sedimenten (52 %). Som påpekats tidigare bygger den relativt sett stora tillförseln från sedimenten på en grov uppskattning. De övriga stora källorna är tillförseln från Glomma (25 %) och från Göta älv (15 %).

Den totala tillförseln uppgår i medeltal till drygt 2 400 ton/år. Detta ska jämföras med en beräknad export av totalfosfor till utsjön på knappt 3 700 ton/år (ref. /17/). Precis som för totalkväve kommer denna siffra från en modellstudie och är skillnaden mellan två stora avrundande tal, d.v.s. kustvattnet importerar ca 59 600 ton Tot-P/år och exporterar drygt 63 200 ton Tot P/år.

Beräkningarna av utbytet med utsjön (ref. /17/) visade att i norra Bohuslän sker en mindre import av totalkväve och totalfosfor till kustvattnet, medan det i södra Bohuslän sker en betydligt större export. Det senare hänger sannolikt ihop med den stora tillförseln via Göta älv som fortsätter ut i havet.



Figur 5 Relativ fördelning mellan olika typer av tillflöden av totalkväve till Bohuskustens vattenområde 1998-2015.



Figur 6 Relativ fördelning mellan olika typer av tillflöden av totalfosfor till Bohuskustens vattenområde 1998-2015.



## 4 Referenser

- /1/ DHI, 2005: Utredning av effekterna av fosforutsläpp från Ryaverket. Slutrapport till Bohuskustens vattenvårdsförbund.
- /2/ Gryaab, 2009: Miljörapport enligt Miljöbalken 2008. Gryaab rapport 2009:1.
- /3/ Gryaab, 2010: Miljörapport enligt Miljöbalken 2009. Gryaab rapport 2010:2, version 2.
- /4/ Gryaab, 2011: Miljörapport enligt Miljöbalken 2010. Gryaab rapport 2011:1, version 2.
- /5/ Gryaab, 2012: Miljörapport Ryaverket 2011. Gryaab rapport 2012:3, version 2.
- /6/ Gryaab, 2013: Miljörapport Ryaverket 2012. Gryaab rapport 2013:3.
- /7/ Gryaab, 2014: Miljörapport Ryaverket 2013. Gryaab rapport 2014:1.
- /8/ Gryaab, 2015: Miljörapport Ryaverket 2014. Gryaab rapport 2015:4.
- /9/ Göta älvs Vattenvårdsförbund, 2015: Rapport avseende Vattendragskontroll 2014. <http://www.gotaalvvvf.org> – Rapporter – 2014.
- /10/ Hall, P.O.J., Hulth, S., Hulthe, G., Landén, A. & Tengberg, A., 1996: Benthic nutrient fluxes on a basin-wide scale in the Skagerrak (north-eastern North Sea). *Journal of Sea Res.*, 35 (1-3): 123-137.
- /11/ Liungman, O. och Moreno-Arancibia, P., 2010: Tillförsel av näringsämnen till Bohuskusten 1998-2008, rapport till Bohuskustens vattenvårdsförbund, DHI Sverige AB, ISBN 91-85293-62-89.
- /12/ Moreno Arancibia, P. och Liungman, O., 2011: Tillförsel av näringsämnen till Bohuskusten 1998-2009, rapport till Bohuskustens vattenvårdsförbund, DHI Sverige AB, ISBN 91-85293-72-5.
- /13/ Moreno Arancibia, P. och Liungman, O., 2014: Tillförsel av näringsämnen till Bohuskusten 1998-2010, rapport till Bohuskustens vattenvårdsförbund, DHI Sverige AB, ISBN 91-87107-13-9.
- /14/ SMHI, 2003: Djupdata för havsområden 2003. SMHI Oceanografi nr 73.
- /15/ SMHI, 2002: Län och huvudavrinningsområden i Sverige. Faktablad nr 10.
- /16/ SMHI, 2004a: Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen; Metod- och resultatsammanställning för åren 1999-2002 samt diskussion av osäkerheter, trender och miljömål. SMHI Rapport Meteorologi 113.
- /17/ SMHI, 2004b: Integrerat kustzonssystem för Bohusläns skärgård. SMHI Oceanografi nr 76.
- /18/ SMHI, 2013: Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen; Metod- och resultatsammanställning för åren 1998-2011 samt diskussion av osäkerheter, trender och miljömål. SMHI Rapport 2013-35.
- /19/ SMHI, 2015: Nationell miljöövervakning med MATCH Sverige-systemet – ny metodik, utvärdering och resultat för åren 2012-2013. SMHI Rapport 2015-7.