

Författare:

Cia Hultcrantz

Granskare:

Anna Edman

Elisabeth Sahlsten

Uppdragsgivare:

Bohuskustens vattenvårdsförbund

Granskningsdatum:

2012-01-26

2012-01-26

Dnr:

2012/73/9.5

Rapport nr

2012-1

Version:

1.0

Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten Trender 1990-2011

Cia Hultcrantz

Uppdragstagare SMHI 601 76 Norrköping	Kontaktperson Pia Andersson 011 – 495 8383 pia.andersson@smhi.se
Uppdragsgivare Bohuskustens vattenvårdsförbund Box 305 451 18 Uddevalla Hemsida: www.bvuf.se	Kontaktperson Torunn Skau 0522-440863 torunn.skau@bvuf.se info@bvuf.se
Distribution Bohuskustens vattenvårdsförbund	
Klassificering (x) Allmän () Affärssekretess	
Nyckelord BVVF, hydrografi, trendanalys, närsalter, syre, siktdjup, klorofyll <i>a</i> , POC, PON	
Övrigt ISBN: 91-85293-71-7	

1 Sammanfattning

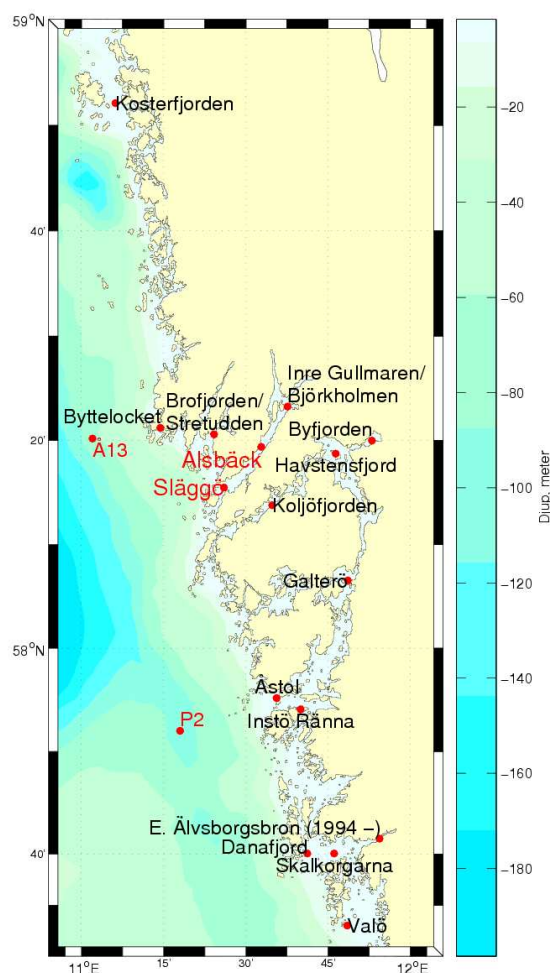
Sedan den förra trendanalysen färdigställdes i början av 2011, har vissa trender ändrats. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Ytvattentemperaturen visar fortfarande en signifikant ökande trend vid flertalet analyserade stationer, men har avtagit något vid de södra stationerna, framförallt vid Valö och Danafjord. Vid Kosterfjorden har den avtagit helt
- Halterna av total-kväve och oorganiskt kväve (speciellt ammonium) fortsätter minska i de flesta av de analyserade områdena.
- Den minskande trenden för total-fosfor som 2010 hade avtagit för några stationer håller i sig, men vid Valö och Släggö ökar halterna.
- Silikathalten har ökat på flertalet stationer. Vid Brofjorden som 2010 hade en nedåtgående trend har en vändning skett till en ökande trend.
- Endast enstaka spridda trender har påträffats för övriga näringsämnen, klorofyll *a* och siktdjup.
- Syrgashalten i bottenvattnet visar en minskande trend vid P2, Valö, Instö Ränna, Havstensfjord, Koljöfjord och Byfjorden. I Byfjorden har bottenvattnet varit helt syrefritt sedan sommaren 2006.
- Vid Alsbäck och Kosterfjorden visar trenden en fortsatt ökning av syrgashalterna i bottenvattnet.
- Partikulärt organiskt kol visar fortfarande signifikant minskande halter längs hela Bohuskusten, undantaget Kosterfjorden. Föregående års svaga trend för minskning av halten partikulärt organiskt kväve finns kvar i Danafjord, men går inte längre att påvisa i Koljöfjord och Brofjorden.

2 Bakgrund

På uppdrag av Bohuskustens vattenvårdsförbund (BVVF) gjorde SMHI år 2004 en sammanställning och utvärdering av de hydrografiska mätningarna längs Bohuskusten, (Ref. 1). Bland annat gjordes analys av trender av näringsämnen, siktdjup, syre, klorofyll *a*, partikulärt organiskt kol och kväve (POC och PON). Dataserierna som då låg till grund för trendutvärderingen sträckte sig från 1990 till en bit in på 2004. Trendutvärderingen har kompletterats och uppdaterats årsvis sedan 2007 (Ref. 2 – Ref. 5). SMHI har fått i uppdrag att uppdatera trendanalysen med data t.o.m 2011.

Figur 1 visar en karta över Bohuskusten och positionen av de mätstationer som använts i trendutvärderingen. De metoder som använts visas i Appendix.



Figur 1. Karta över Bohuskusten med mätstationernas läge. Kartan inkluderar även Släggö, Alsbäck, Å13 och P2 som inte ingår i BVVF:s kontrollprogram.

3 Resultat

Tabell 1 till Tabell 4 visar resultaten av trendanalyserna. Nedgående trender markeras med gröna nedåtriktade pilar medan uppgående trender markeras med röda uppåtriktade pilar, förutom för syrgas och siktdjup. Nedgående trender är önskvärda för alla parametrar utom syrgas och siktdjup, eftersom ökat siktdjup eller syrgashalt generellt innebär bättre miljöstatus. Ett ökat siktdjup eller syrehalt har därför en grönfärgad uppåtgående pil, resp. rödfärgad för avtagande siktdjup resp. syrehalt.

3.1 Trender i temperatur, näringsämnen, klorofyll *a* och siktdjup

Tabell 1 visar en översikt av trender i ytvattnet (0-10 m) av temperatur, kväve, fosfor, silikat, klorofyll *a* och siktdjup beräknade med säsongsmässig Kendall-test.

Tabell 2 visar en översikt av trender i ytvattnet (0-10 m) av temperatur, kväve, fosfor, silikat, klorofyll *a* och siktdjup beräknade med Mann-Kendall-test på dataserier där säsongsmässiga variationer exkluderats.

Tabell 1. Signifikanta trender i ytvattnet, 0-10 m, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 10 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % nivå. Då ingen signifikant trend har påträffats har rutorna lämnats tomma.

Station	Mätperiod	Tot-N	NO ₂	NO ₃	NH ₄	DIN	Tot-P	PO ₄	SiO ₃	Klorofyll <i>a</i>	Sikt-djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2011	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↑			↑
Skalkorgarna	1990-2011	↓	↓		↓	↓		↓	↑			
Valö	1990-2011	↓	↓		↓	↓	↑	↓	↑*		↑	
Danafjord	1990-2011	↓	↓		↓	↓		↓	↑			
Instö Ränna	1990-2011	↓			↓				↑		↑	↑
Åstol	1990-2011	↓*			↓			↓	↑			
Galterö	1990-2011	↓	↓		↓	↓		↓			↑	↑
Byfjorden	1990-2011	↓	↓		↓	↓		↓	↑	↓	↑	↑
Havstensfjord	1990-2011	↓	↓		↓	↓		↓*	↑	↓		↑
Koljöfjord	1990-2011	↓	↓	↓*	↓	↓	↑			↓	↑*	↑
Släggö	1990-2011	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓		↑*		↑
Inre Gullmarn	1990-2011				↓	↓	↑	↓	↑			↑
Brofjorden	1990-2011	↓	↓		↓	↓	↑	↓			↑*	↑
Byttelocket	1990-2011	↓	↓		↓	↓	↑	↓			↑	↑
Kosterfjorden	1990-2011							↓		↑		

Tabell 2. Signifikanta trender i ytvattnet, 0-10 m, beräknade med Mann-Kendall-test utifrån tidsserier utan säsongsvariation. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % signifikansnivå. Då ingen signifikant trend har påträffats har rutorna lämnats tomma.

Station	Mätperiod	Tot-N	NO ₂	NO ₃	NH ₄	DIN	Tot-P	PO ₄	SiO ₃	Klorofyll <i>a</i>	Sikt-djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2011	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↑	↑*		↑*
Skalkorgarna	1990-2011	↓	↓	↓*	↓	↓		↓	↑	↓		
Valö	1990-2011	↓	↓	↓*	↓	↓	↑	↓				↑*
Danafjord	1990-2011	↓	↓		↓	↓		↓	↑			↑*
Instö Ränna	1990-2011	↓			↓				↑			↑
Åstol	1990-2011	↓*	↓		↓			↓	↑			↑*
Galterö	1990-2011	↓	↓	↓	↓	↓		↓				↑
Byfjorden	1990-2011	↓	↓	↓	↓	↓		↓*	↑	↓		↑
Havstensfjord	1990-2011	↓	↓		↓				↑	↓*		↑
Koljöfjord	1990-2011	↓	↓	↓	↓	↓	↑		↑	↓		↑
Släggö	1990-2011	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓		↑		↑
Inre Gullmarn	1990-2011				↓	↓	↑	↓	↑*			↑
Brofjorden	1990-2011	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓				↑
Byttelocket	1990-2011	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓			↑	↑
Kosterfjorden	1990-2011					↓*	↓*	↓*		↑		↑*

3.2 Syrgastrender i bottenvattnet

Syrehalten är oftast lägst under höstmånaderna, eftersom nedbrytningen av biologiskt material förbrukar syrgas. Analys av förändringen av syrgas i bottenvattnet baseras därför på två olika datamängder, dels data från enbart höstmånaderna (augusti-oktober), dels hela årets data. Tabell 3 sammanfattar trendresultaten för båda perioderna tillsammans med den beräknade ändringen i syrgashalt, enligt säsongsmässigt Kendall-test.

Tabell 3. Signifikanta syrgastrender i bottenvattnet, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 10 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % signifikansnivå. Då ingen signifikant trend har påträffats har rutorna lämnats tomma.

Station	Tidsintervall	Trend (helår) syrgas	Höstitrend (aug-okt) syrgas	Förändring per år (ml/l)	
				Helår	Höst
E. Älvsborgsbron	1994-2011				
Skalkorgarna	1990-2011				
Valö	1990-2011	↓*		-0,01	
Danafjord	1990-2011				
Instö Ränna	1990-2011	↓		-0,03	
Åstol	1990-2011				
Galterö	1990-2011				
Byfjorden	1990-2011	↓	↓	-0,1	-0,16
Havstensfjord	1990-2011	↓	↓	-0,01	-0,01
Koljöfjord	1990-2011	↓	↓	-0,07	-0,06
Släggö	1990-2011				
Alsbäck	1990-2011	↑	↑	0,02	0,03
Inre Gullmarn	1990-2011				
Brofjorden	1990-2011	↑*		0,01	
Byttelocket	1990-2011				
Kosterfjorden	1994-2011	↑	↑	0,02	0,03
Utsjöstationer:					
Å13	1990-2011				
P2	1990-2011	↓		-0,01	

3.3 POC- och PON-trender

Trender i POC och PON har beräknats med säsongsmässigt Kendall-test och redovisas i Tabell 4.

För de sex stationer inom det aktuella området, där mätningar av POC och PON har skett under en längre period, visas trender beräknade med säsongsmässigt Kendall-test.

*Tabell 4. Signifikanta trender i ytvattnet, värden från 0 och 5 m djup, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 10 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % nivå. Tomma rutor anger att trenden var icke-signifikant.*

Station	Tidsintervall	POC	PON
Danafjord	1990-2011		↓
Åstol	1990-2011		↓
Havstensfjord	1990-2011		↓
Koljöfjord	1990-2011		↓
Brofjorden	1990-2011		
Kosterfjorden	1990-2011	↑	

4 Diskussion

4.1 *Trender i temperatur, näringsämnen, klorofyll a och siktdjup*

Temperaturen i ytvattnet har under mätperioden ökat signifikant vid samtliga stationer, utom vid Skalkorgarna. Det rör sig om ökning i storleksordningen 0.03 – 0.09 grader per år. 1991-2005 har varit en period med ökande lufttemperatur (Ref. 7) och även de följande åren har varit varma, enligt 2009 års trendrapport (Ref. 5). En något avtagande trend i uppvärmning kan ses i kustvattnet 2011, särskilt vid E. Älvsborgsbron, Valö, Danafjord och Åstol där signifikansnivån för 2011 är 10% mot tidigare 5 %, trots att året var ett av de varmaste åren i Sverige sedan 1930-talet med 1.0 till 2.0 grader varmare mot medeltemperaturen. Det kan ha en koppling till de två senaste årens väldigt kalla vintrar.

Halterna av Tot-N, totalkväve, har minskat signifikant under perioden 1990-2011, i så gott som hela kustbandet. Byfjorden som tidigare har haft en nedåtgående trend uppvisade under 2010 stora svängningar, men i år var det åter tillbaka på nedåtgående 5% signifikansnivå. Vid alla stationer utom Kosterfjorden och Inre Gullmarn, ser man en tydligt minskande trend. Positivt är att halterna av NO₃, nitrat, visar på en fortsatt minskning (5 % signifikansnivå) för stationerna Släggö, Brofjorden och Byttelocket, bortsett från säsongvariation i data. Även Skalkorgarna och Valö uppvisar nu en förstärkt trend på 10 % signifikansnivå med mindre NO₂-halter mot tidigare år. Antalet stationer med minskande NO₂-halter, nitrit, har blivit fler jämfört med förra årets trendanalys i.o.m trenderna vid Valö, Danafjord och Åstol. En tydlig minskning av NH₄, ammonium, har observerats längs hela kustbandet, med undantag av Kosterfjorden. Löst oorganiskt kväve, DIN, har minskat vid flertalet av stationerna. Sammanfattningsvis minskar kvävehalterna längs Bohuskusten.

Tidigare års trendanalyser har visat några stationer med signifikant minskande halt Tot-P. Detta har framförallt gällt stationerna i den södra delen av Bohusläns kustvatten. Detta tycks nu vara på väg åt motsatt håll med signifikant ökande Tot-P halter på flera håll, mer för stationerna i den norra delen av Bohuslän från Koljöfjorden och norrut. Den enda station som uppvisar signifikant minskning av Tot-P är fortsatt Kosterfjorden.

För detta år jämfört med de tidigare åren finns nu också en trend av ökande SiO₃-halt, silikat, vid mer än hälften av provtagningsstationerna. Detta gäller i allmänhet stationerna från Koljöfjorden och söderut.

Halten klorofyll *a* minskar i Byfjorden medan den ökar vid Älvsborgsbron. Från och med i år syns också minskande trender vid Skalkorgarna, Havstensfjorden, Koljöfjorden. Den uppåtgående trend som tillkom vid Släggö 2008, kvarstår och den nedåtgående trend som avtog vid Koljöfjorden 2008 är från och med i år tillbaka. 2011 kunde en ökande trend på 5% signifikansnivå för första gången även påvisas i Kosterfjorden.

Siktdjupstrenden som påvisades i Byttelocket 2009 och hade förstärkts till 2010 kvarstod i år på en signifikansnivå på 5 %. I övrigt hade siktdjupet ökat signifikant på flera håll längs kusten.

4.2 Syretrender

Syrgashalten i bottenvattnet uppvisar både positiva och negativa trender. Stationerna Alsbäck och Kosterfjorden uppvisar även i år en ökande syrgashalt. Vid mätstationerna Valö, Instö Ränna, Byfjorden, Havstensfjord och Koljöfjord, samt utsjöstationen P2 visar trenden att syrgashalten minskar.

Av de stationer som uppvisat minskande syrehalter har Byfjorden sedan våren/sommaren 2006 varit helt syrgasfri och svavelväte har uppmätts. I Havstensfjord och Koljöfjord har låga syrgaskoncentrationer mellan 0 och 2 ml/l förekommit under perioder.

De enda skillnaden från trendanalysen 2010 var att Brofjorden t.o.m. 2011 års data uppvisade signifikant ökande syrgashalt på 10% signifikansnivå.

4.3 POC och PON

Vid samtliga stationer utom Kosterfjorden har inga signifikanta nedgående trender av POC observerats.

Nedgående trender av PON har förstärkts i.o.m. 2011 års data.

5 Referenser

- Referens 1.* Axe P, Andersson L., Håkansson B., Sahlsten E. & Ingemansson A., "Sammanställning och utvärdering av de hydrografiska mätningarna längs Bohuskusten." SMHI Rapport 2004-57
- Referens 2.* Edman A., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2006." SMHI Rapport 2007-6
- Referens 3.* Gyllenram, W., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2007." SMHI Rapport 2008-6
- Referens 4.* Lindberg A., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2008." SMHI Rapport 2009-7
- Referens 5.* Åström S., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2009." SMHI Rapport 2010-5
- Referens 6.* Hultcrantz C., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2010." SMHI Rapport 2011-8
- Referens 7.* "Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991-2005 med 1961-1990" Faktablad nr 29. SMHI. Oktober 2006.
- Referens 8.* Hirsch R.M., Slack J. & Smith R., "Techniques of trend analysis for monthly water quality data", Water Resources Research, Vol 18, nr 1, pp 107-121, February 1982

6 Appendix

6.1 Dataunderlag för trendutvärdering

Provtagning längs Bohuskusten utförs regelbundet enligt ett fastställt kontrollprogram. Kartan i Figur 1 visar vilka mätstationer som ingår i kontrollprogrammet. Vid alla stationer sker provtagning på standarddjup från ytan till botten, utom vid Alsbäck där mätningar endast utförs från 50 meter ned till botten.

I trendanalysen har huvudsakligen data från 1990-2011 använts, men med ett par undantag. Stationen Älvsborgsbron lades ner 1994 och ersattes med E Älvsborgsbron längre österut, vilket gör att trendanalyserna på denna station grundar sig på dataserier från 1994-2011. Dessutom saknas mätningar från bottenvattnet i Kosterfjorden före 1994, vilket gör att syreutvärderingen för denna station bygger på data från 1994-2011.

De parametrar som utvärderats är:

- Temperatur
- Näringsämnen kväve, fosfor och kisel i form av:
 - Oorganiskt kväve (DIN), bestående av summan av fraktionerna nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) och ammonium (NH_4)
 - Oorganiskt fosfor (Fosfat, PO_4)
 - Oorganiskt kisel (Silikat, SiO_3)
 - Oorganiskt + organiskt kväve (Tot-N)
 - Oorganiskt + organiskt fosfor (Tot-P)
- Siktdjup
- Klorofyll *a*
- Partikulärt organiskt kol och kväve (POC och PON)
- Syre (O_2)

6.2 Metoder för trendutvärdering

För att undersöka om det finns en trend i en dataserie har två olika typer av trendanalyser gjorts på materialet, linjär regression och en icke-parametrisk metod (säsongsmässigt Kendall-test).

Säsongsmässigt Kendall-test, som är en modifierad form av Mann-Kendall-test, används ofta för att undersöka trender hos t.ex. månadsvisa vattenkvalitetsdata. Detta eftersom testet fungerar bra på att hantera data som varierar under året, olika typer av datafördelningar, luckor i dataserien och avvikande datapunkter.

Linjär regression är mer känslig för t.ex. avvikande värden. Som jämförelse till säsongsmässigt Kendall-test har linjär regression genomförts på dataserier där den säsongsmässiga variationen först tagits bort, s.k. normalisering. Från varje serie har

årsmedelcykeln subtraherats, d.v.s. från alla januaridata subtraherades januari-medelvärdet osv.

I trendanalys med säsongsmässigt Kendall-test beräknas signifikans av trenderna, d.v.s. hur säker en trend är. I denna utredning har trender på 10 % signifikansnivå och 5 % signifikansnivå studerats, vilket betyder att det är mindre än 10 % respektive 5 % sannolikhet att identifierade trender är ett resultat av slumpen. Trender med 5 % signifikansnivå är alltså en ”säkrare” trend.

Ytterligare information om Mann-Kendall-test och säsongsmässigt Kendall-test ges i Ref. 8.