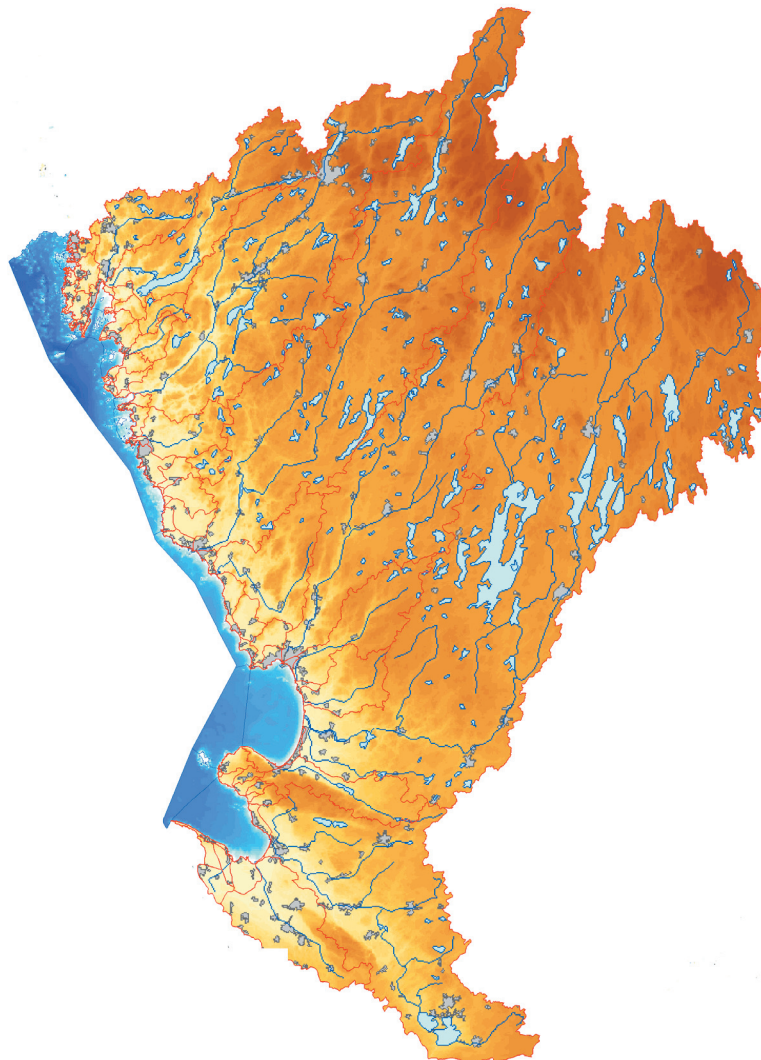




Integrerat Kustzonssystem för Hallandskusten

Eleonor Marmefelt och Håkan Olsson

Integrerat Kustzonssystem för Hallandskusten

Eleonor Marmefelt och Håkan Olsson

Kartan på framsidan visar Hallandskustens tillrinningsområde och havsområdesindelning.

Report Summary / Rapportsammanfattning

Issuing Agency/Utgivare Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut S-601 76 NORRKÖPING Sweden		Report number/Publikation Oceanografi Nr. 80
		Report date/Utgivningsdatum maj 2005
Author (s)/Författare Eleonor Marmefelt och Håkan Olsson		
Title (and Subtitle)/Titel Integrerat Kustzonssystem för Hallandskusten		
Abstract/Sammandrag SMHI har i samarbete med Länsstyrelsen i Hallands län implementerat SMHIs Kustzonssystem längs Hallandskusten från Onsala kustvatten i norr till Skälderviken i söder. Kustzonssystemet är ett integrerat modellsystem där såväl belastningen på kusten från land och atmosfär som tillståndet i kustzonen beräknas med hjälp av modeller. Tillrinningen från land har beräknats med hjälp av den hydrologiska modellen HBV och koncentrationerna har fastställts med hjälp av observerade data. Atmosfärsdepositionen både på land och i kustområdet beräknas av den atmosfärskemiska MATCH-modellen. Kustzonsmodellen (PROBE-SCOB), som är en biogeokemisk modell, beräknar tillståndet i kustvattnen. Syftet med Kustzonssystemet är att modellerna skall vara så beskaffade att det är möjligt att skapa långa tidsserier främst av näringsämnen och syrgashalt, samtidigt som miljötillståndet i kustzonen genom modellerna beskrivs med så hög kvalitet att modellsystemet kan användas i analysyfte, exempelvis vid scenariostudier. Kustzonsmodellen är en s.k. en-dimensionell modell, som löser upp modellvariablerna i djupled med hög noggrannhet, men beräknar ett horisontellt medelvärde i sitt område. För att kunna lösa upp de horisontella gradienterna i området måste modellområdet delas in i flertalet delbassänger. Beräkningar görs i alla bassänger, vilka är kopplade med varandra och utbyter egenskaper mellan varandra. Indelningen av Kustzonsmodellens delbassänger längs Hallandskusten följer SVAR-indelningen. Detta innebär att Kustzonsmodellen längs Hallandskusten består av 20 delbassänger.		
Key words/sök-, nyckelord Kustzonssystem, Kustzonsmodell, integrerat modellsystem, biogeokemisk modell		
Supplementary notes/Tillägg	Number of pages/Antal sidor 43	Language/Språk Svenska
ISSN and title/ISSN och titel 0283-7714 Oceanografi		
Report available from/Rapporten kan köpas från: SMHI S-601 76 NORRKÖPING Sweden Eller www.smhi.se		

Med hjälp av Kustzonmodellen har kustzonens miljötillstånd kunnat beräknats för perioden 1990-2003. En omfattande validering av modellen har genomförts med hjälp av observationer från Hallands och Nord västra Skånes kontrollprogram. Validering av modellen visar på en god överensstämmelse mellan observationer och modellens resultat. Därefter har in- och utflöden beräknats i varje bassäng för såväl total-kväve som total-fosfor.

Kustzonssystemet är ett utmärkt modellredskap för beräkning av långtidsscenarier genom att studera effekter på planktontillväxt, syrgasförhållanden och övergödning/siktdjup för olika åtgärder. Med hjälp av Kustzonssystemet kan man även beräkna hur stor del av belastningen på ett havsområde som kommer från öppna havet och hur stor del som kommer från andra källor, vilket gör modellsystemet mycket användbart i arbetet med Vattendirektivet.

Bakgrund	1
Kustzonssystemet som analysverktyg	2
Transportberäkningar	2
Ekologisk status	7
Scenarioberäkningar	8
Kustzonssystemet	10
Modellansats	10
Drivdata	10
Atmosfär	10
Land	12
Öppna havet	14
Validering av modellen	16
Hallandskustens kustvatten	17
Områdesbeskrivning	18
Resultat	23
Valideringsstationer	23
Onsala kustvatten	24
Nm Hallands kustvatten	27
Yttre Kungsbackafjorden	30
Inre Kungsbackafjorden	33
Laholmsbukten	35
Skälderviken	38
Slutord	42
Referenser	43

Bakgrund

Uppsättningen av kustzonssystemet för Hallandskustens vattenområde har utförts på uppdrag av Naturvårdsverket och med hjälp av data och annan information från Länsstyrelsen i Hallands län.

Kustzonssystemet är ett modellsystem för beräkning av eutrofieringstillstånd i kustvattenområden. Systemet är användbart för att på regional geografisk skala beskriva eutrofieringstillstånd och beskriva effekter vid ändrade förhållanden, t.ex. åtgärder som reducerar tillförsel av kväve och fosfor till kustvatten (Olsson & Årnfelt 2003). Systemet har utvecklats vid SMHI med stöd från Naturvårdsverket och berörda länsstyrelser (speciellt med anpassning av modellen för regional tillämpning).

Sedan tidigare finns Kustzonssystemet uppsatt längs hela Bohuskusten. I och med denna uppsättning av Kustzonssystemet täcker systemet således hela Västerhavets vattenadministrativa område enligt förordning för genomförande av den europeiska gemenskapens ramdirektiv för vatten (SFS 2004:660 Förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön). Kustzonssystemet finns även uppsatt i Östergötlands skärgård.

Kustzonssystemet som analysverktyg

Kustzonssystemet är utvecklat för vara ett användbart analysverktyg vad det gäller miljökonsekvensberäkningar i kustzonen och dess tillrinningsområde. Några exempel på analyser som är möjliga att genomföra med Kustzonssystemets hjälp finns beskrivna nedan.

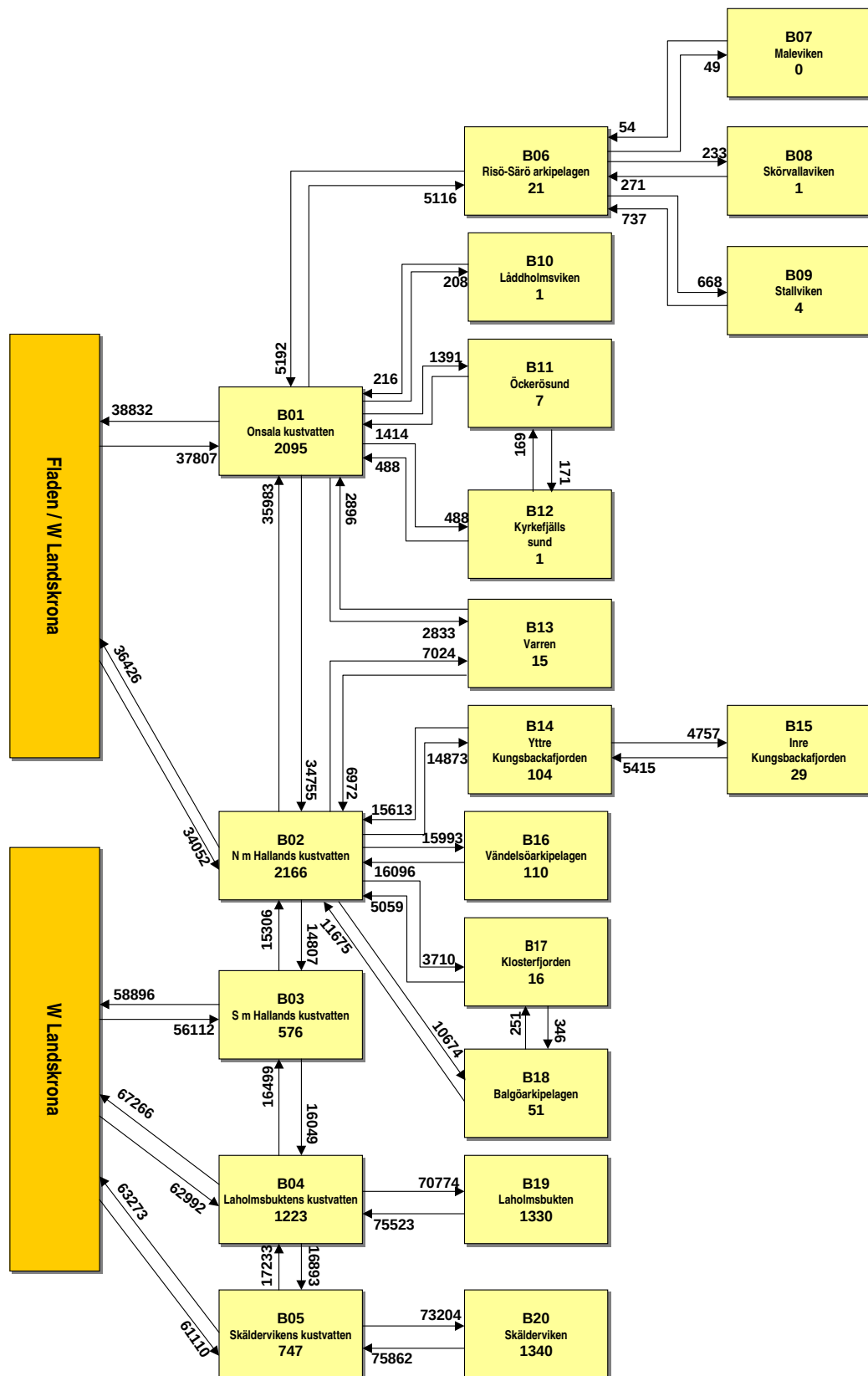
Transportberäkningar

Det är möjligt att bestämma flöden av näringsämnen mellan delbassängerna längs Hallandskusten. Här har en analys genomförts som visar flödet av total-kväve och total-fosfor i hela vattenmassan mellan delbassängerna samt transportererna mellan Kattegatt och kustzonen beräknade med hjälp av Kustzonssystemet.

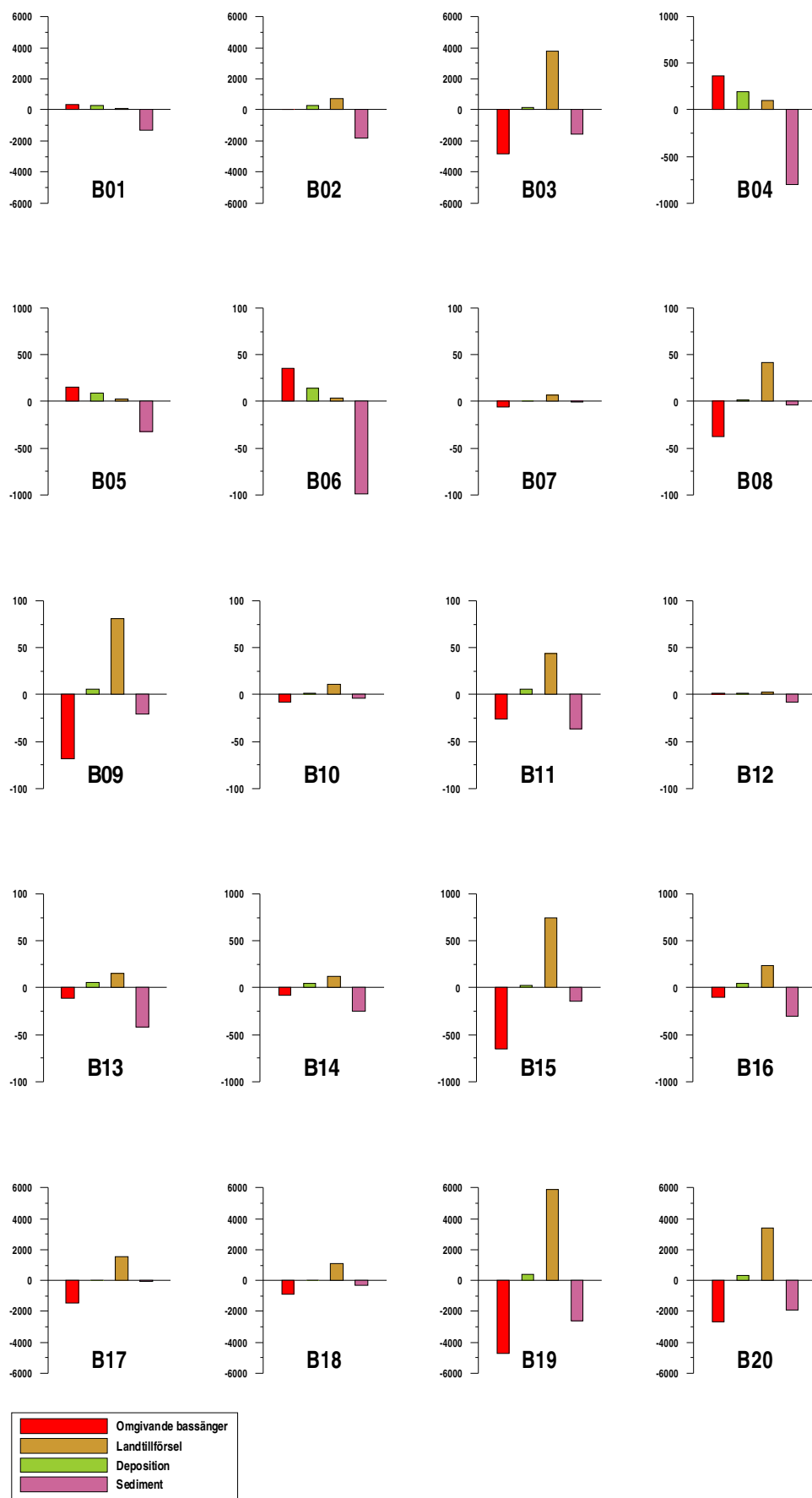
Figur 1 visar flöden av total-kväve som modellen beräknat mellan bassängerna i form av ett integrerat medelvärde i hela vattenmassan från ytan till botten för perioden 1990-2003. Beräkningar visar att det sker en nettoexport av total-kväve från kustzonen till öppna havet längs Hallandskusten. Trots detta har vi sett att miljötillståndet längs Hallandskusten är mycket beroende av förändringar som sker i Kattegatt och södra Östersjön på större djup eftersom utbytet styrs av gradienter mellan Kattegatt och kustvattnen, både vad det gäller densitet och koncentrationer av näringsämnen och syrgashalt.

Det är också möjligt att genomföra budgetberäkningar i varje havsområde med hjälp av Kustzonssystemet och fastställa storleken på den totala belastningen havsområdesvis. Figur 2 visar ett exempel på en sådan budgetberäkning för total-kväve i form av stapeldiagram, där varje stapel anger nettotransporter. Notera att den export som sker till sedimenten till en viss del försvinner från systemet genom denitrifikation i sedimenten, men att resterande del fortfarande är tillgänglig för systemet och kan vid vissa gynnsamma förhållanden återföras till vattenmassan.

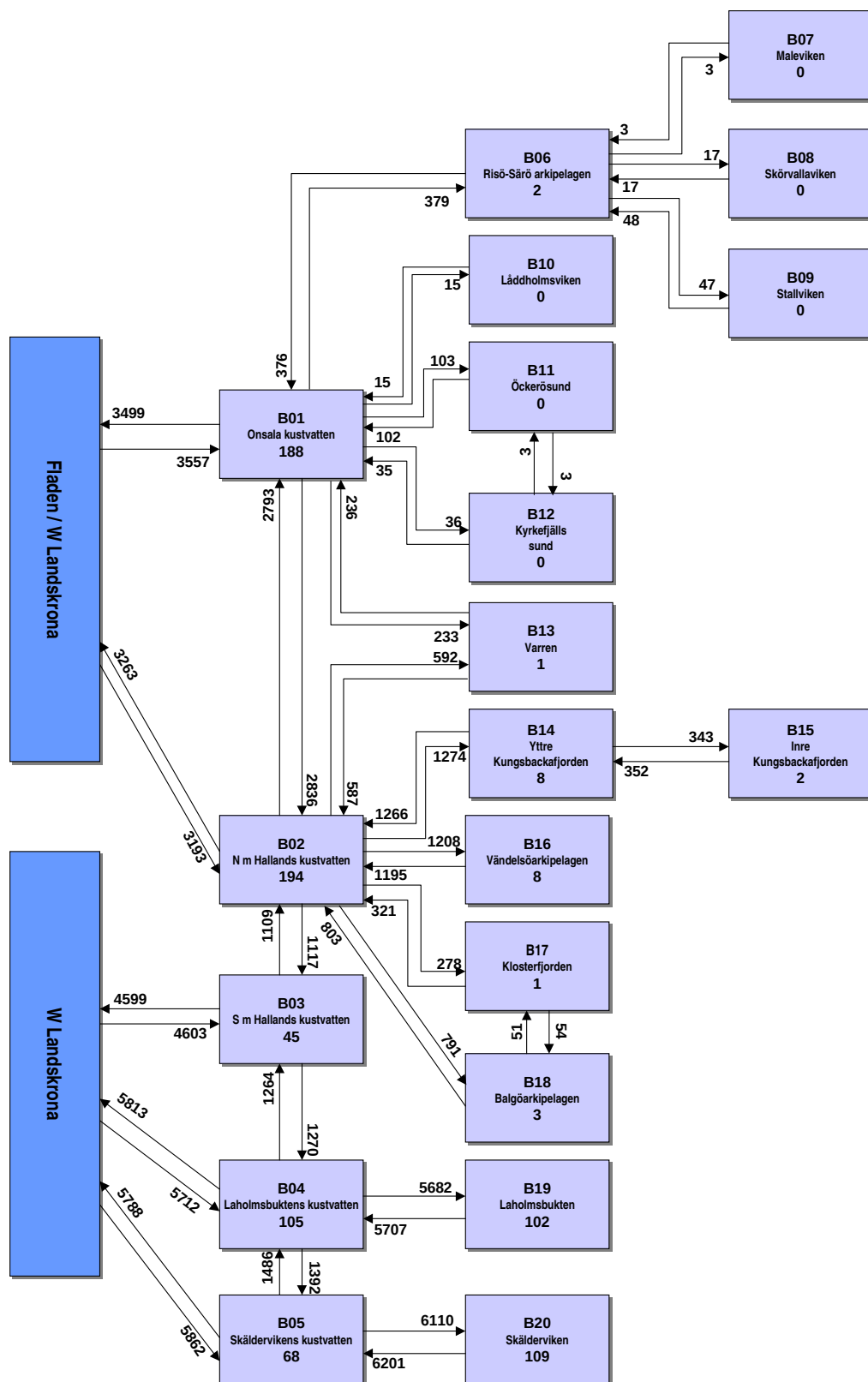
Motsvarande beräkningar för total-fosfor visar att på samma sätt som för total-kväve sker en nettoexport av total-fosfor från kustzonen till öppna havet, se figur 3. Nettotransportriktningarna är dock inte lika entydiga som för total-kvävetransportererna. Tre av de yttersta bassängerna (**B01**, **B03** och **B05**) har en nettotransport in från Kattegatt för perioden. Detta visar på det komplexa samspel som råder mellan kustzonen och omgivningen, och att det på förhand till exempel inte är givet vad åtgärder på land har för effekt på kustzonen. Med Kustzonssystemet är det dock möjligt att genomföra en konsekvensanalys av olika åtgärder.



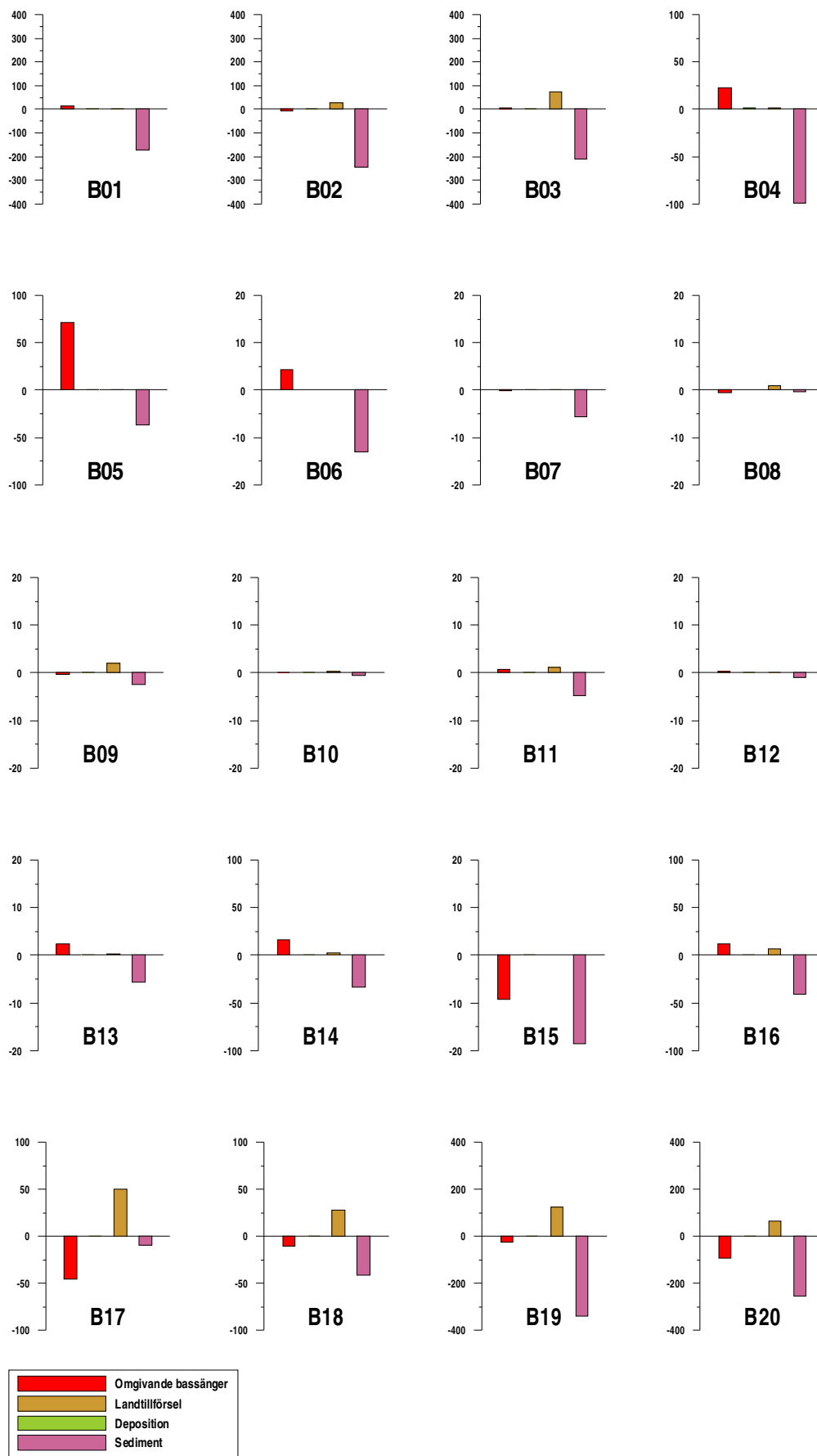
Figur 1. Flöden av total-kväve (ton/år) mellan bassängerna i Hallandskusten, beräknade med hjälp av Kustzonsmodellen. Siffran i varje bassäng anger ett årsmedelvärde av ton total-kväve i vattenmassan.



Figur 2. Nettotransporter av total-kväve till och från varje bassäng. Notera att tre olika skalor har använts beroende på att flödena varierar mycket mellan de olika delbassängerna. Positiva värden innebär import av total-kväve och negativa export.

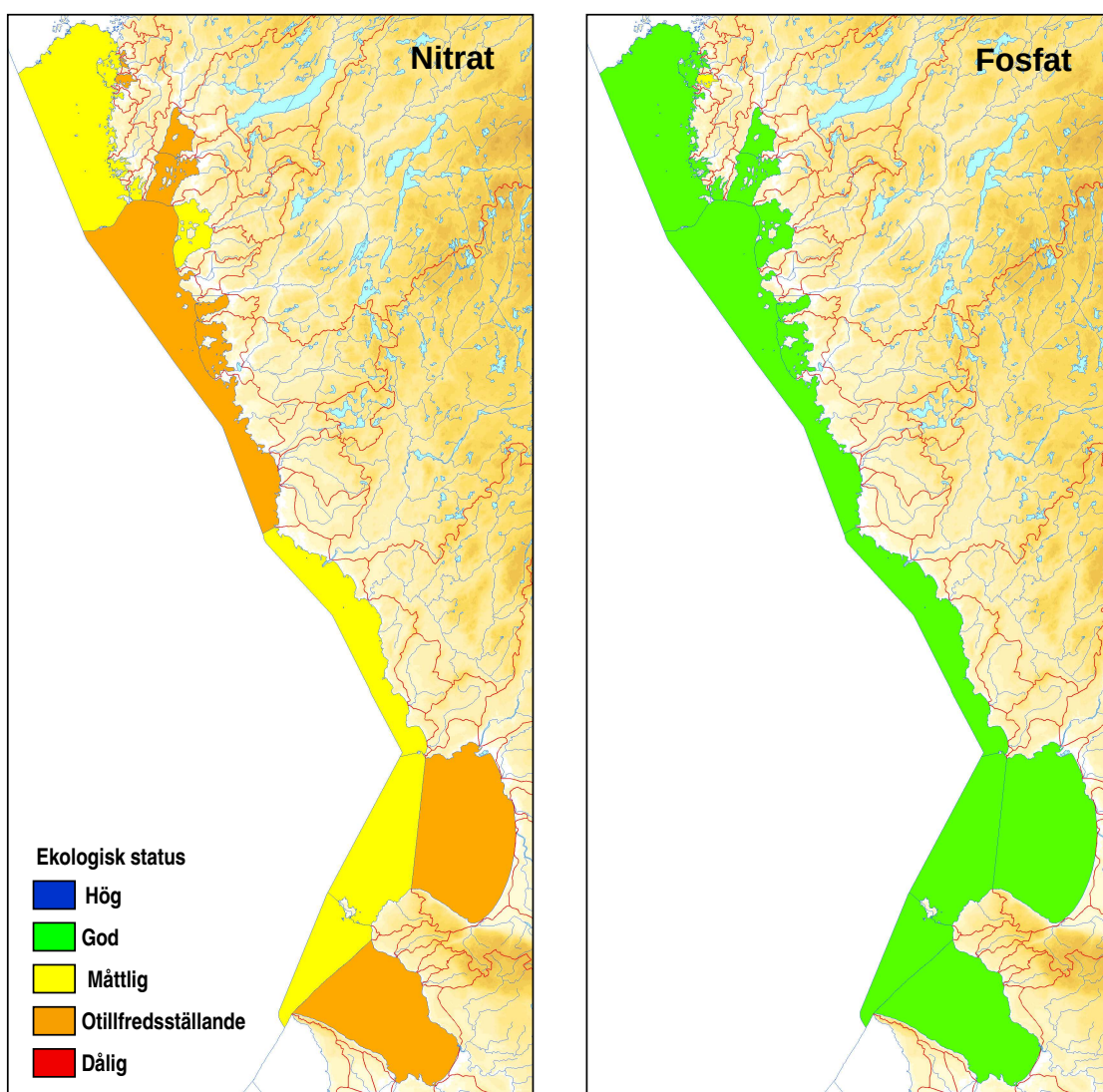


Figur 3. Flöden av total-fosfor mellan bassängerna i Hallandskusten, beräknade med hjälp av Kustzonsmodellen. Siffran i varje bassäng anger ett årsmedelvärde av ton total-fosfor i vattenmassan.



Figur 4. Nettotransporter av total-fosfor till och från varje bassäng. Notera att tre olika skalor har använts beroende på att flödena varierar mycket mellan de olika delbassängerna. Positiva värden innebär import av total-fosfor och negativa export.

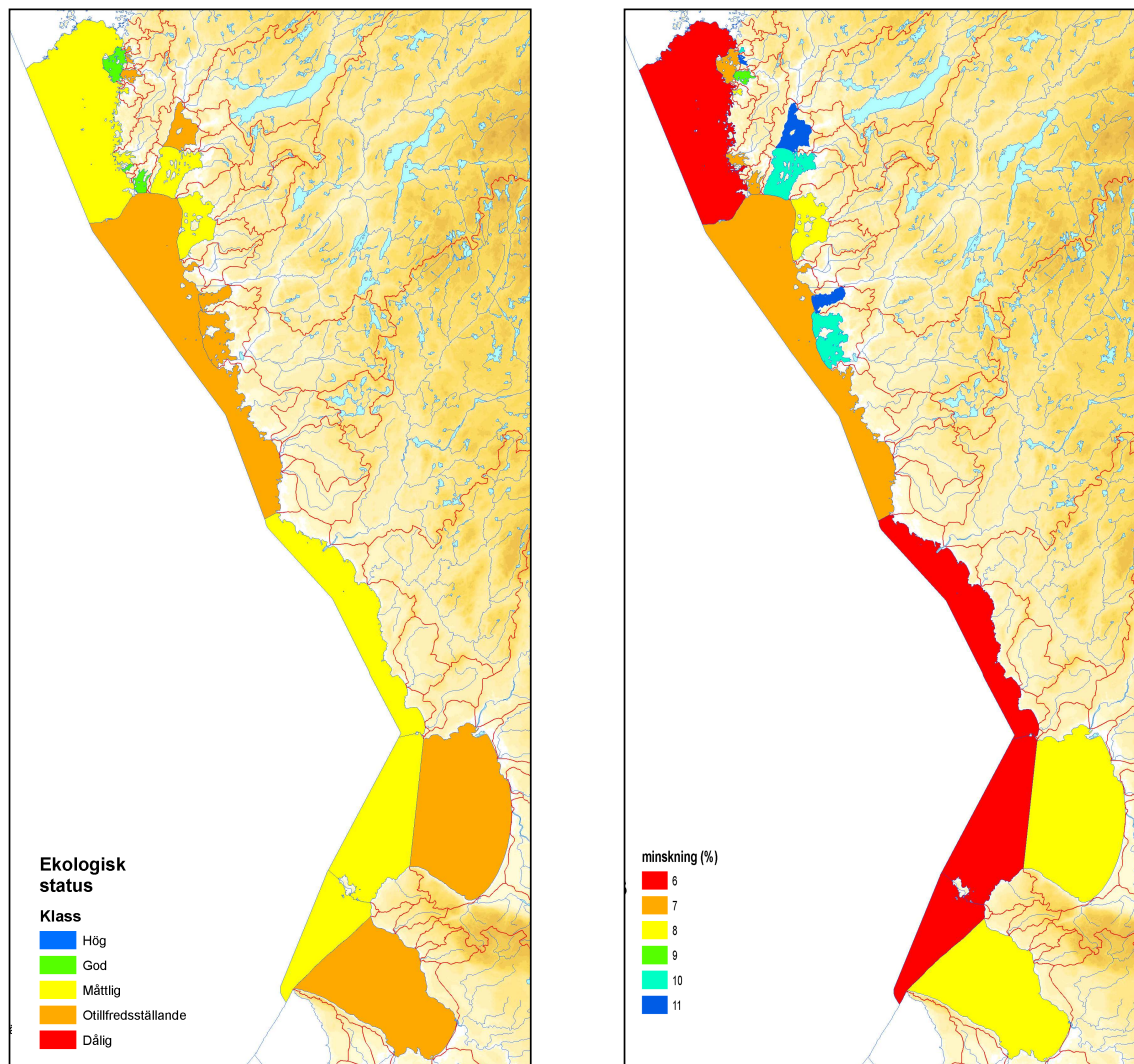
Ekologisk status



Figur 5. Ekologisk status för nitrat (till vänster) och fosfat (till höger) beräknat med hjälp av Kustzonssystemet för perioden 1990-2003. Klassningen avser vintervärden i ytan, dvs integrerade värden för de 10 översta metrarna under januari och februari. Klasserna baseras på typindelningen av svenska övergångs- och kustvatten enligt Ramdirektivet för Vatten.

Med Kustzonssystemets hjälp är det möjligt att beräkna den ekologiska statusen i enlighet med den typindelning som de svenska kust- och övergångsvattnen är indelade i. Då Kustzonssystemet baseras på samma havsområdesindelning som ligger till grund för rapporteringen 2005 inom EUs ramdirektiv för vatten är det möjligt att fastställa den ekologiska statusen för varje havsområde. Här visas ett exempel på analys av den ekologiska statusen genomförd för hela simuleringsperioden 1990-2003 för ytvattnets vintervärden av nitrat och fosfat. Analysen visar att den ekologiska statusen för fosfat är god i hela området, undantaget Stallviken (**B09**) där Kustzonssystemet fastställt den ekologiska statusen till måttlig. För nitrat varierar den ekologiska statusen mellan måttlig och otillfredsställande längs Hallandskusten.

Scenarioberäkningar



Figur 6. Scenarioberäkningar genomförda för Hallandskusten baserade på att reduktionen av kvävebelastning från land reducerats med 20% för perioden 1990-2003. Vänster karta visar ekologisk status för nitrathalten i ytvatten (0-10m), vintervärden, och högra kartan visar procentuell minskning av nitrathalten i ytvattnet för samma scenarioberäkning.

Konsekvensanalyser av olika åtgärder är också möjligt att genomföra med hjälp av Kustzonssystemet. Här visas ett exempel på en sådan analys, där ett scenario baserat på de miljömål som finns vad det gäller kvävebelastning från land. Miljömålet säger att den antropogena kvävebelastningen från land skall reduceras med 30%. Detta motsvarar uppskattningsvis ungefär 20% reduktion av den totala belastningen från land längs Halladskusten. Om dessa åtgärder (inte sagt genom vilka åtgärder miljömålen skall uppfyllas) hade genomförts 1990, så visar modellberäkningar att den ekologiska statusen vad det gäller vintervärden av nitrat inte skulle förändras nämnvärt, karta till vänster figur 6. God ekologisk status skulle uppnås i de små havsområdena, Risö-Särö arkipelagen (B06), Kyrkefjälls sund (B12) samt Varren (B13), om ovan beskrivna reduktion genomförts. Även i yttre Kungsbackafjorden (B14) skulle den ekologiska statusen förbättras till att klassas som måttlig. Kartan till höger i figur 6 visar den procentuella minskningen av ytvattnets (10 översta metrarna) nitrathalt vid samma scenarioberäkning. Eftersom Hallandskusten är så pass öppen mot Kattegatt minskas effekten av lokala/regionala åtgärder i dess kustvatten, då dessa vatten har ett stort och effektivt utbyte med Kattegatt. Det innebär också att det inte är rimligt att anta att god ekologisk status är

möjlig att uppnå längs Hallandskusten, vad det gäller nitrathalt under vintern, enbart genom lokala åtgärder. Förutsättningen för att uppnå god ekologisk status längs Hallandskusten är att tillståndet i Kattegatt förbättras.

Modellansats

Kustzonsmodellen är en s.k. en-dimensionell modell med hög vertikal upplösning. Det innebär att modellen beräknar den vertikala variationen av sina modellvariabler, men är horisontellt homogen. För att beräkna den horisontella variationen, delas modellområdet in i olika delbassänger, där modellen löses separat. Ambitionen är att modellens bassängindelning skall följa havsområdesregistret i Svenskt Vattenarkiv. Genom att beskriva varje delbassängs vertikala volymsvariation fångas dess geografiska egenskaper. Bassängernas förbindelser med varandra beskrivs schematiskt i figur 13. Förbindelsen mellan delbassängerna benämns sund och betecknas **S01- S27**. Varje sund motsvarar den sammanlagda förbindelsen mellan delbassängerna. Härigenom sker vattenutbytet mellan delbassängerna. Storleken på utbytet genom varje sund bestäms bl.a. av sundets tvärsnittsgeometri. Geometrin för varje enskilt sund har fastställts utifrån digitala sjökort, och finns publicerade i SMHI rapporten *Djupdata för havsområden 2003* (SMHI Oceanografi Nr 73, 2003), vilken är en del i Svenskt Vattenarkiv. Varje sunds tvärsnittsarea och maximala djup har kontrollerats manuellt utifrån vanliga sjökort.

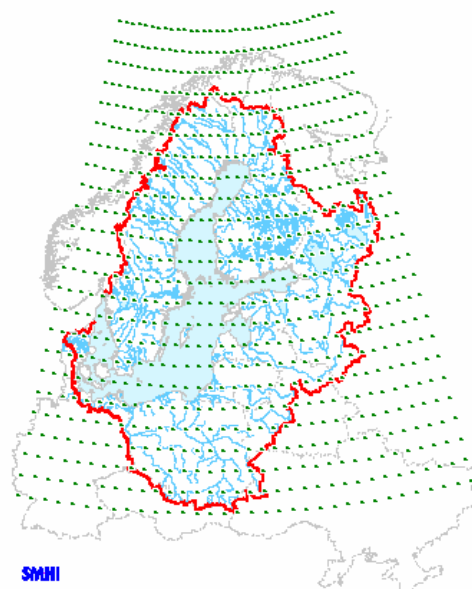
Kustzonsmodellen är en kopplad hydrodynamisk/biogeokemisk modell, där fysiken i systemet såsom omblandning, uppvärmning/avkylning, vattenutbyte etc. beräknas av den endimensionella modellen **PROBE**. De grundläggande biogeokemiska processerna beräknas av den biogeokemiska modellen, **SCOB**I, som härigenom beskriver dynamiken av näringsämnen (nitrat, ammonium och fosfat), växtplankton och syrgas. Dessutom tar **SCOB**I-modellen hänsyn till de utbyten som sker av näringsämnen mellan vattenmassan och havsbotten. Mer information om **PROBE** och **SCOB**I finns i Svensson (1998) och Marmefelt m.fl. (2000).

Drivdata

Kustzonsmodellen utgör en del i ett integrerat modellsystem, Kustzonssystemet, i vilket modellen är kopplad till hydrologiska och atmosfäriska modeller. Dessa modeller utgör drivningen av systemet både vad avser fysiken och biogeokemin i den mån modelldata finns tillgängliga för den långa tidsperiod vi valt att studera. I annat fall har modellbaserade drivdata kompletterats med observerade data.

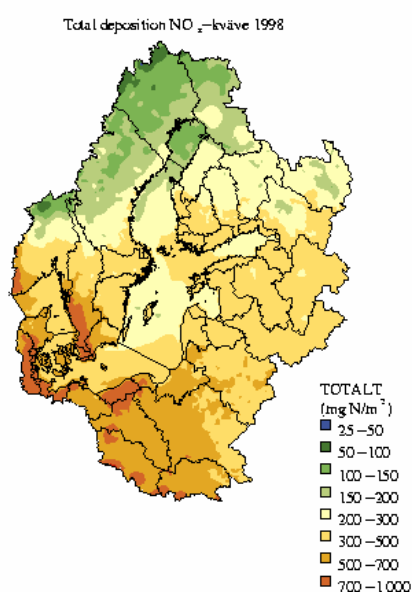
Atmosfär

SMHI förfogar över en meteorologisk databas, vilken täcker hela Östersjöns och Västerhavets tillrinningsområde. Databasen baseras på data från olika mätstationer från 1970 och framåt. Data är griddade i $(1 \times 1)^\circ$ rutor var tredje timme. Från denna databas har vi erhållit vindhastighet, lufttemperatur, relativ luftfuktighet samt total molnighet, parametrar som krävs för att beräkna avkylning/uppvärmning, omblandning, planktontillväxt etc. i kustzonsmodellen. Väderdata är hämtade från en ruta vars mittpunkt har positionen latitud **56,5°N** longitud **12,5°O**, vilken bäst representerar väderförhållandena längs Hallandskusten.



Figur 7. Den meteorologiska databasen täcker Östersjöns och Västerhavets tillrinningsområde.

Kustzonsmodellen beaktar även deposition av oorganiskt kväve och fosfor från atmosfären. Till vår hjälp att fastställa depositionen av reducerat och oxiderat kväve har vi använt oss av depositioner beräknade av **MATCH** (Multiscale Atmospheric Transport and Chemistry Model) modellen. Eftersom den biologiska produktionen i kustzonen varierar under året beroende på bl.a. temperatur, tillgång av ljus och näringsämnen är det viktigt att källorna till modellen har en årstidsvariation. **MATCH** modellen har beräknat månatlig deposition av oxiderat och reducerat kväve för perioden 1998-2002. För resterande delen av simuleringsperioden har ett årsmedelvärde av depositionen beräknats utifrån tillgängliga data. Därefter har, under antagandet att mesta delen av depositionen sker medels sk. våtdeposition, årsmedelvärdet viktats mot den månatliga nederbörden för området. Nederbördsdata är hämtade från ovan nämnda meteorologiska databas. SMHI har planer på att inom en snar framtid köra om **MATCH** modellen för perioden 1990 och framåt. Därefter kommer månadsvärden att bli tillgängliga direkt från modellen.



Figur 8. **MATCH**-modellen täcker hela Östersjöns och Västerhavets tillrinningsområde. Här visas totala depositionen av reducerat kväve för 1998.

Atmosfärisk deposition av fosfat beräknas inte av **MATCH**-modellen. Istället har vi använt oss av ett konstant värde på 0.5 kg/(km²·mån) baserat på Areskoug (1993).

Land

Metodik och data

Vid uppsättning av kustzonsmodellen skall tillrinningen och halter av kväve- och fosforfraktioner i tillrinningen till varje delbassäng beräknas så bra som möjligt. Med minimerad osäkerhet i beräknad tillrinning och tillförsel av näringsämnen förbättras förutsättningarna för att modellen skall kunna kalibreras på rätt sätt och då ökar också förutsättningarna för att modellen skall ge trovärdiga resultat i samband med beräkning av scenarier.

För varje kustvattenbassäng definieras tillrinningsområden. Utsläppskällor för kväve och fosfor identifieras. Transporter av kväve och fosfor beräknas för definierade områden genom multiplikation av vattenflöde med halt. Alla transporter och utsläpp av kväve och fosfor summeras per bassäng och därefter beräknas halten i tillrinningen till varje bassäng genom att summerad transport divideras med summerad vattenföring till respektive bassäng.

För större vattendrag där det finns vattenföringsstationer nära mynningen i havet används dygnsmedelvattenföring från mätstationerna. För mindre vattendrag och i vattendrag där **HBV**-modellen ger bra resultat används modellberäknade data. I Hallandsmodellen har enbart använts dygnsmedelvattenföring som räknats fram med den HBV-modell som används inom TRK-projektet (Brandt & Ejhed 2002).

De bästa skattningarna av kväve- och fosforhalter erhålls i vattendrag där det finns miljöövervakning med frekvent provtagning och analys av vattenkemi inklusive oorganiska fraktioner av kväve och fosfor. I dessa fall beräknas haltvärden för varje dygn med linjär interpolation mellan mätvärden. I tillrinning från områden där data saknas skattas halter med hjälp av information om markfördelning inom avrinningsområden och uppgifter om halter som uppmätts inom områden med likartad markfördelning. Vid uppsättning av modellsystemet för Halland beräknades inte markanvändningen för avrinningsområdena. Halter i avrinning från mindre vattendrag och mindre områden utan definierade vattendrag antogs vara de samma som uppmätts i näraliggande mindre vattendrag med visuellt likartad markdominans av öppen mark, tätort respektive skog. Vid val av representativa mätdata prioriterades stationer med långa tidsserier och med mätning av såväl totalhalter som oorganiska fraktioner av kväve och fosfor.

Uppgifter om utsläpp från punktkällor har erhållits från Länsstyrelsen. Dataunderlaget har utgjorts av totala mängder av kväve och fosfor som släppts ut under vissa år. En komplett tidsserie för utsläppsmängder har skapats genom interpolering mellan mätvärden eller antaganden om oförändrade förhållanden. Oorganiska fraktioner i utsläpp har beräknats med hjälp av schabloner som i bästa fall baserats på uppgifter från Länsstyrelsen.

Halter i tillrinning från landområden

Tidsserier med halter av kväve och fosfor i tillrinnande vattendrag erhöles från Länsstyrelsen i Halland och Länsstyrelsen i Skåne. Dessa data kompletterades med data från stationen Klippan i Rönne å och dessa data hämtades från nationell datavärd inom övervakning av sötvatten (Institutionen för miljöanalys, SLU, Uppsala, www.ma.slu.se). Mätdata finns i många av tidsserierna från prov tagna en gång per månad. Genom linjär interpolering mellan mätobservationer genererades dygnsvärden, som multiplicerades med vattenföring för att få dygnsvisa ämnestransporter.

De enligt ovan beräknade transporter summerades för varje bassäng och därtill adderades de årliga utsläppsmängder (direktutsläpp till kustbassängerna), som tagits fram enligt separat utredning. Summerade dygnstransporter av kväve- och fosforfraktioner dividerades med vattenföringen till varje bassäng så att dygnsvisa halter erhöles för varje bassäng. Dessa halter och summerad vattentillrinning till varje bassäng utgjorde indata till kustzonsmodellen.

Mätdata med uppgifter om halter av kväve och fosfor användes för 16 vattendrag enligt Tabell 1.

För övrig tillrinning från områden som inte täcks in av miljöövervakningsstationer användes tidsserier för kväve- och fosforhalter från två miljöövervakningsstationer:

1. Mätdata från Lindhov i Himleån användes vid beräkning av kväve- och fosfortillförsel från övriga områden till bassängerna B01, B02 samt till bassängerna B06 – B18.
2. Mätdata från Trönninge i Trönningeån användes vid beräkning av kväve- och fosfortillförsel från övriga områden till bassängerna B03, B04, B05, B19 och B20.

Tabell 1. Vattendrag som mynnar i modellområdet och där mätdata för kväve- och fosforhalter använts vid beräkning av tillförsel till modellområdets kustvattenbassänger. Miljöövervakningsstationernas namn anges i tabellen.

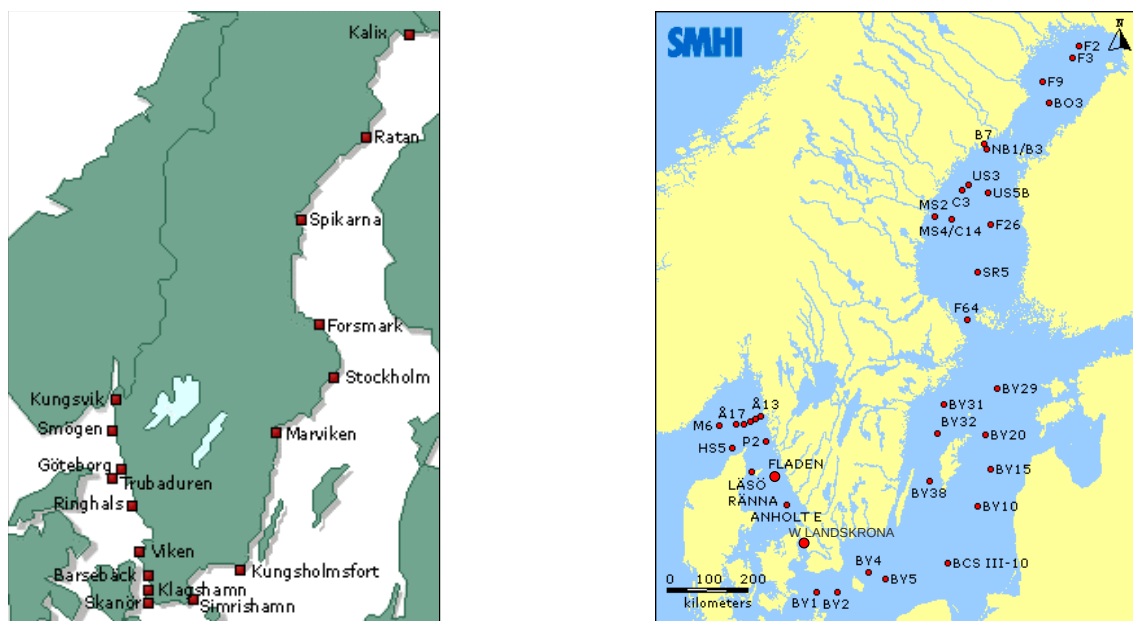
Vattendrag enligt SVAR	Till bassäng nr	Provtagningsstation
Lagan	B19	Laholm + Mellby
Ätran	B03	Falkenberg
Nissan	B19	Slottsmöllan
Viskan	B17	Åsbro
Rönne å	B20	Klippan
Rolfsån	B15	Rolfsbro
Vege å	B20	Strövelstorp
Suseå	B03	Uddaveka
Fylleån	B19	Fyllebro + Trönninge
Kungsbackaån	B15	Heden
Stensån	B19	Riviera
Genevadsån	B19	Tönnersta
Himleån	B18	Lindhov + Krogen
Löftaån	B16	Löftabro
Tvååkers kanal	B02	Utters
Nyrebäcken	B03	Tylösand

Uppgifter om utsläpp direkt till kustbassängerna från kommunala avloppsreningsverk och industrier erhöles från Länsstyrelsen i Halland, Länsstyrelsen i Skåne samt från Båstads kommun. I beräkningarna ingår utsläpp från 11 kommunala avloppsreningsverk och 2 industrier. I modelluppsättningen finns det direktutsläpp till 8 av bassängerna. Tidsserier med årliga utsläppsmängder 1990-2003 för totalhalter av kväve och fosfor erhöles för de flesta utsläppen. Dessa uppgifter erhöles från Länsstyrelsen i Hallands län. Det fanns tillgång till färre data från utsläppen i Skåne. I dessa fall skapades tidsserier med årliga utsläppsmängder genom interpolering mellan åren och genom att anta att utsläppen

inte förändrats mellan år. Andelen nitrat, ammonium och fosfat antogs vara 30 % av totalkväve respektive totalfosfor, utom för utsläpp av ammonium från kommunala avloppsverk. I det fallet antogs att ammonium utgör hälften av totalkväveutsläppet. De genererade årliga utsläppen fördelades lika på årens dagar och adderades till övriga beräknade transporter från landområden till respektive bassäng.

Öppna havet

Tillståndet i kustzonen är starkt kopplat till tillståndet i öppna havet. Utbytet mellan kustzonen och öppna havet styrs i första hand av densitetsskillnader mellan öppna havet och kustzonen. Det är också möjligt att ta hänsyn till vinddrivna transporter i syfte att fånga uppvällningsområden längs kusten. Längs Hallandskusten förekommer ingen uppvällning, varför utbytet med öppna havet ej påverkas av vinden i modellen.



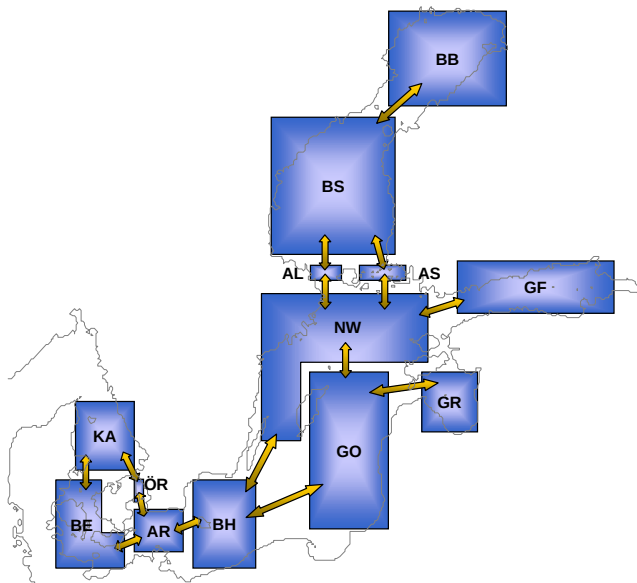
Figur 9. Havsvattenståndsstationer längs Sveriges kust (kartan till vänster) och mätstationer där provtagningar sker kontinuerligt och som finns tillgängliga i **SHARK**.

Havsvattenståndet mäts dagligen på ett antal stationer runt Sveriges kust, se figur 9. För att få en så bra drivning som möjligt är det viktigt att välja en station som ligger väl placerad i förhållande till det kustavsnitt som skall modelleras. Stationerna Ringhals och Viken ligger vid norra respektive södra gränsen av modellområdet, varför ett medelvärde från dessa båda stationer har använts till att driva Kustzonsmodellen.

Även vad det gäller att bestämma densitetsskillnader mellan kustzonen och öppna havet är det viktigt att det finns data av salthalt och temperatur tillgängligt från en station med en så tät mätserie som möjligt under en så lång period som möjligt och lokaliserad så nära det kustavsnitt som studeras som möjligt. De hydrografiska skillnaderna mellan öppna havet och kustzonen medför att det ofta är frågan om stora transporter mellan öppna havet och kustzonen, vilket får till följd att miljötillståndet i kustzonen är starkt kopplat till miljötillståndet i öppna havet. Det är därför av yttersta vikt att mätprogrammet vid den station som används för utsjödrivning även inkluderar biogeokemiska variabler såsom nitrat-kväve (NO_3), ammonium-kväve (NH_4), fosfat-fosfor (PO_4), klorofyll-a (chl_a) och syrgas (O_2). Det är ofta problem med att finna en utsjöstation som uppfyller alla de krav som kustzonsmodellen är beroende av för att ge tillförlitliga resultat. Tidsserierna från mätstationerna är ofta sporadiska, för korta, mätstationer läggs ner, ersätts med andra etc.

Ett sätt att övervinna dessa problem är att ersätta den observationsberoende drivningen från öppna havet med resultat från en utsjömodell.

Förutsättningarna för att en utsjömodell skall utgöra en bättre drivning av Kustzonsmodellen än observationer är att modellen kan beskriva både den vertikala och den horisontella variationen av modellens variabler på ett bra sätt. Det allra bästa hade varit att ha en tredimensionell modell med hög upplösning både vertikalt och horisontellt. Det skulle kräva oerhörd mycket datorkraft för att köra en sådan modell under en så pass lång tidsperiod, som det är frågan om i detta fall. Ett betydligt enklare sätt är att använda sig av en kopplad boxmodell av samma typ som Kustzonsmodellen, men som är applicerad i hela Östersjösystemet (Kattegatt inkluderad). Modellen kallas **PROBE-Baltic** och delar upp Östersjösystemet i 13 delbassänger.



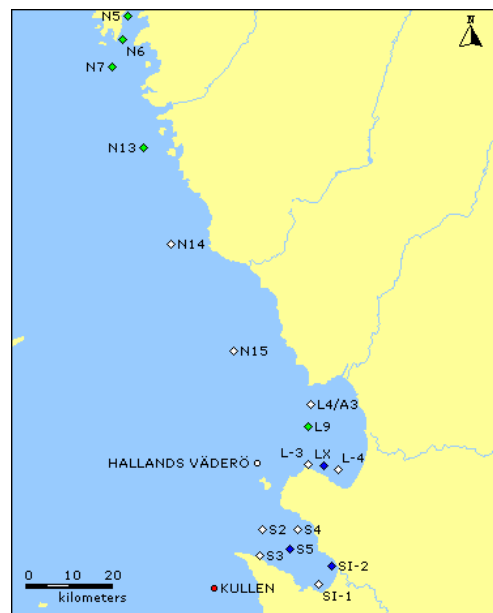
Figur 10. Schematisk bild över PROBE-Baltics modellområde.

PROBE-Baltic har en hög vertikal upplösning, där de 40 översta metrarna är indelade i 1 m djupa skikt, fransett de allra översta 4 m som endast är 0,5 m djupa. **PROBE-Baltic** beräknar precis som Kustzonsmodellen ett horisontellt medelvärde för varje bassäng. I syfte att i möjligaste mån fånga de horisontella gradienter som förekommer i Kattegatts östra del utefter Hallandskusten har **PROBE-Baltic** modellen anpassats efter uppmätta data genom sk. data assimilation. Två stationer har fått representera förhållandena utanför Hallandskusten, station **Fladen** i norr och station **W Landskrona** i söder.

Det är framförallt de biogeokemiska förhållandena i kustvattnen som fått styra valet av utsjöstationer. Perioder med låga syrgashalter är ofta förekommande längs botten i mellersta och södra delarna av Kattegatt. Samtidigt med dessa perioder av låga syrgashalter utefter botten i öppna havet utanför Hallandskusten kan man också återfinna perioder av mycket låga syrgashalter i kustvattnen. Mycket talar för att dessa låga syrgashalter i kustvattnen härrör från öppna havet men att lokala processer ytterligare försämrar syrgasförhållandena i kustvattnen.

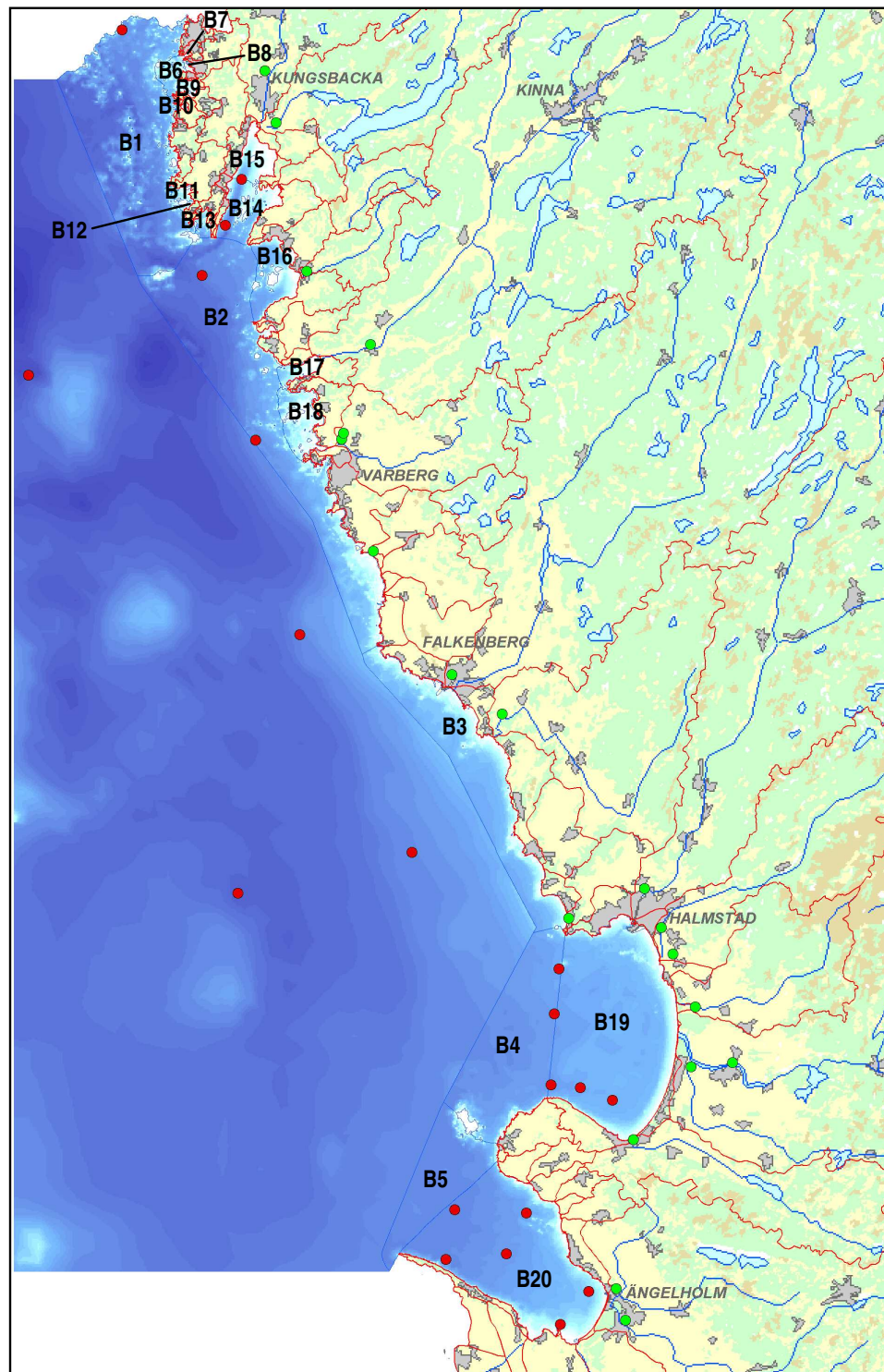
Eftersom utbytet mellan öppna havet och kustzonen är styrt av densitetsgradienter är det viktigt att välja en utsjöstation som inte är för djup, då dessa vatten i Kattegatt med låga syrgashalter återfinns närmast botten. Därför har valet av station i söder fallit på stationen **W Landskrona** och inte **Anholt E** som är alldeles för djup. Från mätningar i station **Anholt E** kan man återfinna dessa vatten med låga syrgashalter på 40 m djup, samtidigt som låga syrgashalter återfinns på 20 m längs Hallandskusten och station **W Landskrona**. Detta val av utsjödrivning får dock till följd att salthalten i modellen generellt blir för låg.

Validering av modellen



Figur 11. Stationer vilka ingår eller tidigare ingått i Hallands och nord västra Skånes kontrollprogram

Modellresultatens giltighet fastställs genom att validera dem mot uppmätta data. Längs Hallandskusten finns ett antal stationer som är väl placerade med avseende på modellvalidering. Ett dilemma är dock att modellansatsen är endimensionell och modellen därför beräknar ett horisontellt medelvärde för varje djup i varje delbassäng. Kontrollprogrammen längs Sveriges kust är ofta fastställda med avseende på speciellt känsliga områden och stationerna är påfallande ofta belägna nära utsläppspunkter (i form av vattendrag eller andra punktkällor) eller vid ett tröskelområde. Ideala placeringen av en mätstation för att användas för validering vore centralt placerad i havsområdet, gärna nära maximala djupet för havsområdet i fråga. Men, eftersom detta påfallande ofta inte är fallet, måste även denna aspekt tas i beaktande vid validering av modellens resultat.



Figur 12. Översiktskarta över hela modellområdet för Hallandskustens kustvatten. De röda punkterna markerar marina mätstationer, medan gröna punkter markerar landbaserade mätstationer.

© Lantmäteriverket 2000. Ur GSD-Höjdkurvor ärende nr M00 5986

Områdesbeskrivning

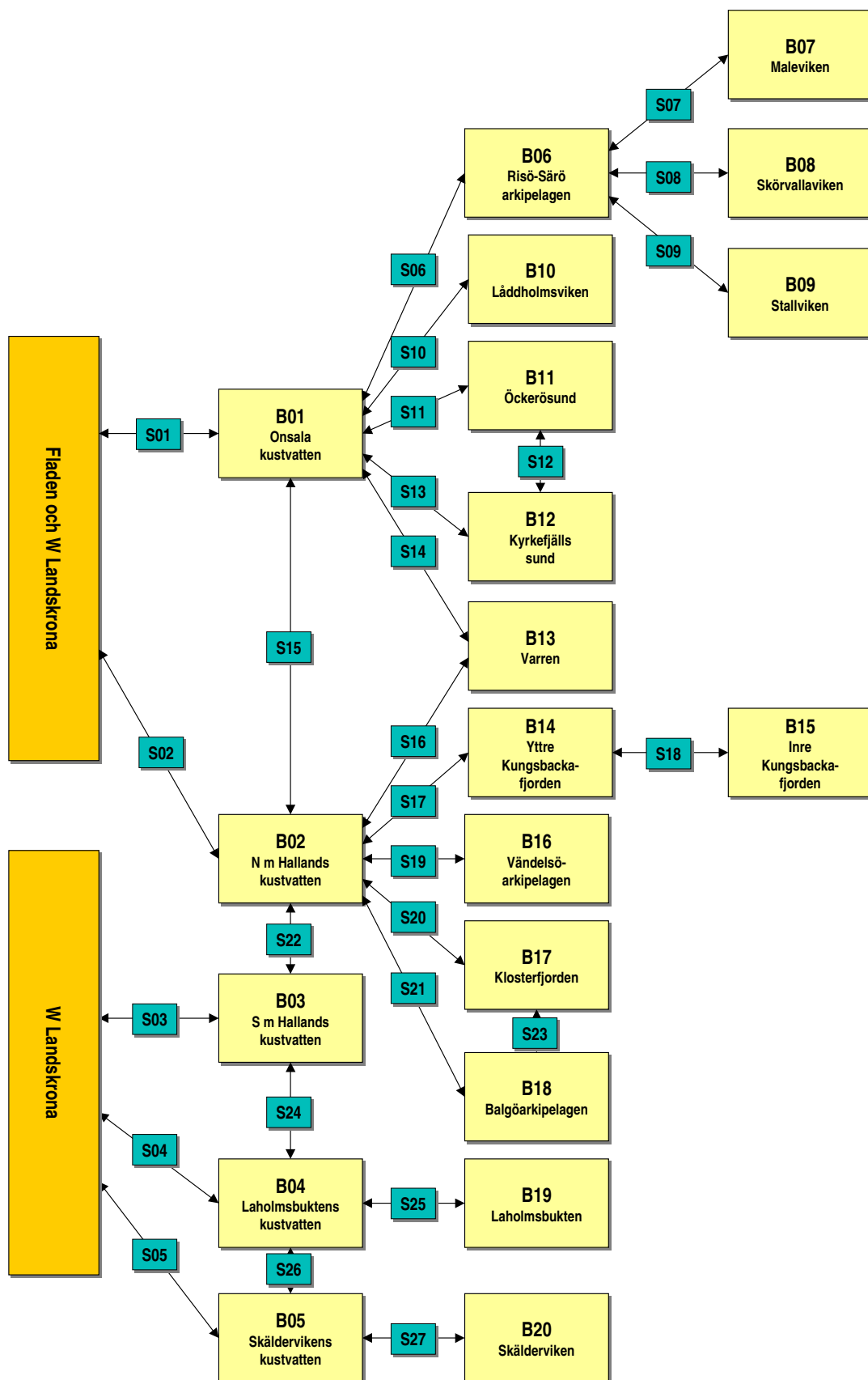
Kustzonssystemet för Hallandskusten omfattar 20 kustvattenområden med tillhörande avrinningsområden. Modelluppsättningen omfattar kustvattnen från Onsala kustvatten i norr t.o.m. Skälderviken i söder. En kartbild över hela modellområdet inklusive avrinningsområden finns på denna rapport omslagsbild och kustvattenområdets indelning i bassänger visas på kartan i figur 12.

De fem största vattendragen som mynnar i området är Lagan, Ätran, Nissan, Viskan och Rönne å (Tabell 2).

Tabell 2. De vattendrag som mynnar i modellområdet och som är definierade som huvudavrinningsområden i SVAR (Svenskt Vattenarkiv, SMHI).

Vattendrag enligt SVAR	Till bassäng nr	Avrinningsområdets areal km ²
Lagan	B19	6452
Ätran	B03	3342
Nissan	B19	2686
Viskan	B17	2202
Rönne å	B20	1897
Rolfsån	B15	694
Vege å	B20	488
Suseå	B03	450
Fylleån	B19	394
Kungsbackaån	B15	302
Stensån	B19	284
Genevadsån	B19	224
Himleån	B18	201
Löftaån	B16	132
Tvååkers kanal	B02	92
Nyrebäcken	B03	51

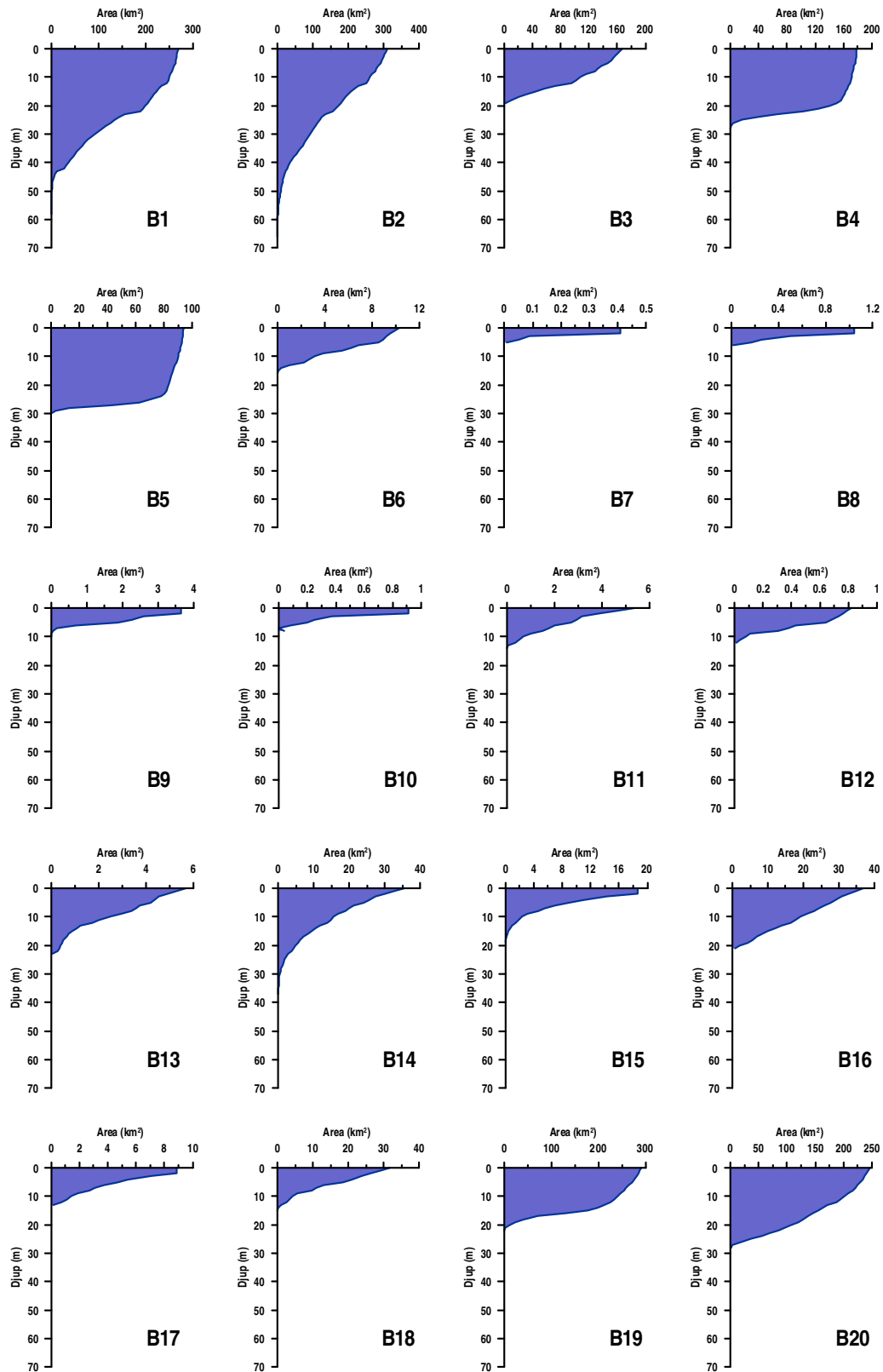
De 20 bassänger som ingår i modelluppsättningen för Hallandskusten redovisas i Tabell 1. För varje bassäng finns en angiven vattenvolym på varje nivå, se figur 14. De 27 sund som utgör förbindelsen mellan de olika bassängerna visas i Figur 15. Modellen använder en förenklad beskrivning av tvärsnittsyntans form där den viktiga aspekten är att beskriva maximala djupet samt den totala tvärsnittsyntan korrekt.



Figur 13. Schematisk beskrivning över bassängindelningen samt kopplingar mellan delbassängerna i modelluppsättningen för Hallandskusten.

Tabell 3. Modelluppsättningens bassängbeteckningar och ytareor samt tillrinningsområdenas areor. Bassängernas ytarea är från **SVAR** (Svenskt VattenArkiv). Tillrinningsområdenas area inkluderar områden på fastland och öar.

Bassäng	NAMN	Ytarea (km ²)	Tillr.omr. (km ²)
B01	Onsala kustvatten	267	29
B02	N m Hallands kustvatten	303	323
B03	S m Hallands kustvatten	160	3988
B04	Laholmsbuktens kustvatten	178	33
B05	Skäldervikens kustvatten	93	3
B06	Risö-Säröarkipelagen	10	2
B07	Maleviken	< 1	3
B08	Skörvallaviken	1	22
B09	Stallviken	4	43
B10	Låddholmsviken	1	6
B11	Öckerösund	4	23
B12	Kyrkefjälls sund	1	1
B13	Varren	5	8
B14	Yttre Kungsbackafjorden	30	59
B15	Inre Kungsbackafjorden	19	1032
B16	Vändelsöarkipelagen	33	196
B17	Klosterfjorden	9	2220
B18	Balgöarkipelagen	27	234
B19	Laholmsbukten	285	10109
B20	Skälderviken	241	2626



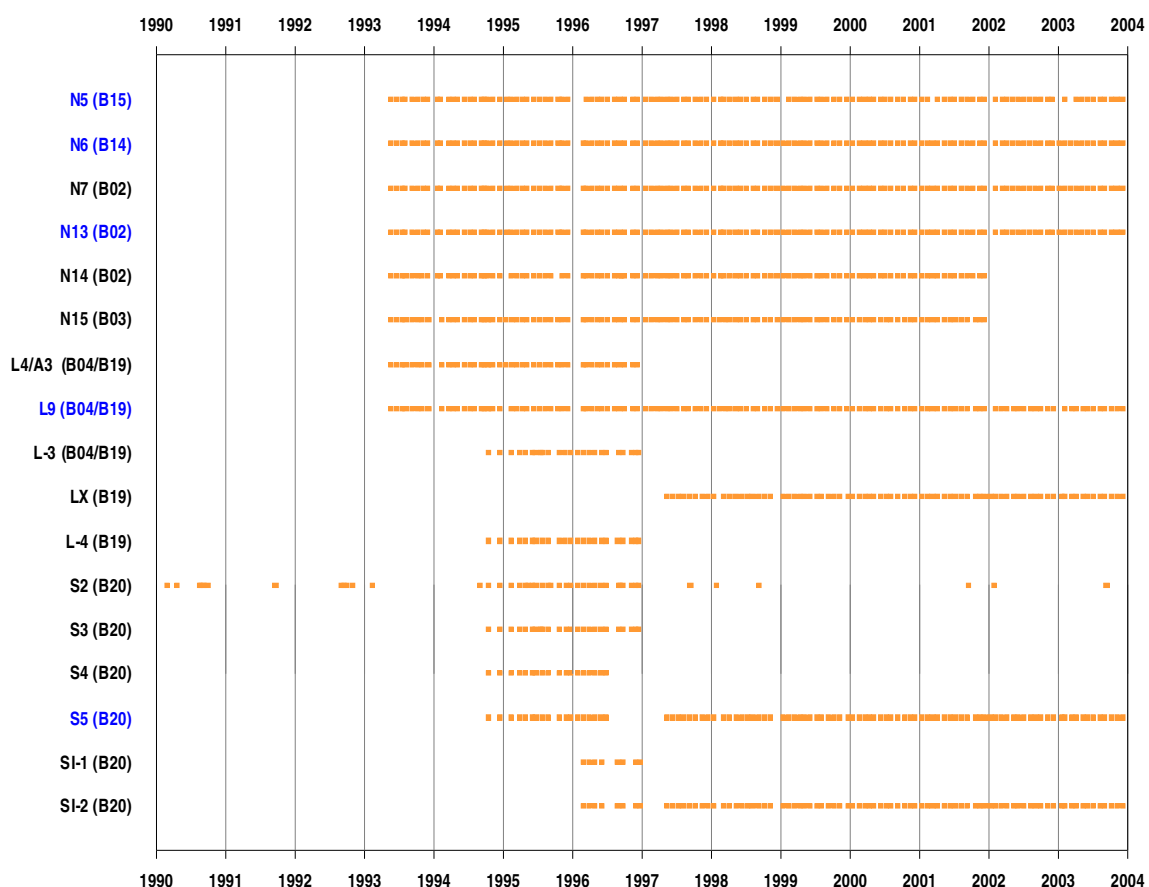
Figur 14. Area fördelningen i djupled för varje delbassäng beskrivs i sk hypsografer. Det är hypsograferna som anger varje delbassängs specifika geografiska egenskaper.



Figur 15. Schematisk bild över tvärsnittsytan för respektive sund framtaget från digitala sjökort (blå staplar), de röda symbolerna anger huruvida vi i modellen betraktar dem som triangulära eller rektangulära, magentafärgad kurva anger modellens tvärsnittsyta.

Resultat

Valideringsstationer

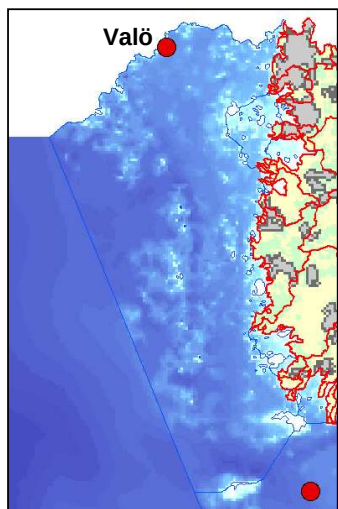


Figur 16. Mätserier vid de stationer som ingått och till viss del fortfarande ingår i Hallands och Nord västra Skånes kontrollprogram. Inom parantes anges i vilka modellbassänger som mätstationen ligger. Station L9 är belägen precis vid gränsen mellan bassängerna **B04** och **B19**, varför båda dessa bassänger finns angivna i figuren. Stationerna med blå text lämpar sig väl till valideringsstudier då deras lägen bedöms som representativa för modellbassängerna. Övriga stationer utgör av olika skäl en sämre representation av respektive modellbassäng.

I syfte att avgöra modellens riktighet och hur väl den representerar verkligheten krävs en noggrann validering, dvs. jämförelse mellan modellresultat och observationer gjorda i området.

Kontrollprogrammet längs Hallandskusten inleddes på allvar 1993, och utgörs idag av 8 stationer. De flesta av dessa stationer ligger väl till i respektive bassäng och lämpar sig väl för valideringsstudier, ett fåtal stationer ligger så till att de inte betraktas som representativa för hela havsområdet i vilket stationen är belägen. Detta gör att valideringen av modellen begränsas till de bassänger och stationer som är markerade med blå text i figur 16.

Onsala kustvatten

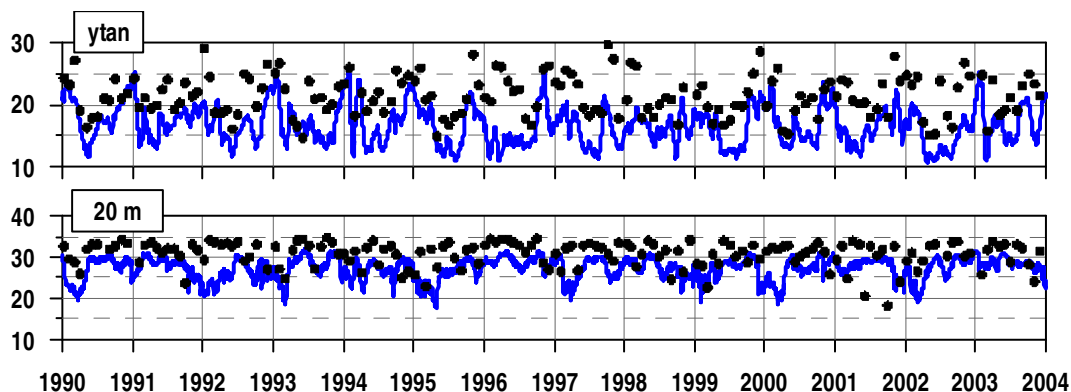


Figur 17. Hypsografisk karta över Nm Hallands kustvatten, **B01**. Positionen för stationerna **Valö** är markerad med röd punkt (från Bohuskustens kontrollprogram).

© Lantmäteriverket 2000. Ur GSD-Höjdkurvor ärende nr M00 5986.

Onsala kustvatten är den allra nordligaste bassängen i uppsättningen av Kustzonssystemet längs Hallandskusten. Station Valö ligger så långt norrut i bassängen att man inte kan förvänta sig att denna station ger ett medelvärde av förhållandena i bassängen. Förhållandena i station Valö kan förväntas vara betydligt mer påverkat av Skagerackvatten än bassängen i genomsnitt.

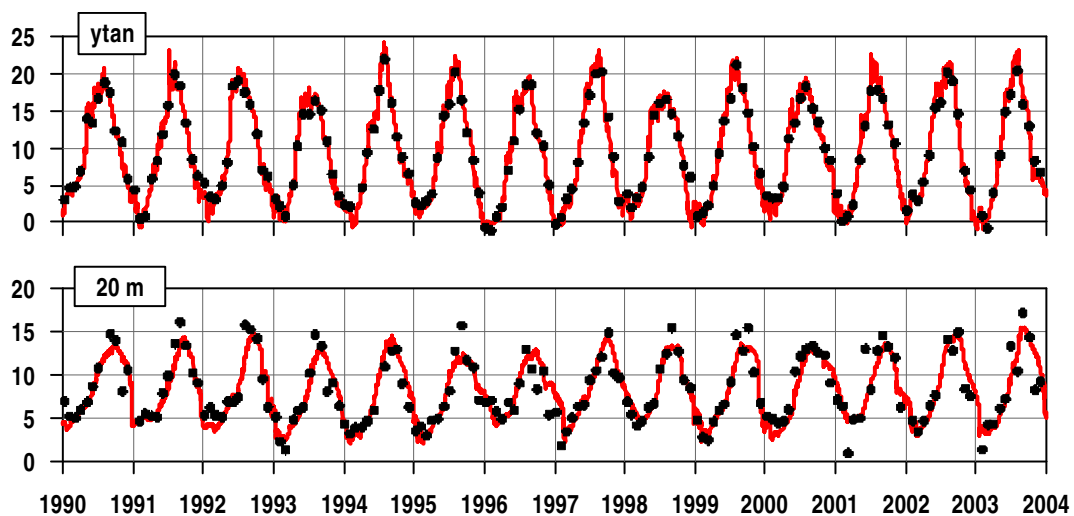
Salthalt



Figur 18. Jämförelse mellan modellerad salthalt (PSU) från **B01** och mätdata från station **Valö**. Blå linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Kustzonsmodellens salthalt visar både i ytan och på djupare nivåer lägre halter än vad Valöstationen påvisar. Salthalten i bassängen är till stora delar styrd av förhållandena i öppna havet utanför. En förklaring till avvikelserna mellan modellen och observationerna kan vara att Valö ligger betydligt nordligare än vad man kan förvänta sig att delbassängens medelhalt kan beskriva. En annan förklaring är att modellen inte får in rätt salthalt från utsjön.

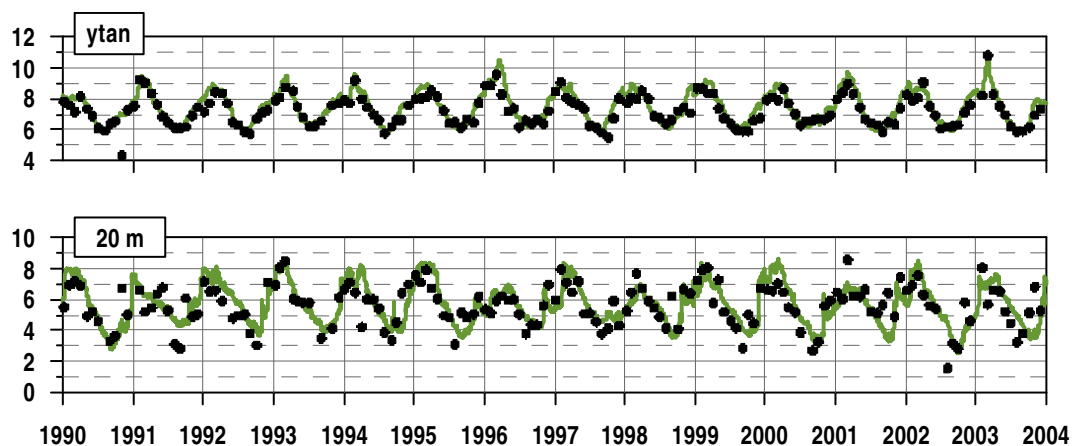
Temperatur



Figur 19. Jämförelse mellan modellerad temperatur (°C) från **B01** och mätdata från station **Valö**. Röd linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

PROBE-modellen ger i allmänhet en mycket god beskrivning av de lokala temperaturförhållandena, vilket är genomgående i alla delbassänger längs Hallandskusten.

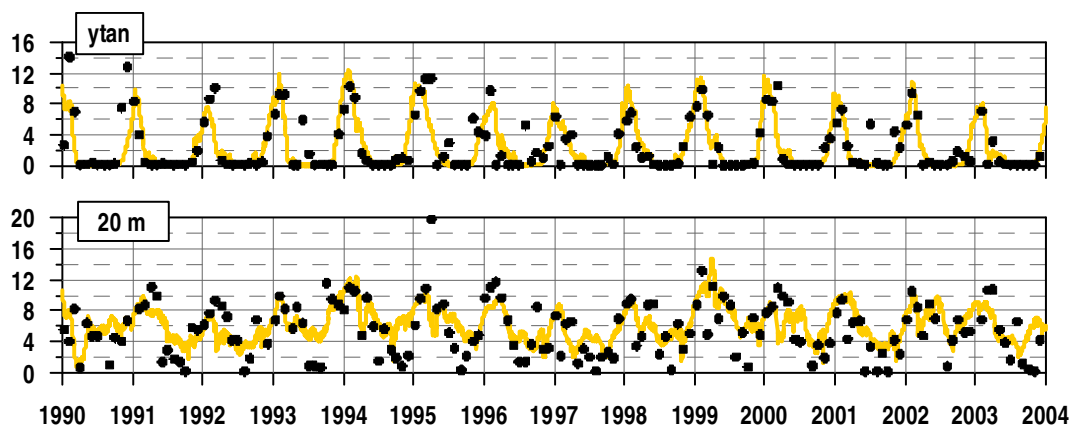
Syrgas



Figur 20. Jämförelse mellan modellerad syrgashalt (ml/l) från **B01** och mätdata från station **Valö**. Grön linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Syrgashalten i ytan är till stora delar styrd av temperaturen i ytan och följaktligen beskriver Kustzonsmodellen ytskiktets syrgasdynamik mycket bra. På större djup är förhållandena mer styrda av vattenutbyte och interna biogeokemiska processer. Periodvis återfinner man syrgashalter i station **Valö** på 3 ml/l, vilket också modellen fångar.

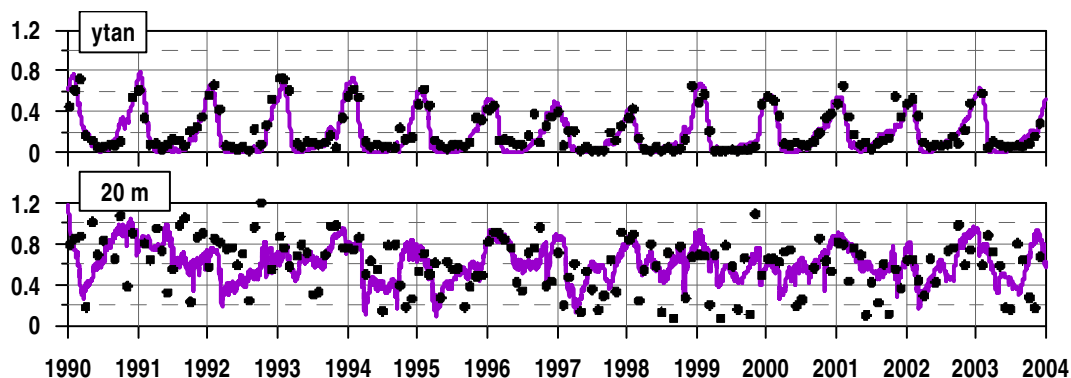
Nitrat



Figur 21. Jämförelse mellan modellerad nitrathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B01** och mätdata från station **Valö**. Gul linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Nitratdynamiken i modellen är väl beskriven. De höga vintervärdena i ytan har sitt ursprung i belastning från land. När produktionssäsongen kommer i gång under vårbloomingen sjunker nitrathalterna snabbt i modellen. På större djup visar observationer att mycket låga halter av nitrat återkommer nästan årligen fram mot sensommaren. Dessa låga nitrathalter återfinns sällan i modellen, vilket troligen hänger ihop med att utbytet är något för intensivt i djupvattnet i modellen. I övrigt stämmer dynamiken på 20 m i modellen väl med observationerna.

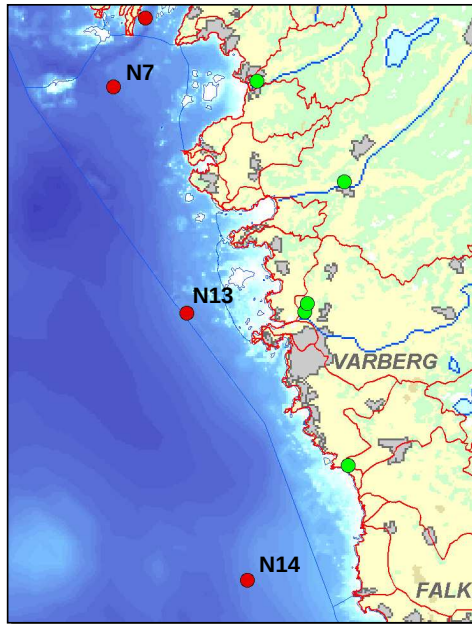
Fosfat



Figur 22. Jämförelse mellan modellerad fosfathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B01** och mätdata från station **Valö**. Lila linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Fosfatdynamiken i modellen påminner om nitratdynamiken. Modellen beskriver väl variationerna i ytan, med höga vintervärden, och den snabba konsumtionen av fosfat när produktionssäsongen kommer i gång. På 20 m nivå fluktuerar fosfathalterna betydligt mer beroende på vattenutbytet, vilket stämmer väl in i det som observationerna indikerar.

Nm Hallands kustvatten

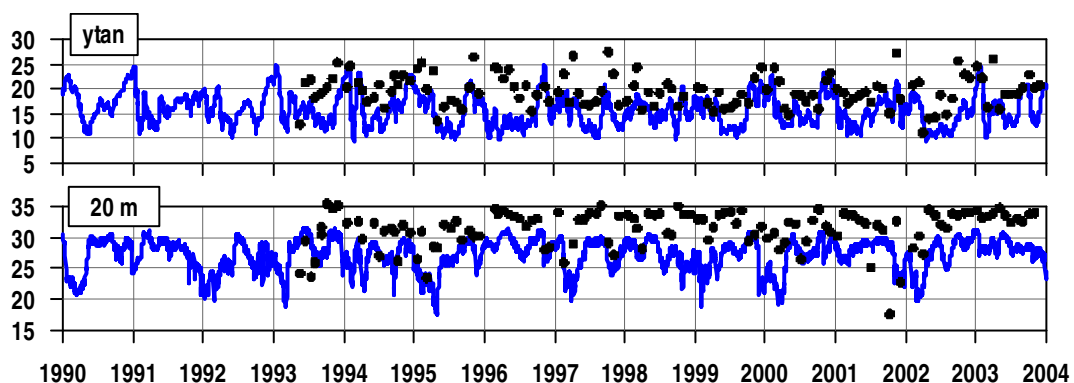


Figur 23. Hypsografisk karta över Nm Hallands kustvatten, **B02**. Röda punkter markerar positionen för stationerna **N7**, **N13** och **N14**.

© Lantmäteriverket 2000. Ur GSD-Höjdkurvor ärende nr M00 5986.

Havsområdet **NM Hallands kustvatten** är ett långsträckt havsområde som sträcker sig från Onsalahalvöns sydligaste spets i norr till Glommen i söder. Havsområdet är den djupaste delbassängen längs Hallandskusten, med ett djupområde som sträcker sig runt Onsalahalvöns kust och ett maximalt djup på 64m. I övrigt är även detta område relativt grunt. Station **N13** har ansetts representera bassängen bäst, varför valideringen av modellresultaten har skett mot denna station.

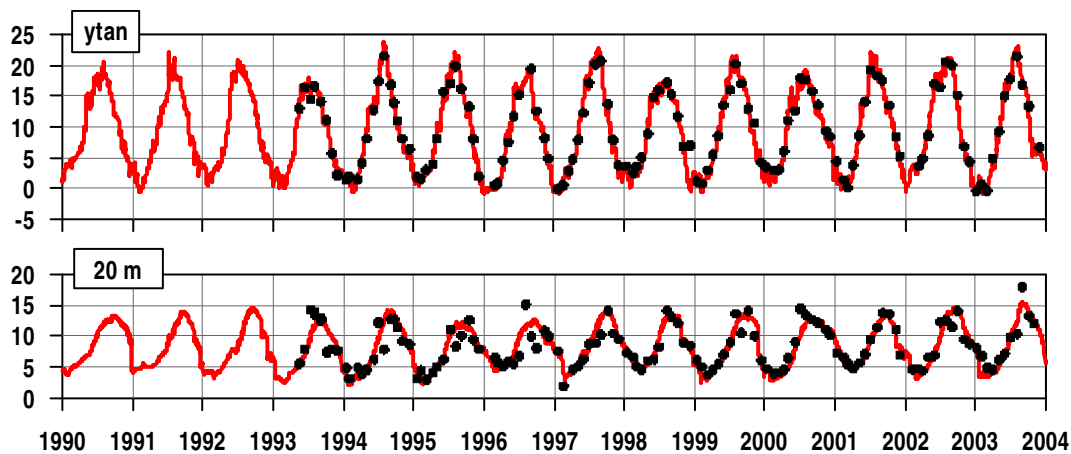
Salthalt



Figur 24. Jämförelse mellan modellerad salthalt (PSU) från **B02** och mätdata från station **N13**. Blå linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Salthalten fluktuerar mycket både i modellen och i observationerna vilket tyder på ett stort vattenutbyte med omgivande vatten. Modellens vertikala skiktning är lägre än vad observationerna antyder, vilket hänger samman med valet av drivning från öppna havet.

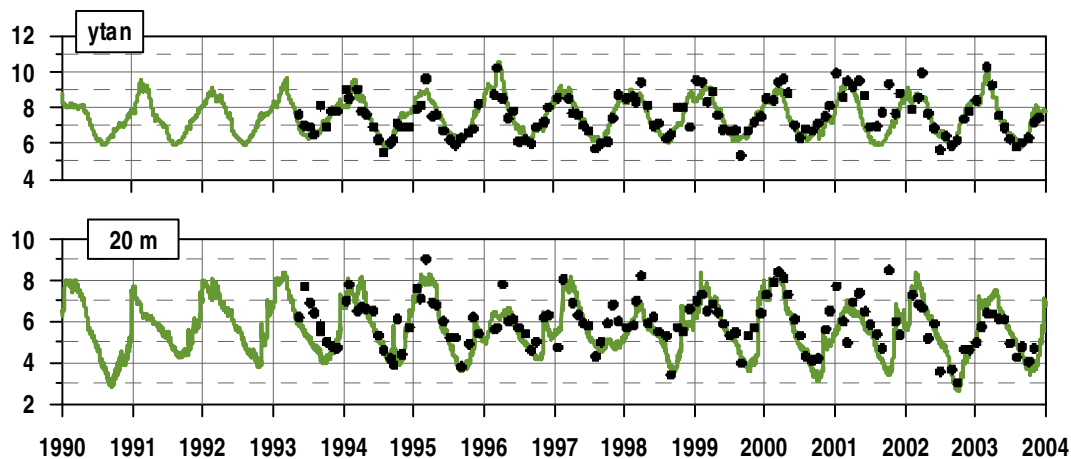
Temperatur



Figur 25. Jämförelse mellan modellerad temperatur (°C) från **B02** och mätdata från station **N13**. Röd linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Den termiska dynamiken i modellen är väl beskriven.

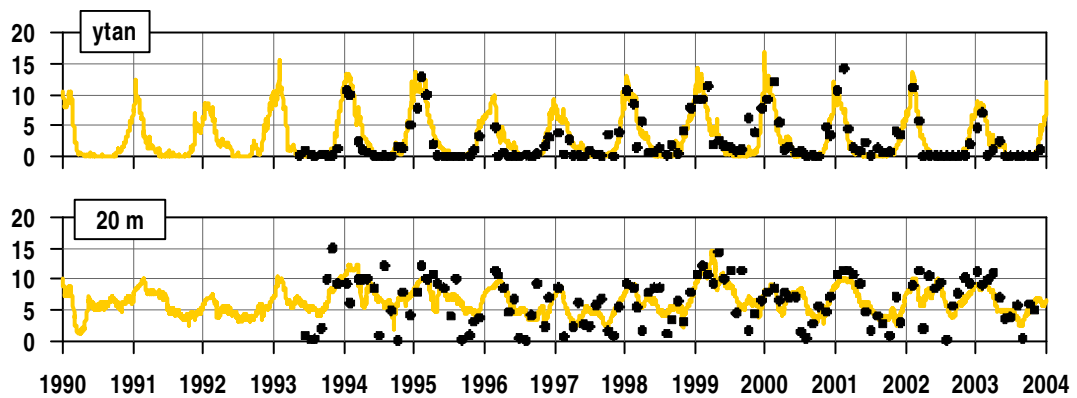
Syrgas



Figur 26. Jämförelse mellan modellerad syrgashalt (ml/l) från **B02** och mätdata från station **N13**. Grön linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Syrgashalterna i modellen stämmer mycket bra med vad som observerats i station N13. Perioderna med låga syrgashalter förekommer från tid till annan, dock inte årligen.

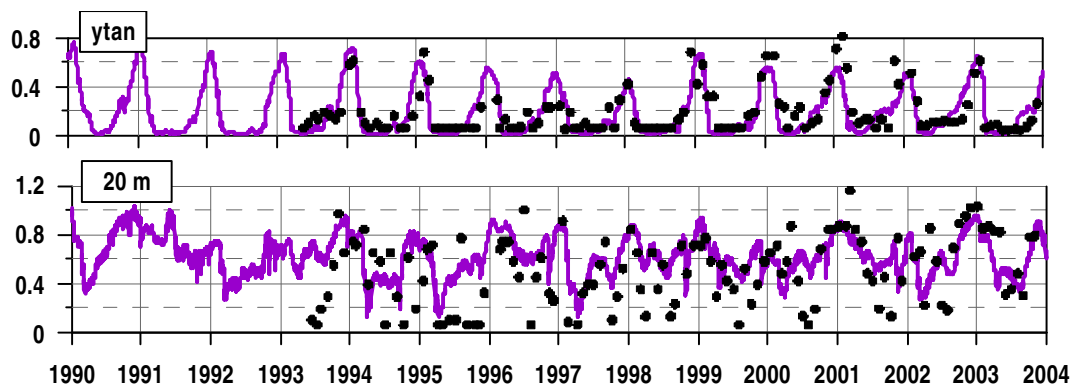
Nitrat



Figur 27. Jämförelse mellan modellerad nitrathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B02** och mätdata från station **N13**. Gul linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Nitrathalten i modellen stämmer också väl överens med observationerna.

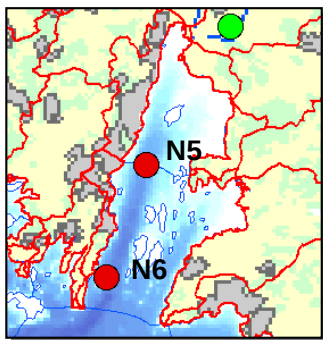
Fosfat



Figur 28. Jämförelse mellan modellerad fosfathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B02** och mätdata från station **N13**. Lila linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Fosfathalterna i ytan visar på god överensstämmelse mellan observationer och modellresultat. Däremot verkar fosfathalten fluktuera betydligt mer på 20 m djup än vad modellen är i stånd att åstadkomma.

Yttre Kungsbackafjorden

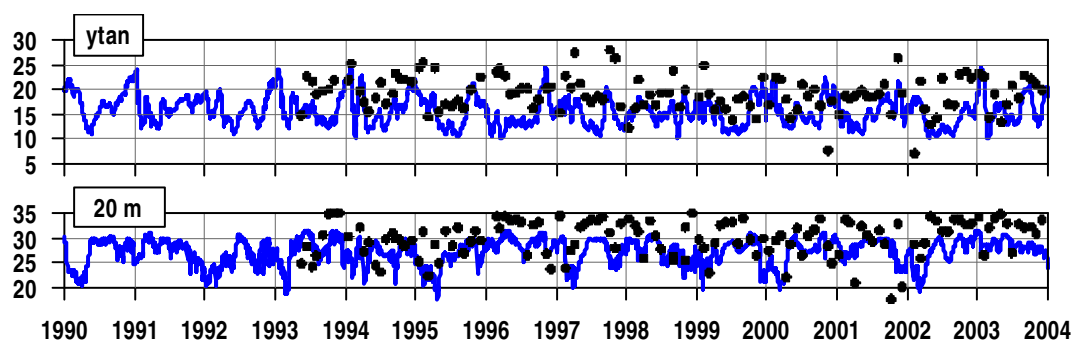


Figur 29. Hypsografisk karta över Kungsbackafjorden. Fjorden är i Kustzonssystemet uppdelad i två delbassänger Yttre Kungsbacka fjorden, **B14**, och Inre Kungsbackafjorden, **B15**. Röda punkter markerar positionen för stationerna **N5** (på tröskeln mellan yttre och inre delen av fjorden) och **N6** (i den yttre delen av fjorden).

© Lantmäteriverket 2000. Ur GSD-Höjdkurvor ärende nr M00 5986.

Kungsbackafjorden öster om Onsalahalvön är indelad i två delbassänger. Inom fjorden finns två mätstationer inom ramen för Hallands läns kustkontrollprogram. Station **N5** har fått representera den inre delen av fjorden, trots att den ligger på tröskelområdet mellan yttre och inre Kungsbackafjorden. Station **N6** ligger även den relativt nära den yttre gränsen för fjorden.

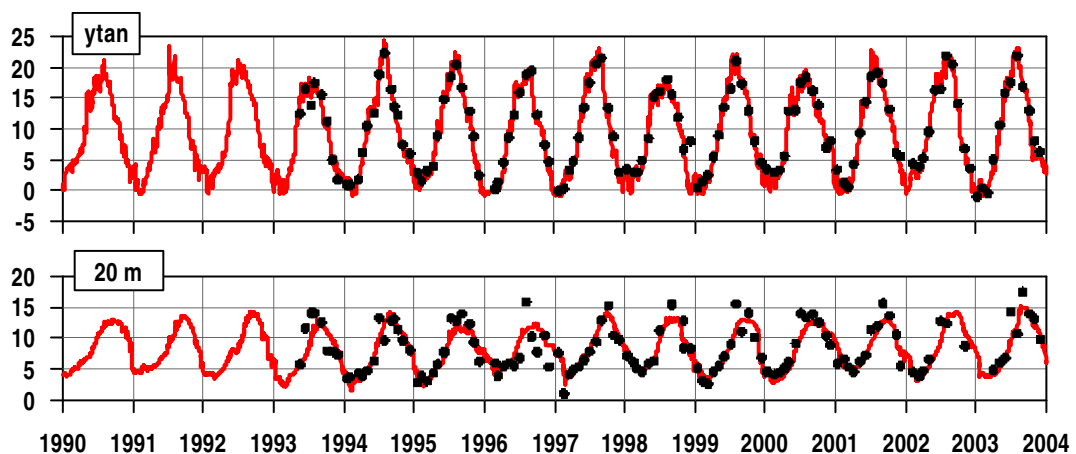
Salthalt



Figur 30. Jämförelse mellan modellerad salthalt (PSU) från **B14** och mätdata från station **N6**. Blå linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Vattenmassan i den yttre delen av Kungsbackafjorden har en stor vattenomsättning, vilket återspeglar sig i den variabla salthalten, både i ytan och på 20 m djup. Modellen har generellt sett något lägre salthalt än vad observationerna visar, av samma orsak som nämnts tidigare, nämligen drivningen från utsjön.

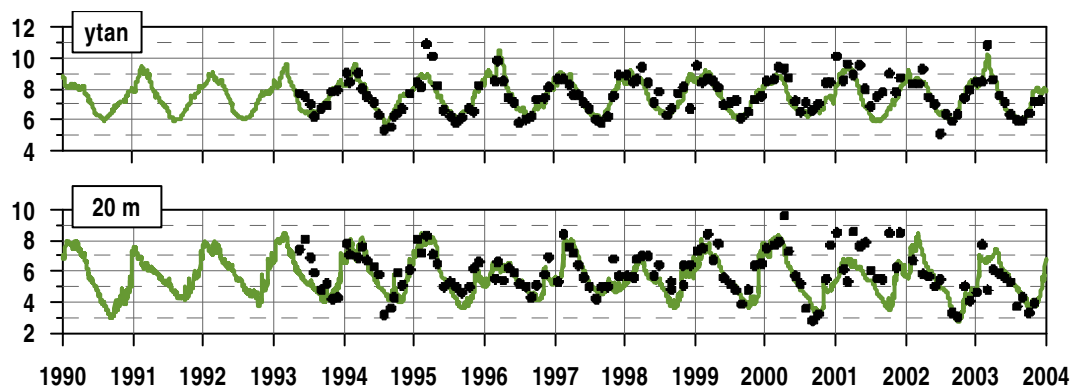
Temperatur



Figur 31. Jämförelse mellan modellerad temperatur (°C) från **B14** och mätdata från station **N6**. Röd linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Kustzonsmodellens temperatur stämmer väl överens med observationer.

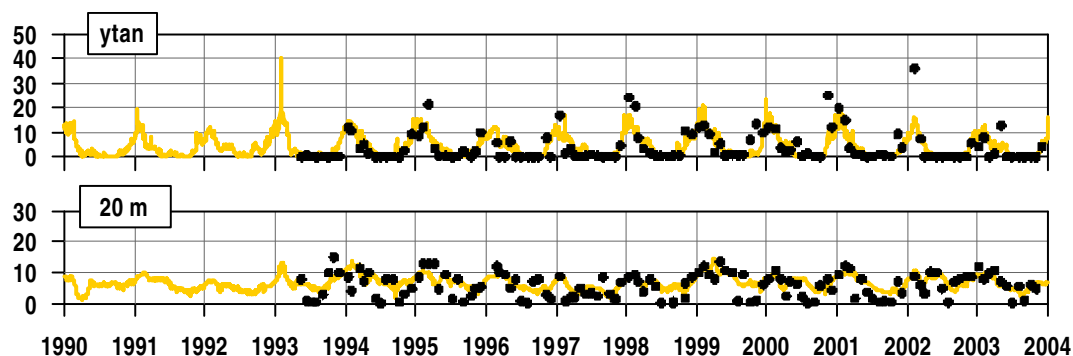
Syrgas



Figur 32. Jämförelse mellan modellerad syrgashalt (ml/l) från **B14** och mätdata från station **N6**. Grön linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Modellens syrgashalt i yttre Kungsbackafjorden stämmer även den väl överens med observationer med undantag av år 2001, då modellens värde är lägre än observationerna på 20 meters nivån.

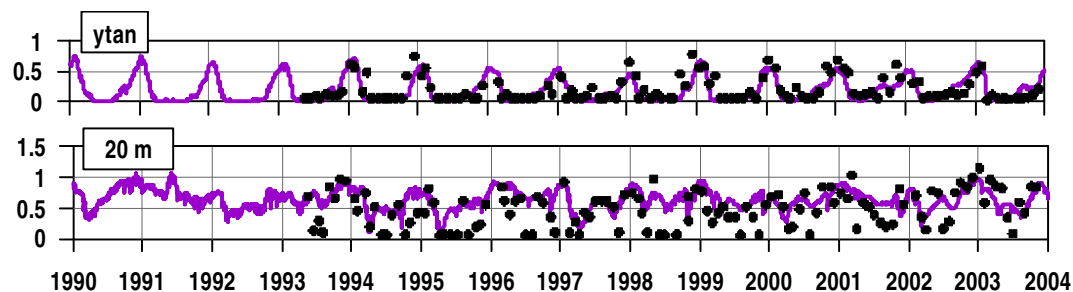
Nitrat



Figur 33. Jämförelse mellan modellerad nitrathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B14** och mätdata från station **N6**. Gul linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

I stort följer modellens nitratdynamik vad som observerats i området. Vid några tillfällen har det observerats högre värden under vintern i ytan, jämfört med vad modellen uppvisar (främst vintern 2001-2002). Modellens avvikelse torde vara kopplad till belastningen från land. Vintern 1992-1993 har modellen under en kort period höga nitrathalter i ytan och förhöjda nitrathalter på 20 meters djup. Tyvärr saknas mätdata i området för denna period. Tillrinningen från land via B15 var stor i januari månad 1993 vilket bidrar till de höga nitrathalterna som beräknas för ytvattnet.

Fosfat

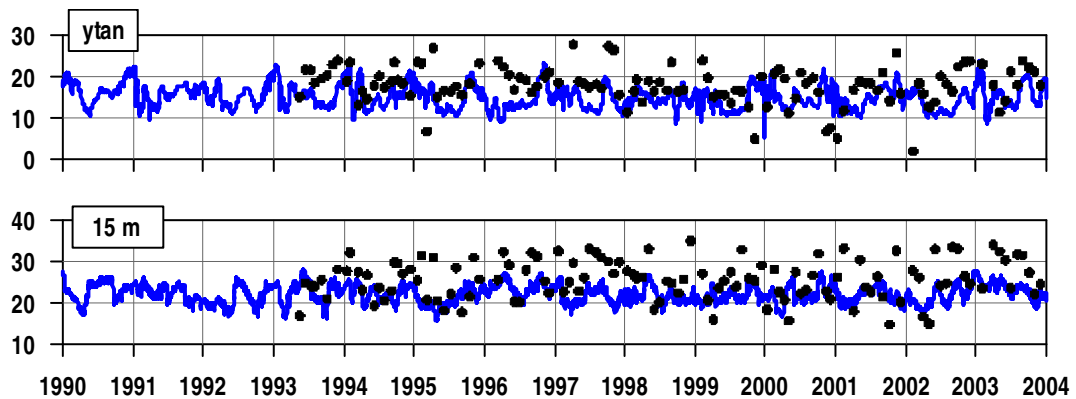


Figur 34. Jämförelse mellan modellerad fosfathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B14** och mätdata från station **N6**. Lila linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Modellens fosfathalt i ytan är i paritet med observationerna. På 20 m visar modellen på mindre variationer i fosfathalt på samma sätt som tidigare setts i övriga delbassänger.

Inre Kungsbackafjorden

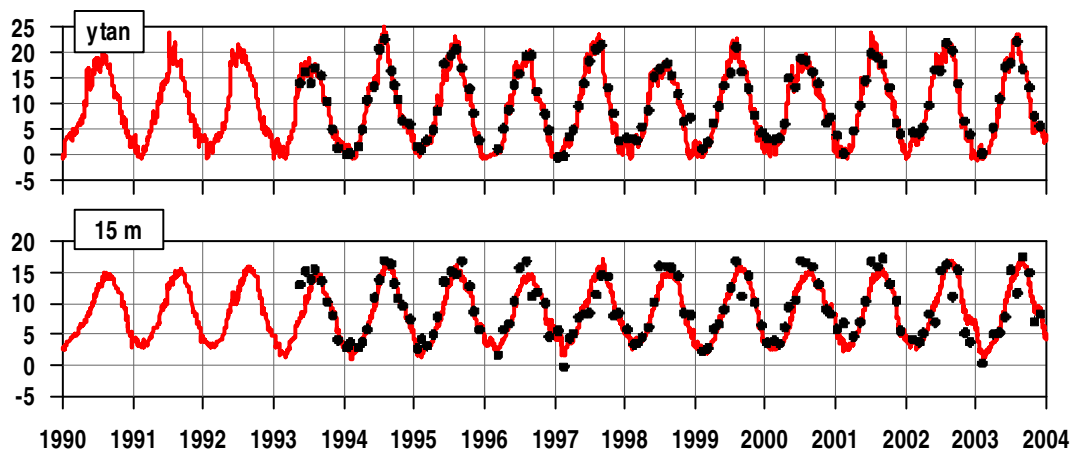
Salthalt



Figur 35. Jämförelse mellan modellerad salthalt (PSU) från **B15** och mätdata från station **N5**. Blå linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 15 m.

De stora variationerna i salthalt som observerats på tröskeln till inre Kungsbackafjorden antyder att vattenmassan hela tiden är väl ventilerad. Det förekommer inte några längre stagnationsperioder i området. Modellen har en svagare skiktning än vad observationerna antyder, men halterna fluktuerar mycket även i modellen, vilket tyder på ett stort vattenutbyte i modellen.

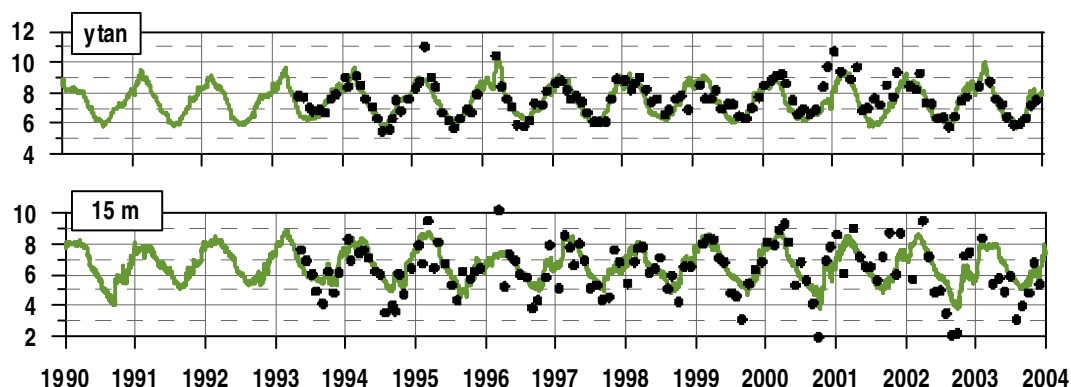
Temperatur



Figur 36. Jämförelse mellan modellerad temperatur (°C) från **B15** och mätdata från station **N5**. Röd linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 15 m.

Kustzonsmodellens temperatur stämmer väl överens med observationer.

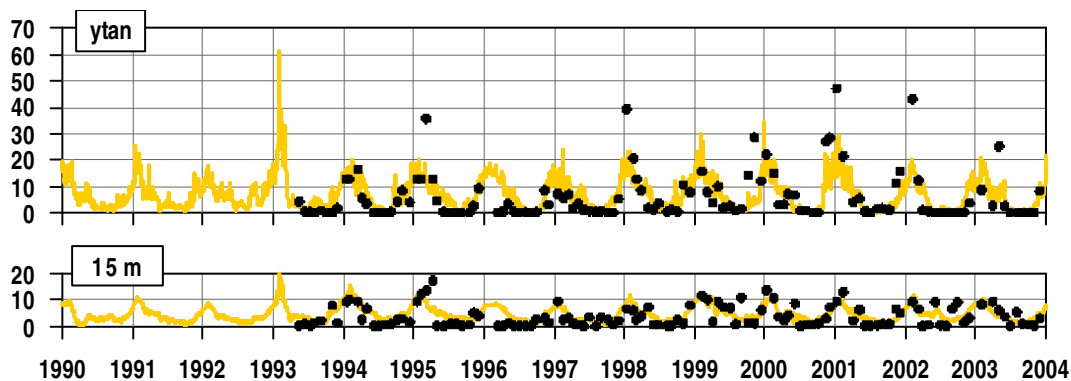
Syrgas



Figur 37. Jämförelse mellan modellerad syrgashalt (ml/l) från **B15** och mätdata från station **N5**. Grön linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 15 m.

I den inre delen av Kungsbackafjorden förekommer vid ett flertal tillfällen att syrgashalterna är så låga som 2 ml/l, vilket påverkar den biologiska aktiviteten i området. Salthaltstidsserierna visade på att uppehållstiden för vattnet är väldigt kort i området, vilket antyder att dessa tillfällen med låga syrgashalter troligen härstammar från vatten i öppna havet utanför fjorden, men att lokala processer troligen accentuerar de låga syrgashalterna. Även modellen visar på låga halter av syrgas vid dessa perioder, men modellens syrgashalter är inte lika låga som de observerade halterna. En trolig förklaring är att språngskiktet inte återfinns på rätt djup i modellen i kombination med att en felaktig syrgashalt transporteras in från öppna havet.

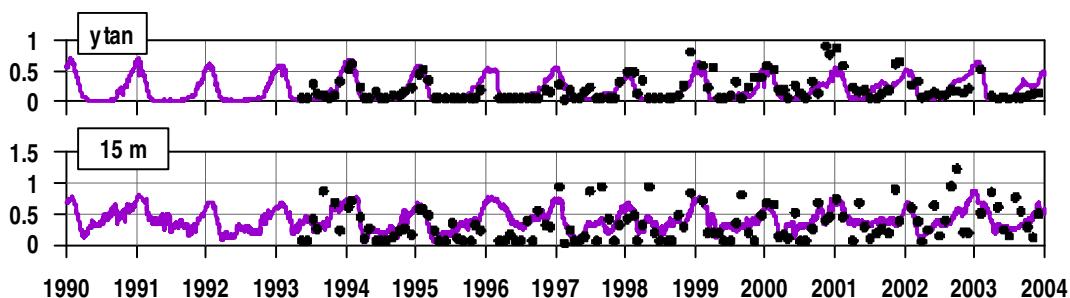
Nitrat



Figur 38. Jämförelse mellan modellerad nitrathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B15** och mätdata från station **N5**. Gul linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 15 m.

Höga nitrathalter i ytan under vinterperioden hänger samman med belastningen från land. Både modellen och observationer uppvisar mycket höga värden av nitrat i ytan vissa vintrar. Modellen har dock betydligt lägre vintervärden vid de tillfällen observationerna överstiger 30 $\mu\text{mol/l}$. Tidpunkten för dessa observationer har sammanfallit med perioder då den inre delen av Kungsbackafjorden har varit skyddad ifrån vind och omblandningen i ytvattnet varit liten. På så sätt har det utströmmande färskvattnet från land lagt sig som ett tunt skikt i ytan. Omblandningen i modellen är större i ytan. På 15 m djup är variationerna mindre, och här visar modell och observationer på bra överensstämmelse.

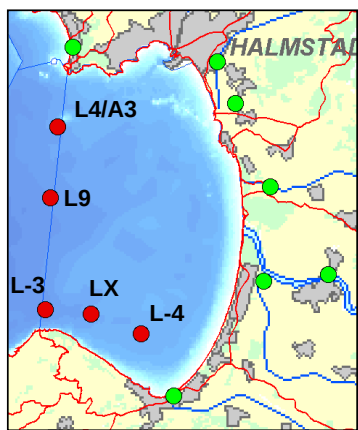
Fosfat



Figur 39. Jämförelse mellan modellerad fosfathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B15** och mätdata från station **N5**. Lila linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 15 m.

Fosfathalten i inre delen av Kungsbackafjorden varierar mindre än i de yttre bassängerna som vi tittat på innan. Fluktuationerna på 15 m är dock lika snabba som i tidigare studerade bassänger.

Laholmsbukten

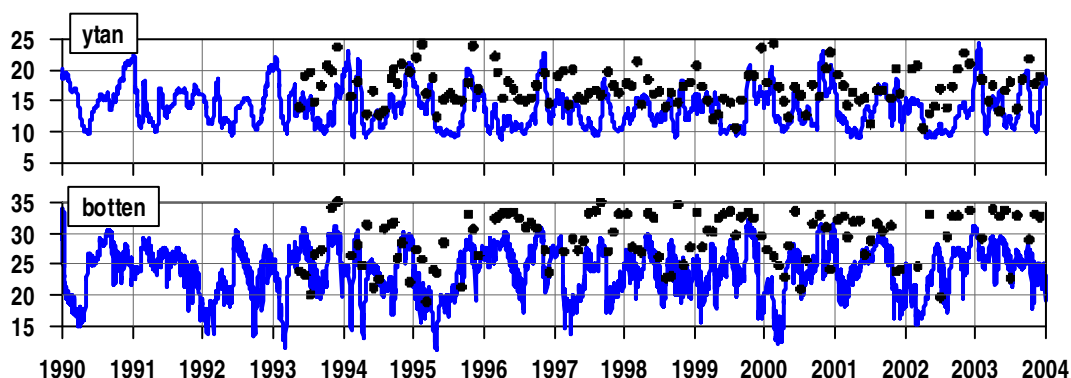


Figur 40. Hypsografisk karta över Laholmsbukten, **B19**. Röda punkter markerar positionen för stationerna i Laholmsbukten.

© Lantmäteriverket 2000. Ur GSD-Höjdkurvor ärende nr M00 5986.

Laholmsbukten är ett öppet havsområde med ett maximalt djup på 20 m. Tidvis har intensiva mätprogram pågått i området vilka har pekat på nära nog årligt återkommande perioder med svår syrgasbrist vid botten. Detta gäller främst vid de yttre stationerna i bukten. Vid station **L-4**, där ett kort mätprogram genomfördes under 1995-1996 återfanns ej dessa låga syrgashalter vid botten, vilket det gjorde vid övriga stationer under denna period, oavsett om det maximala djupet vid stationen var likartat med förhållanden vid station **L-4**, eller djupare. Mycket talar därför för att dessa perioder med syrgasbrist i Laholmsbukten hänger samman med att det i de centrala delarna av Kattegatt förekommer syrgasfria perioder längs botten.

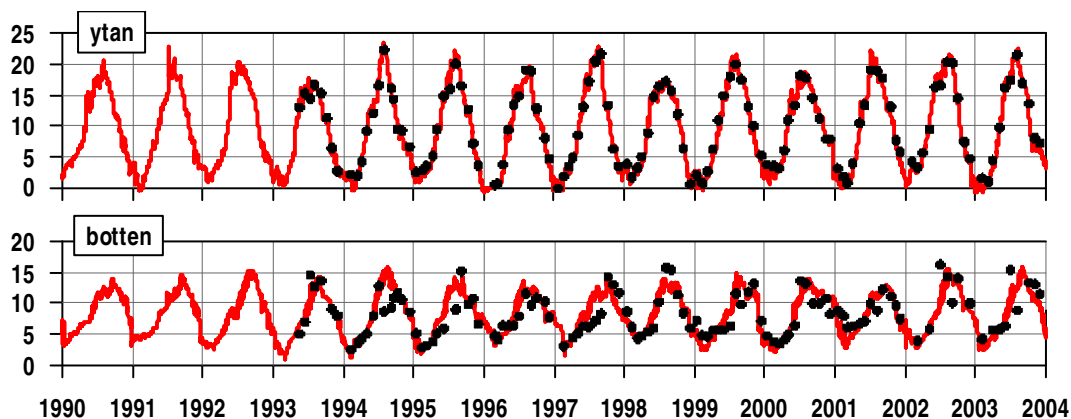
Salthalt



Figur 41. Jämförelse mellan modellerad salthalt (PSU) från **B19** och mätdata från station **L9**. Blå linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive botten (20 m).

Salthalten i den öppna Laholmsbukten fluktuerar mycket beroende på vilket djup haloklinen befinner sig i det öppna havet utanför. Den Baltiska strömmens när- eller frånvaro dominerar helt förhållandena i Laholmsbukten. Att modellen uppvisar så mycket lägre salthalt på 20 m hänger samman med att Kustzonsmodellen drivs med en station **W Landskrona** som är belägen centralt i Öresund och därför påverkas av Österjövatten än vad som är rimligt att anta att vattnet utanför Laholmsbukten gör. Detta är dock en eftergift som vi tvingats göra i syfte att fånga den biogeokemiska dynamiken i Laholmsbukten och vattnen därutån, vilket bäst beskrivs av förhållandena i station **W Landskrona**.

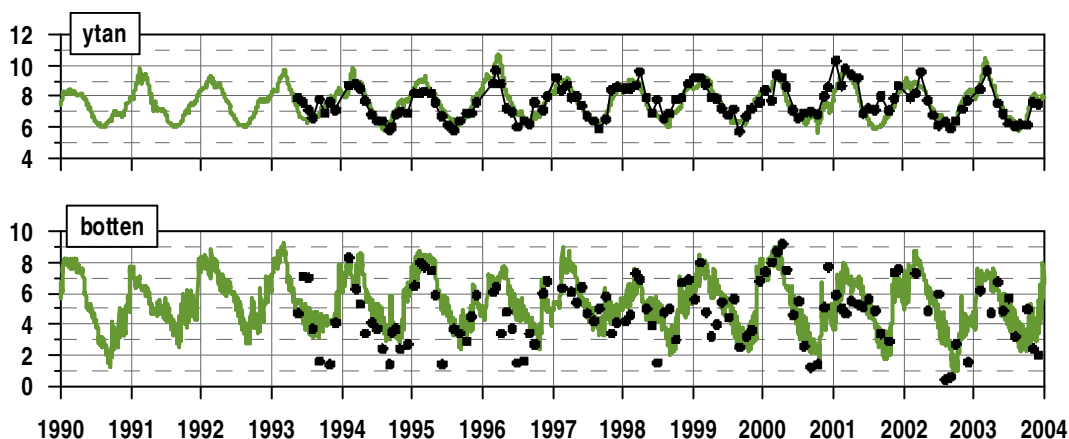
Temperatur



Figur 42. Jämförelse mellan modellerad temperatur (°C) från **B19** och mätdata från station **L9**. Röd linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive botten (20 m).

Vattentemperaturen i Laholmsbukten är väl beskriven i modellen.

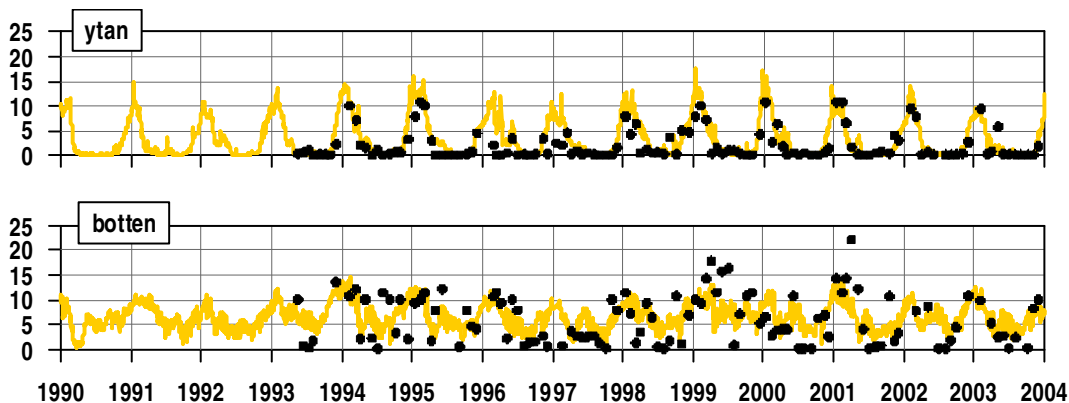
Syrgas



Figur 43. Jämförelse mellan modellerad syrgashalt (ml/l) från **B19** och mätdata från station **L9**. Grön linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive botten (20 m).

Syrgashalten i Laholmsbukten varierar mycket, med låga halter under sensommaren/hösten nära botten. Modellen beskriver dynamiken på 20 m väl under den senare hälften, men missar de låga halterna under början av mätperioden. Orsaken står att finna i drivningen från utsjön. Med valet av station **W Landskrona** fångas inte alla perioder av låga syrgashalter i området.

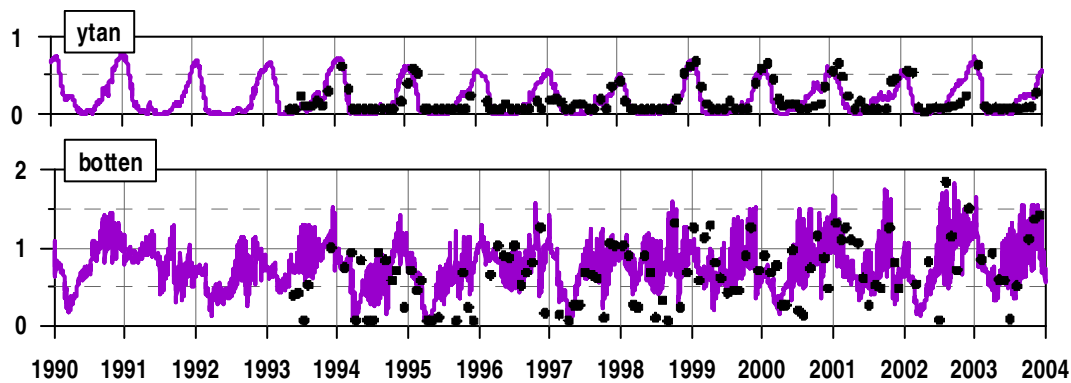
Nitrat



Figur 44. Jämförelse mellan modellerad nitrathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B19** och mätdata från station **L9**. Gul linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive botten (20 m).

Vintervärdena av nitrathalterna i ytan är något höga i modellen jämfört med observationer. Orsaken till de höga vintervärdena står att finna i belastningen från land. Fluktuationerna på 20 m hänger samman med det stora vattenutbytet och fångas väl av modellen.

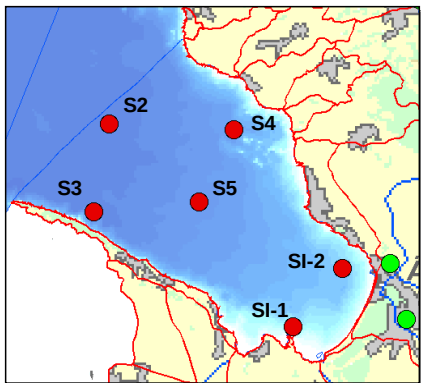
Fosfat



Figur 45. Jämförelse mellan modellerad fosfathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B19** och mätdata från station **L9**. Lila linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 20 m.

Kustzonsmodellens fosfathalt fluktuerar väldigt mycket på 20 m, vilket även mätningarna antyder.

Skälderviken

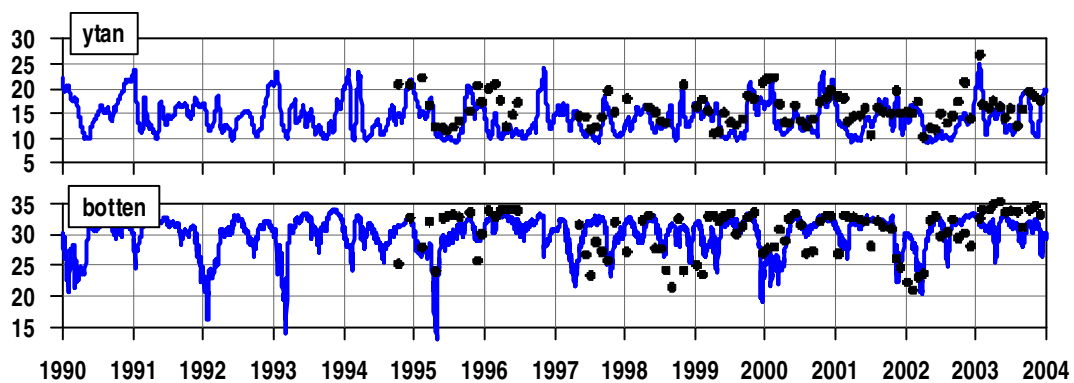


Figur 46. Hypsografisk karta över Skälderviken, **B20**. Röda punkter markerar positionen för stationerna i Skälderviken.

© Lantmäteriverket 2000. Ur GSD-Höjdkurvor ärende nr M00 5986.

Skälderviken är på samma sätt som Laholmsbukten mycket öppen mot centrala Kattegatt. Även här sker ett stort utbyte med det öppna havet. Även i Skälderviken har det tidvis varit ett intensivt mätprogram. Framförallt vid stationerna **S5** och **SI-2** finns längre sammanhängande mätprogram.

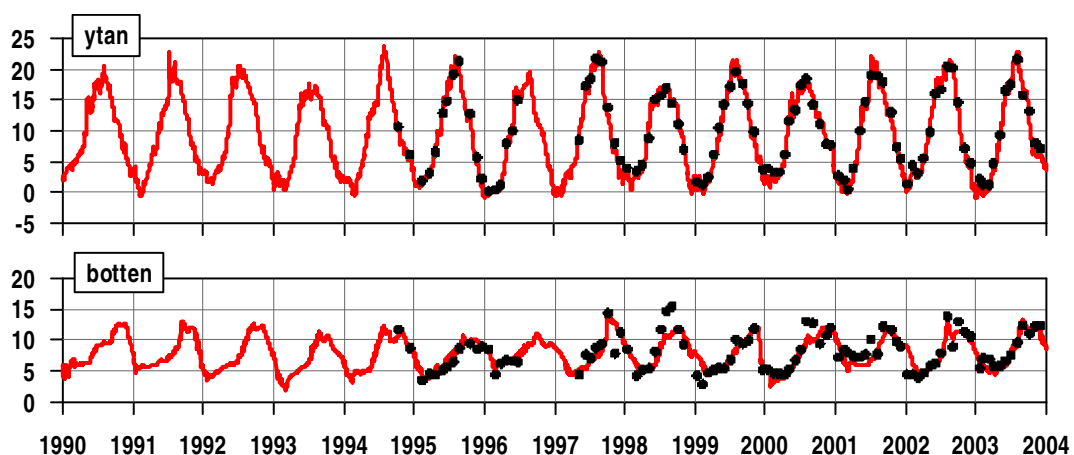
Salthalt



Figur 47. Jämförelse mellan modellerad salthalt (PSU) från **B20** och mätdata från station **S5**. Blå linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 25 m.

Föga förvånande visar sig valet av drivstation från öppna havet stämma väl överens med förhållandena i Skälderviken. Vattenmassan är starkt skiktad, och fluktuerar mycket. Den öppna Skäldervikens salthalt påverkas av vattenmassans korta uppehållstider.

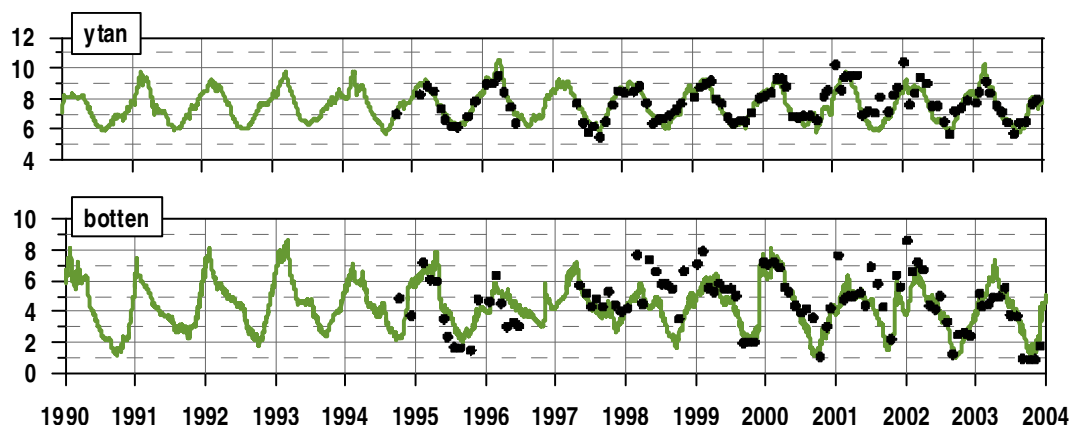
Temperatur



Figur 48. Jämförelse mellan modellerad temperatur (°C) från **B20** och mätdata från station **S5**. Röd linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 25 m.

Modellens temperatur är väl beskriven på samma sätt som vi sett tidigare i övriga havsområden.

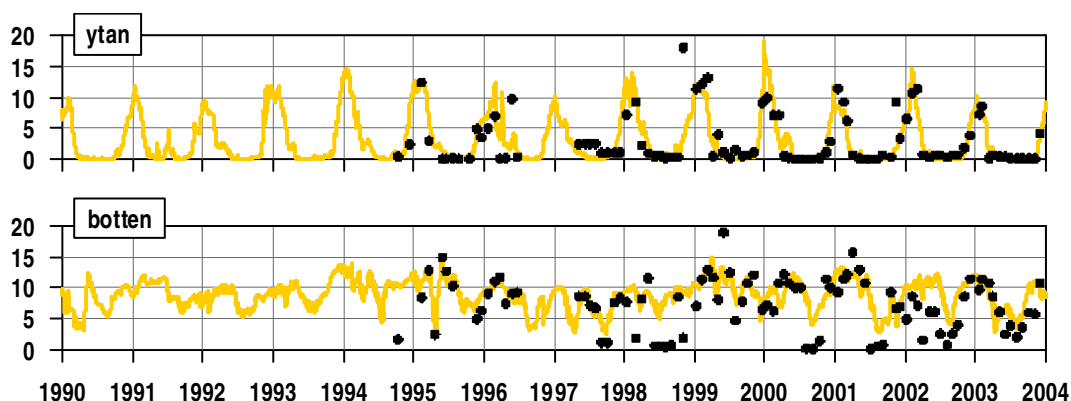
Syrgas



Figur 49. Jämförelse mellan modellerad syrgashalt (ml/l) från **B20** och mätdata från station **S5**. Grön linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 25 m.

Syrgashalten i Skäldervikens djupvatten beskrivs mycket bra av modellen. Vid några tillfällen är modellens halter betydligt lägre än observationerna. Perioderna med riktigt låga syrgashalter är väl beskrivna med modellen.

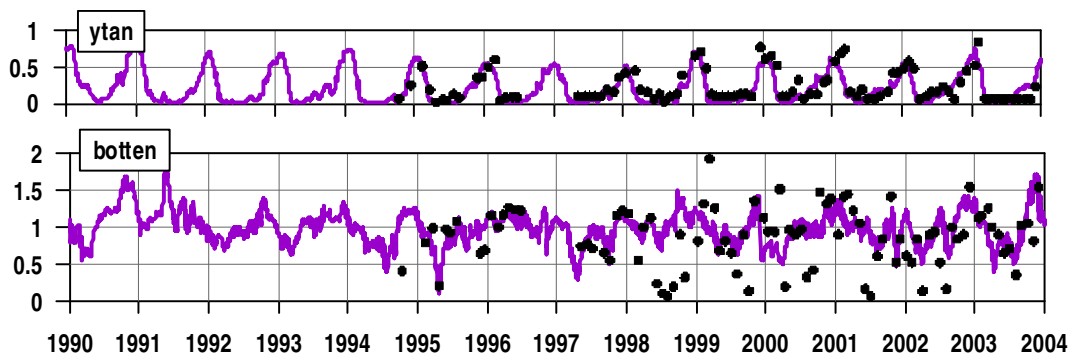
Nitrat



Figur 50. Jämförelse mellan modellerad nitrathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B20** och mätdata från station **S5**. Gul linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 25 m.

Även nitralthaltdynamiken är väl beskriven av modellen. Under vintern 1999-2000 visar modellen på väldigt höga halter i ytan, beroende på belastningen från land. Nitrathalterna på 25 m varierar betydligt mer. Modellen missar perioder med mycket låga halter, men beskriver i övrigt fluktuationerna väl.

Fosfat



Figur 51. Jämförelse mellan modellerad fosfathalt ($\mu\text{mol/l}$) från **B20** och mätdata från station **S5**. Lila linje visar modellresultat och svarta punkter observationer på 0 respektive 25 m.

Vad det gäller fosfathalter i Skälderviken visar mätningar på betydligt större fluktuationer än vad modellen gör. Med de snabba fluktuationer som mätningarna indikerar är det svårt att tro att dessa halter enbart är lokalt genererade, utan har sitt ursprung i öppna havet utanför.

Slutord

Detta arbete har genomförts i samarbete med ett flertal kollegor på Länsstyrelsen i Hallands län och på SMHI. Ett speciellt varmt tack riktas till Lars Stibe på Länsstyrelsen som försett oss med indata från land, Daniel Björkert som gjort kartorna i rapporten, Kerstin Andersson och Else-Marie Wingqvist som beräknat tillförsel från land samt Jörgen Sahlberg och Kari Eilola för värdefulla modelldiskussioner. Projektet har samfinansierats av Naturvårdsverket och SMHI.

Referenser

- Areskoug , H. (1993): Nedfall av kväve och fosfor till Sverige, Östersjön och Västerhavet, Naturvårdsverket, rapport 4148.
- Brandt, M. & Ejhed, H. 2002. TRK. Transport - Retention - Källfördelning. Belastning på havet. Naturvårdsverket rapport 5247.
- Marmefelt, E., Arheimer, B. & Lagner, J. 1999. An integrated biogeochemical model system for the Baltic Sea. *Hydrobiologia* 393: 45-56.
- Marmefelt, E., Håkansson, B., Erichsen, A.C. & Hansen, S. 2000. Development of an Ecological Model System for the Kattegat and the Southern Baltic. SMHI Rapport Oceanografi (RO) nr 29. 76 sid.
- Marmefelt, E., Olsson H., Lindow H. och Svensson J. 2004. Integrerat Kustzonssystem för Bohusläns skärgård. SMHI Oceanografi nr 76.
- Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och hav. Naturvårdsverket Rapport 4914.
- Olsson, H. & Årnfelt, E. 2003. Kustzonmodellen i regional miljöanalys. SMHI Oceanografi nr 74. 2003.
- Svensson, U. 1998. PROBE An Instruction Manual. SMHI Rapport Oceanografi (RO) nr 24.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien OCEANOGRAFI har tidigare utgivits:

- | | |
|--|--|
| 1 Lennart Funkquist (1985)
En hydrodynamisk modell för spridnings-
och cirkulationsberäkningar i Östersjön
Slutrapport. | 11 Cecilia Ambjörn (1987)
Spridning av kylvatten från Öresundsverket |
| 2 Barry Broman och Carsten Pettersson.
(1985)
Spridningsundersökningar i yttre fjärden
Piteå. | 12 Bo Juhlin (1987)
Oceanografiska observationer utmed sven-
ska kusten med kustbevakningens fartyg
1986. |
| 3 Cecilia Ambjörn (1986).
Utbyggnad vid Malmö hamn; effekter för
Lommabuktens vattenutbyte. | 13 Jan Andersson och Robert Hillgren (1987)
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen
1986. |
| 4 Jan Andersson och Robert Hillgren (1986).
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen
perioden 84/85. | 14 Jan-Erik Lundqvist (1987)
Impact of ice on Swedish offshore ligh-
touses. Ice drift conditions in the area at
Sydostbrotten - ice season 1986/87. |
| 5 Bo Juhlin (1986)
Oceanografiska observationer utmed sven-
ska kusten med kustbevakningens fartyg
1985. | 15 SMHI/SNV (1987)
Fasta förbindelser över Öresund - utredning
av effekter på vattenmiljön i Östersjön. |
| 6 Barry Broman (1986)
Uppföljning av sjövärmepump i Lilla Vär-
tan. | 16 Cecilia Ambjörn och Kjell Wickström
(1987)
Undersökning av vattenmiljön vid utfyllna-
den av Kockums varvsbassäng.
Slutrapport för perioden
18 juni - 21 augusti 1987. |
| 7 Bo Juhlin (1986)
15 års mätningar längs svenska kusten med
kustbevakningen (1970 - 1985). | 17 Erland Bergstrand (1987)
Östergötlands skärgård - Vattenmiljön. |
| 8 Jonny Svensson (1986)
Vågdata från svenska kustvatten 1985. | 18 Stig H. Fonselius (1987)
Kattegatt - havet i väster. |
| 9 Barry Broman (1986)
Oceanografiska stationsnät - Svenskt Vat-
tenarkiv. | 19 Erland Bergstrand (1987)
Recipientkontroll vid Breviksnäs fiskodling
1986. |

- 20 Kjell Wickström (1987)
Bedömning av kylvattenrecipienten för ett
kolkraftverk vid Oskarshamnsverket.
- 21 Cecilia Ambjörn (1987)
Förstudie av ett nordiskt modellsystem för
kemikaliespridning i vatten.
- 22 Kjell Wickström (1988)
Vågdata från svenska kustvatten 1986.
- 23 Jonny Svensson, SMHI/National Swedish
Environmental Protection Board (SNV)
(1988)
A permanent traffic link across the
Öresund channel - A study of the hydro-en-
vironmental effects in the Baltic Sea.
- 24 Jan Andersson och Robert Hillgren (1988)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark
1987.
- 25 Carsten Peterson och Per-Olof Skoglund
(1988)
Kylvattnet från Ringhals 1974-86.
- 26 Bo Juhlin (1988)
Oceanografiska observationer runt svenska
kusten med kustbevakningens fartyg 1987.
- 27 Bo Juhlin och Stefan Tobiasson (1988)
Recipientkontroll vid Breviksnäs fiskodling
1987.
- 28 Cecilia Ambjörn (1989)
Spridning och sedimentation av tippat ler-
material utanför Helsingborgs hamnområde.
- 29 Robert Hillgren (1989)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark
1988.
- 30 Bo Juhlin (1989)
Oceanografiska observationer runt svenska
kusten med kustbevakningens fartyg 1988.
- 31 Erland Bergstrand och Stefan Tobiasson
(1989)
Samordnade kustvattenkontrollen i Öster-
götland 1988.
- 32 Cecilia Ambjörn (1989)
Oceanografiska förhållanden i Brofjorden i
samband med kylvattenutsläpp i Tromme-
kilen.
- 33a Cecilia Ambjörn (1990)
Oceanografiska förhållanden utanför Ven-
delsöfjorden i samband med kylvatten-ut-
släpp.
- 33b Eleonor Marmefelt och Jonny Svensson
(1990)
Numerical circulation models for the
Skagerrak - Kattegat. Preparatory study.
- 34 Kjell Wickström (1990)
Oskarshamnsverket - kylvattenutsläpp i
havet - slutrapport.
- 35 Bo Juhlin (1990)
Oceanografiska observationer runt svenska
kusten med kustbevakningens fartyg 1989.
- 36 Bertil Håkansson och Mats Moberg (1990)
Glommaälvens spridningsområde i nord-
östra Skagerrak
- 37 Robert Hillgren (1990)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark
1989.
- 38 Stig Fonselius (1990)
Skagerrak - the gateway to the North Sea.
- 39 Stig Fonselius (1990)
Skagerrak - porten mot Nordsjön.
- 40 Cecilia Ambjörn och Kjell Wickström
(1990)
Spridningsundersökningar i norra Kalmar-
sund för Mönsterås bruk.
- 41 Cecilia Ambjörn (1990)
Strömningsteknisk utredning avseende ut-
byggnad av gipsdeponi i Landskrona.
- 42 Cecilia Ambjörn, Torbjörn Grafström och
Jan Andersson (1990)
Spridningsberäkningar - Klints Bank.
- 43 Kjell Wickström och Robert Hillgren
(1990)
Spridningsberäkningar för EKA-NOBELs
fabrik i Stockviksverken.
- 44 Jan Andersson (1990)
Brofjordens kraftstation - Kylvattensprid-
ning i Hanneviken.
- 45 Gustaf Westring och Kjell Wickström
(1990)
Spridningsberäkningar för Höganäs kom-
mun.

- 46 Robert Hillgren och Jan Andersson (1991)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1990.
- 47 Gustaf Westring (1991)
Brofjordens kraftstation - Kompletterande simulering och analys av kylvattensspridning i Trommekilen.
- 48 Gustaf Westring (1991)
Vågmätningar utanför Kristianopel - Slutrapport.
- 49 Bo Juhlin (1991)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1990.
- 50A Robert Hillgren och Jan Andersson (1992)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1991.
- 50B Thomas Thompson, Lars Ulander, Bertil Håkansson, Bertil Brusmark, Anders Carlström, Anders Gustavsson, Eva Cronström och Olov Fäst (1992).
BEERS -92. Final edition.
- 51 Bo Juhlin (1992)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1991.
- 52 Jonny Svensson och Sture Lindahl (1992)
Numerical circulation model for the Skagerrak - Kattegat.
- 53 Cecilia Ambjörn (1992)
Isproppsförebyggande muddring och dess inverkan på strömmarna i Torneälven.
- 54 Bo Juhlin (1992)
20 års mätningar längs svenska kusten med kustbevakningens fartyg (1970 - 1990).
- 55 Jan Andersson, Robert Hillgren och Gustaf Westring (1992)
Förstudie av strömmar, tidvatten och vattenstånd mellan Cebu och Leyte, Filippinerna.
- 56 Gustaf Westring, Jan Andersson, Henrik Lindh och Robert Axelsson (1993)
Forsmark - en temperaturstudie. Slutrapport.
- 57 Robert Hillgren och Jan Andersson (1993)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1992.
- 58 Bo Juhlin (1993)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1992.
- 59 Gustaf Westring (1993)
Isförhållandena i svenska farvatten under normalperioden 1961-90.
- 60 Torbjörn Lindkvist (1994)
Havsområdesregister 1993.
- 61 Jan Andersson och Robert Hillgren (1994)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1993.
- 62 Bo Juhlin (1994)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1993.
- 63 Gustaf Westring (1995)
Isförhållanden utmed Sveriges kust - istatistik från svenska farleder och farvatten under normalperioderna 1931-60 och 1961-90.
- 64 Jan Andersson och Robert Hillgren (1995)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1994.
- 65 Bo Juhlin (1995)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1994.
- 66 Jan Andersson och Robert Hillgren (1996)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1995.
- 67 Lennart Funkquist och Patrik Ljungemyr (1997)
Validation of HIROMB during 1995-96.
- 68 Maja Brandt, Lars Edler och Lars Andersson (1998)
Översvämningar längs Oder och Wisla sommaren 1997 samt effekterna i Östersjön.
- 69 Jörgen Sahlberg SMHI och Håkan Olsson, Länsstyrelsen, Östergötland (2000).
Kustzonsmodell för norra Östergötlands skärgård.
- 70 Barry Broman (2001)
En vågatlas för svenska farvatten.
- 71 ***Vakant – kommer ej att utnyttjas!***
- 72 Fourth Workshop on Baltic Sea Ice Climate Norrköping, Sweden 22-24 May, 2002 Conference Proceedings
Editors: Anders Omstedt and Lars Axell

- 73 Torbjörn Lindkvist, Daniel Björkert, Jenny Andersson, Anders Gyllander (2003)
Djupdata för havsområden 2003
- 74 Håkan Olsson, SMHI (2003)
Erik Årnefelt, Länsstyrelsen Östergötland
Kustzonssystemet i regional miljöanalys
- 75 Jonny Svensson och Eleonor Marmefelt (2003)
Utvärdering av kustzonsmodellen för norra Östergötlands och norra Bohusläns skärgårdar
- 76 Elenor Marmefelt, Håkan Olsson, Helma Lindow och Jonny Svensson, Thalassos Computations (2004)
Integrerat kustzonssystem för Bohusläns skärgård
- 77 Philip Axe, Martin Hansson och Bertil Håkansson (2004)
The national monitoring programme in the Kattegat and Skagerrak
- 78 Lars Andersson, Nils Kajrup och Björn Sjöberg (2004)
Dimensionering av det nationella marina pelagialprogrammet
- 79 Jörgen Sahlberg (2005)
Randdata från utsjön till kustzonsmodellerna



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping
Tel 011 -495 80 00 · Fax 011-495 80 01